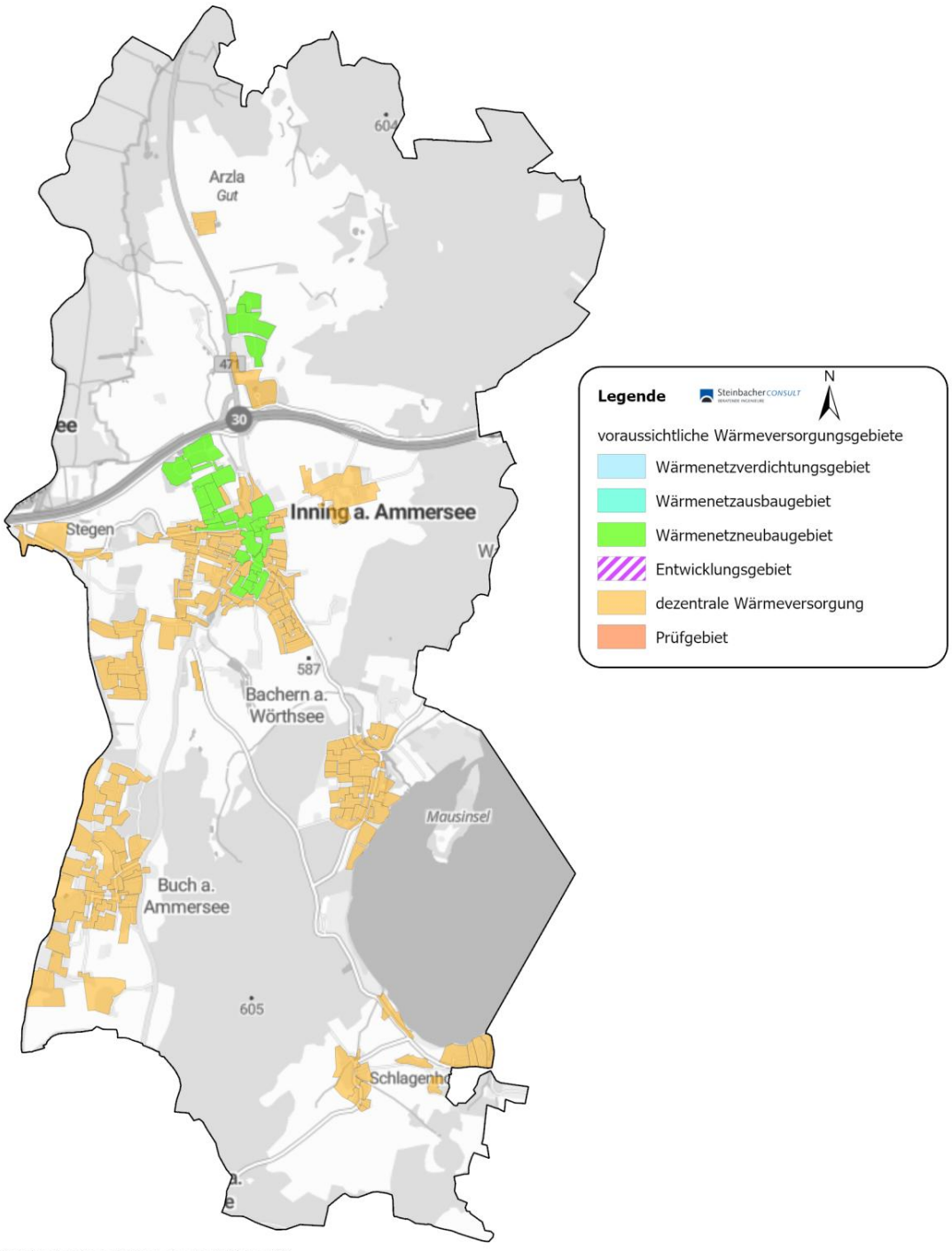
# Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Inning am Ammersee

## Abschlussbericht




© Steinbacher-Consult Ing.ges.mbG & Co. KG
© Datenquellen: Bayerische Vermessungsverwaltung, GeoBasis-DE / BKG 2023 – Daten verändert

aufgestellt:

Steinbacher-Consult
Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG
Richard-Wagner-Str. 6
86356 Neusäß

Neusäß, September 2026
Projekt-Nr. 125391
MVEH/SIMA

Planungsverantwortliche Stelle:

Gemeinde Inning am Ammersee
Pfarrgasse 13
82266 Inning am Ammersee

Förderung

Die Gemeinde nimmt für dieses Projekt die Pauschale gemäß der Konnexitätszahlung des Freistaats Bayern für die kommunale Wärmeplanung in Anspruch.

ENTWURF

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINFÜHRUNG ..... 9

2 AKTEURSBETEILIGUNG UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT ..... 12

3 BESTANDSANALYSE ..... 13

3.1 Gemeindestruktur ..... 13

3.2 Bearbeitungsraster ..... 15

3.3 Gebäudestruktur ..... 15

3.4 Energieinfrastruktur ..... 18
3.4.1 Erdgasnetz ..... 18
3.4.2 Dezentrale Wärmeerzeuger ..... 20

3.5 Wärmebedarf ..... 23

3.6 Eignungsprüfung ..... 27

3.7 Energie- und Treibhausgasbilanz ..... 29
3.7.1 Endenergieverbrauch ..... 29
3.7.2 Treibhausgasemissionen ..... 30

3.8 Kennwerte und Zwischenfazit Bestandsanalyse ..... 33

4 POTENTIALANALYSE ..... 34

4.1 Allgemeines ..... 34

4.2 Einsparpotentiale ..... 35

4.3 Solarenergie ..... 39
4.3.1 Dachflächen ..... 39

4.4 Geothermie ..... 40
4.4.1 Allgemeines ..... 40
4.4.2 Erdwärmekollektoren ..... 41
4.4.3 Erdwärmesonden ..... 43
4.4.4 Grundwasserbrunnen ..... 45
4.4.5 Tiefengeothermie ..... 47

4.5 Biomasse (Holz) ..... 49

4.6 Biomasse (Biogas) ..... 49

4.7 Luftwärme ..... 50

4.8 Seethermie ..... 51

4.9 Zwischenfazit Potentialanalyse ..... 52

5 ZIELSZENARIO UND WÄRMEVERSORGUNGSGEBIETE ..... 53

5.1 Allgemeines ..... 53

5.2 Gebietseinteilung in der Wärmeplanung ..... 53
5.2.1 Grundlegendes ..... 53
5.2.2 Wärmenetzgebiete ..... 54
5.2.3 Wasserstoffnetzgebiete ..... 54
5.2.4 Dezentrale Wärmeversorgungsgebiete ..... 54
5.2.5 Prüfgebiete ..... 55
5.2.6 Gebiete mit erhöhtem Einsparpotential ..... 55

5.3 Vorgehensweise zur Gebietseinteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete ..... 55
5.3.1 Bewertung der Wärmegestehungskosten ..... 57
5.3.2 Bewertung des Realisierungsrisikos ..... 58
5.3.3 Bewertung der Versorgungssicherheit ..... 61
5.3.4 Bewertung der kumulierten Treibhausgasemissionen bis in das Zieljahr ..... 64
5.3.5 Abschließende Bewertung zur Gebietseinteilung ..... 66

5.4 Gebietseinteilung ..... 67
5.4.1 Wärmenetzgebiete ..... 67
5.4.2 Wasserstoffnetzgebiete ..... 68
5.4.3 Dezentrale Wärmeversorgungsgebiete ..... 69
5.4.4 Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete ..... 70
5.4.5 Gebiete mit erhöhtem Einsparpotential ..... 71

5.5 Zielszenario 2045 ..... 73
5.5.1 Entwicklung Wärmebedarf ..... 73
5.5.2 Entwicklung Wärmeerzeuger ..... 74
5.5.3 Entwicklung Wärmebedarf / Endenergieverbrauch ..... 75
5.5.4 Entwicklung Treibhausgasemissionen ..... 77
5.5.5 Indikatoren zur Erreichung des Zielszenarios ..... 79
5.5.6 Kritische Punkte zur Erreichung des Zielszenarios ..... 80

6 UMSETZUNGSSTRATEGIE ..... 82

6.1 Dezentrale Wärmeversorgungsarten ..... 82
6.1.1 Wirtschaftliche Grundannahmen ..... 82
6.1.2 Einfamilienhaus ..... 84
6.1.3 Mehrfamilienhaus ..... 87
6.1.4 Gewerbe, Dienstleistung und Handel ..... 90

6.2 Umsetzungsmaßnahmen ..... 93
6.2.1 Sanierung privater Gebäude ..... 93
6.2.2 Sanierung kommunaler Gebäude ..... 95
6.2.3 Umstellung öffentlicher Gebäude auf erneuerbare Energien ..... 97
6.2.4 Kommunikation der Ergebnisse an die relevanten Akteure ..... 99
6.2.5 Niedrigschwelliges Informationsangebot für Bürger schaffen ..... 101
6.2.6 Kontinuierliche Neubewertung der Versorgungslage mit Wasserstoff und Gasnetzumstellung ..... 103
6.2.7 Regelmäßige Erstellung eines Controlling-Berichts ..... 103
6.2.8 Durchführung einer Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 für Wärmenetzgebiete ..... 106
6.2.9 Vorbereitung und Begleitung des Aufbaus von Wärmenetzen ..... 108

7 ANLAGEN ..... 110

7.1 Quellenverzeichnis ..... 110

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Ablaufplan kommunale Wärmeplanung (normales Verfahren) ..... 9
Abbildung 2: Nutzungstypen im Gemeindegebiet ..... 14
Abbildung 3: Verteilung Gebäudetypen ..... 15
Abbildung 4: Prozentuale Aufteilung Baualtersklassen ..... 16
Abbildung 5: Überwiegende Baualtersklassen ..... 17
Abbildung 6: Mit Erdgas erschlossene Gebiete ..... 19
Abbildung 7: Verteilung nach Heizungstyp ..... 20
Abbildung 8: Anzahlmäßig überwiegender Heizungstyp ..... 21
Abbildung 9: Anteil der Heizungstypen am Endenergieverbrauch ..... 22
Abbildung 10: Aufteilung Wärmebedarf nach Sektoren ..... 24
Abbildung 11: Wärmebedarfsdichte ..... 25
Abbildung 12: Wärmeliniendichte ..... 26
Abbildung 13: Eignungsprüfung ..... 28
Abbildung 14: Endenergieverbrauch nach Energieträgern ..... 29
Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach Sektoren ..... 30
Abbildung 16: Treibhausgasemissionen nach Energieträgern ..... 31
Abbildung 17: Treibhausgasemissionen nach Sektoren ..... 32
Abbildung 18: Wärmebedarfsentwicklung durch Energieeinsparungen ..... 36
Abbildung 19: Einsparpotential durch Bedarfsreduktion „niedrige Energieeffizienz“ ..... 37
Abbildung 20: Einsparpotential durch Bedarfsreduktion „hohe Energieeffizienz“ ..... 38
Abbildung 21: Dachflächenpotenzial ..... 39
Abbildung 22: Entzugsenergie Erdkollektoren ..... 42
Abbildung 23: Potential Erdkollektoren ..... 43
Abbildung 24: Entzugsleistung Erdsonden ..... 44
Abbildung 25: Potenzial Erdsonden ..... 45
Abbildung 26: Entzugsenergie Grundwasserbrunnen ..... 46
Abbildung 27: Potential Grundwasserbrunnen ..... 47
Abbildung 28: Temperatur in 2.000 m Tiefe nach [7] ..... 48
Abbildung 29: Potential Biomasse (Holz) ..... 49
Abbildung 30: Potential Biomasse (Biogas) ..... 50
Abbildung 31: Potenzial aus Seethermie ..... 52
Abbildung 32: Zusammenfassung Potentiale ..... 52
Abbildung 33: Kumulierte THG-Emissionen bis zum Jahr 2045 für die Bewertungen zur Gebietseinteilung ..... 65
Abbildung 34: Eignung Wärmenetzgebiete ..... 67
Abbildung 35: Eignung Wasserstoffnetzgebiete ..... 68
Abbildung 36: Eignung dezentraler Wärmeversorgungsgebiete ..... 69

Abbildung 37: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete ..... 70
Abbildung 38: Gebiete mit erhöhtem Einsparpotential ..... 73
Abbildung 39: Entwicklung Wärmebedarf nach Sektoren ..... 73
Abbildung 40: Entscheidungsbaum für die Szenarioentwicklung ..... 74
Abbildung 41: Entwicklung Wärmeerzeuger ..... 75
Abbildung 42: Entwicklung Wärmebedarf nach Energieträger ..... 76
Abbildung 43: Entwicklung Endenergieverbrauch ..... 77
Abbildung 44: Entwicklung Treibhausgasemissionen ..... 78
Abbildung 45: Biotreppe im GModG [12] ..... 82
Abbildung 46: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgungsarten Einfamilienhaus ..... 86
Abbildung 47: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgungsarten Mehrfamilienhaus ..... 89
Abbildung 48: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgungsarten GHD-Gebäude ..... 92

# TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Gegenüberstellung Vereinfachtes und Verkürztes Verfahren ... 11
Tabelle 2: Allgemeine Daten nach [1] ... 13
Tabelle 3: Flächen nach [1] ... 13
Tabelle 4: Eckpunkte Gasnetz ... 18
Tabelle 5: Baujahre der Feuerstätten im Median [2] ... 20
Tabelle 6: Emissionsfaktoren der wesentlichen Energieträger in g $CO_2$e/kWh nach [4] ... 31
Tabelle 7: Kennzahlen ... 33
Tabelle 8: Gewichtung der Kriterien zur Gebietseinteilung ... 55
Tabelle 9: Bepunktung der Einordnung der Geeignetheit einer Wärmeversorgungsart (§ 19 WPG) ... 56
Tabelle 10: Bewertungsindikatoren Eignung Wärmenetz nach [8] ... 56
Tabelle 11: Wesentliche Parameter der Standardfälle ... 57
Tabelle 12: Bewertung der Wärmegestehungskosten im Rahmen der Gebietseinteilung ... 57
Tabelle 13: Emissionsfaktoren der Energieträger der Bewertungen zur Gebietseinteilung nach [4] 64
Tabelle 14: Bewertung der kumulierten Treibhausgasemissionen im Rahmen der Gebietseinteilung ... 65
Tabelle 15: Gewichtete Bewertungsmatrix ... 66
Tabelle 16: Resultierende, gebietsspezifische Einordnung ... 66
Tabelle 17: Indikatoren Erreichung Zielszenario ... 79
Tabelle 18: Berücksichtigte Förderungen Wohngebäude [13] ... 83
Tabelle 19: Berücksichtigte Förderungen Nichtwohngebäude [14] ... 83
Tabelle 20: Energiekosten für dezentrale Wärmeversorgungsarten nach [11], [15], [16], [17], [18], [19] ... 83
Tabelle 21: Zugrundeliegende Rahmenparameter Einfamilienhaus ... 84
Tabelle 22: Investitionskosten und Nutzungsdauern Wärmeversorgungsarten Einfamilienhaus ... 85
Tabelle 23: Laufende Kosten Wärmeversorgungsarten Einfamilienhaus ... 86
Tabelle 24: Zugrundeliegende Rahmenparameter Mehrfamilienhaus ... 87
Tabelle 25: Investitionskosten und Nutzungsdauern Wärmeversorgungsarten Mehrfamilienhaus ... 88
Tabelle 26: Laufende Kosten Wärmeversorgungsarten Mehrfamilienhaus ... 89
Tabelle 27: Zugrundeliegende Rahmenparameter GHD-Gebäude ... 90
Tabelle 28: Investitionskosten und Nutzungsdauern Wärmeversorgungsarten GHD-Gebäude ... 91
Tabelle 29: Laufende Kosten Wärmeversorgungsarten GHD-Gebäude ... 92

# 1 Einführung

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) am 1. Januar 2024 sind alle Bundesländer dazu verpflichtet, einen umfassenden Wärmeplan zu erstellen. Die Fristen für die Erstellung variieren nach Größe der Kommune: Städte mit über 100.000 Einwohnern müssen ihren Wärmeplan bis zum 30. Juni 2026 fertigstellen, während kleinere Kommunen bis zum 30. Juni 2028 Zeit haben. Das Hauptziel der Wärmeplanung gemäß §1 WPG ist es, eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung spätestens bis 2045 sicherzustellen.

Die Bundesländer übertragen diese Verpflichtung über entsprechende Landesgesetze an die Kommunen. Im Januar 2025 trat in Bayern die landesrechtliche Regelung in Kraft.

Grundsätzlich folgt die kommunale Wärmeplanung einem strukturierten Prozess basierend auf den §§ 13-20 WPG, der in mehreren Schritten umgesetzt wird:

Abbildung 1: Ablaufplan kommunale Wärmeplanung (normales Verfahren)

## 1. Entscheidung zur Durchführung

Die Kommune fasst den Beschluss zur Erstellung eines Wärmeplans und übernimmt damit die Planungsverantwortung.

## 2. Bestandsanalyse

Im ersten Schritt wird der aktuelle Stand der Wärmeversorgung erfasst. Dazu gehören unter anderem Gebäudedaten, die Wärmebedarfe, der Energieverbrauch sowie bestehende und geplante Infrastrukturen.

## 3. Potentialanalyse

Aufbauend auf der Bestandsanalyse werden Optionen zur zukünftigen Wärmeversorgung untersucht. Dabei werden die vorhandenen Potentiale in der Kommune zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien, Abwärmenutzung und zur Energieeinsparung quantitativ und räumlich differenziert ermittelt.

## 4. Erarbeitung des Zielszenarios

Die Entwicklung des Zielszenarios baut auf den gewonnenen Erkenntnissen aus der Bestands- und Potentialanalyse auf. Das Zielszenario beschreibt, wie sich die Wärmeversorgung langfristig bis zum Zieljahr sowie in den definierten Stützjahren entwickeln wird.

## 5. Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Die Kommune wird in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete unterteilt:

- Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung
- Wärmenetzgebiet
  - Wärmenetzverdichtungsgebiet
  - Wärmenetzausbaugebiet
  - Wärmenetzneubaugebiet
- Wasserstoffnetzgebiet
- Prüfgebiet

## 6. Entwicklung einer Umsetzungsstrategie

Bei der Umsetzungsstrategie wird ein strategischer Fahrplan mit konkreten Maßnahmen erarbeitet, wie die Wärmeversorgung umzubauen ist, um das definierte Zielszenario zu erreichen.

## 7. Einbindung relevanter Akteure

Die Einbindung relevanter Akteure ist ein wichtiger Punkt der kommunalen Wärmeplanung, um eine umsetzbare und tragfähige Strategie zu entwickeln. Dazu gehören kommunale Verwaltungen, Energieversorger, Netzbetreiber, Wirtschaft und die Bürgerschaft. Durch den Beteiligungsprozess wird die Akzeptanz gefördert, die Planungsqualität verbessert und eine gemeinsame Grundlage für die Umsetzung der Wärmewende geschaffen.

## 8. Monitoring und langfristiges Controlling der Maßnahmen

Es ist ein fortlaufendes Controlling- und Monitoringkonzept zu entwickeln, um den Fortschritt zu messen und ggf. Anpassungen vorzunehmen.

Nach § 9 Abs. 1 AVEn können kleinere Gemeinde mit weniger als 10.000 Einwohnern auf ein vereinfachtes Verfahren zurückgreifen, um die Anforderungen des WPG zu erfüllen. Eine Kombination mit dem verkürzten Verfahren ist dabei zulässig. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Merkmale der Vereinfachungen der Verfahren dargestellt.

Tabelle 1: Gegenüberstellung Vereinfachtes und Verkürztes Verfahren

| Merkmal | Vereinfachtes Verfahren | Verkürztes Verfahren |
|---|---|---|
| Zielgruppe | Gemeinden < 10.000 Einwohner | Alle Gemeinden: Für Gebiete die sich voraussichtlich nicht für eine zentrale Wärmeversorgung eignen |
| Anwendungsbereich | Gesamte Gemeinde | Teilgebiete, ggf. gesamte Gemeinde |
| Bestandsanalyse | Reduzierte Anforderungen | Grundlage für Zielszenario und Teilgebiete mit erhöhtem Energiesparpotential |
| Potentialanalyse | Eingeschränkt | Nur auf dezentrale Quellen beschränkt |
| Zielszenario | Erforderlich | Erforderlich, jedoch reduziert |
| Umsetzungsstrategie | Erforderlich | Optional |
| Öffentlichkeitsbeteiligung | Reduzierter Beteiligungsprozess | Grundlegend und auch reduziert möglich |
| Vorteile | Vollständige KWP mit geringerem Aufwand | Minimalaufwand für strukturell ungeeignete Gebiete |

Die kommunale Wärmeplanung ist ein wichtiger Baustein für die Wärmewende und die langfristige Klimaneutralität. Durch die Initiierung des Prozesses kann nun gezielt an einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Wärmeversorgung arbeiten. Die Umsetzung der geplanten Maßnahmen trägt nicht nur zur Reduktion von $CO_2$-Emissionen bei, sondern stärkt auch die regionale Wirtschaft und ermöglicht langfristig stabile Energiekosten für die Bürger.

Die kommunale Wärmeplanung selbst besitzt keine unmittelbare rechtliche Verbindlichkeit (§ 23 WPG). Vielmehr dient sie als strategisches Planungsinstrument, das den Kommunen, Bürgerinnen und Bürgern sowie weiteren Akteuren Orientierung über die voraussichtliche Entwicklung der zukünftigen Wärmeversorgung gibt. Sie schafft Transparenz über mögliche Versorgungsoptionen und bildet eine wichtige Grundlage für zukünftige Investitions- und Infrastrukturentscheidungen.

# 2 Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen der Bestands- und Potenzialanalyse wurden bei den örtlichen Energieversorgern Informationen zur aktuellen Versorgungssituation eingeholt. Informationen zu öffentlichen Liegenschaften wurden über die Verwaltung zur Verfügung gestellt. Die vorläufigen Ergebnisse wurden zunächst der Verwaltung vorgestellt. Das vorläufige Zielszenario und insbesondere die Einteilung der Kommune in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete wurde in Workshops mit dem Energieversorger (Energienetze Bayern) intensiv diskutiert, bevor die vorläufigen Ergebnisse im Rahmen einer öffentlichen Sitzung präsentiert und diskutiert wurde. Dieser Stand wurde dann für einen Zeitraum von einem Monat öffentlich ausgelegt, um der Öffentlichkeit die Möglichkeit zur Abgabe von Stellungnahmen zu geben. Alle (Zwischen-)Ergebnisse wurden auf der Homepage der Kommune veröffentlicht.

# 3 Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse bildet die Grundlage für die kommunale Wärmeplanung und ermöglicht ein umfassendes Verständnis der aktuellen Wärmeversorgungssituation in der Gemeinde Inning. Durch die systematische Erfassung und Auswertung von Daten zu Gebäudebestand, Versorgungsstrukturen, Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen wird ein detailliertes Bild des Ist-Zustands erstellt. Diese Analyse ist entscheidend, um Potentiale für Energieeinsparungen und den Einsatz erneuerbarer Energien zu identifizieren und darauf aufbauend zielgerichtete Maßnahmen zur Optimierung der Wärmeversorgung zu entwickeln. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen als Basis für die nachfolgenden Schritte der Wärmeplanung und unterstützen die Kommune dabei, eine nachhaltige und klimafreundliche Wärmeversorgung zu realisieren.

## 3.1 Gemeindestruktur

Die Gemeinde Inning am Ammersee liegt im Landkreis Starnberg in Oberbayern. In Tabelle 2 sind die allgemeinen Daten der Kommune dargestellt [1]. Inning hat 6 Gemeinde- / Ortsteile.

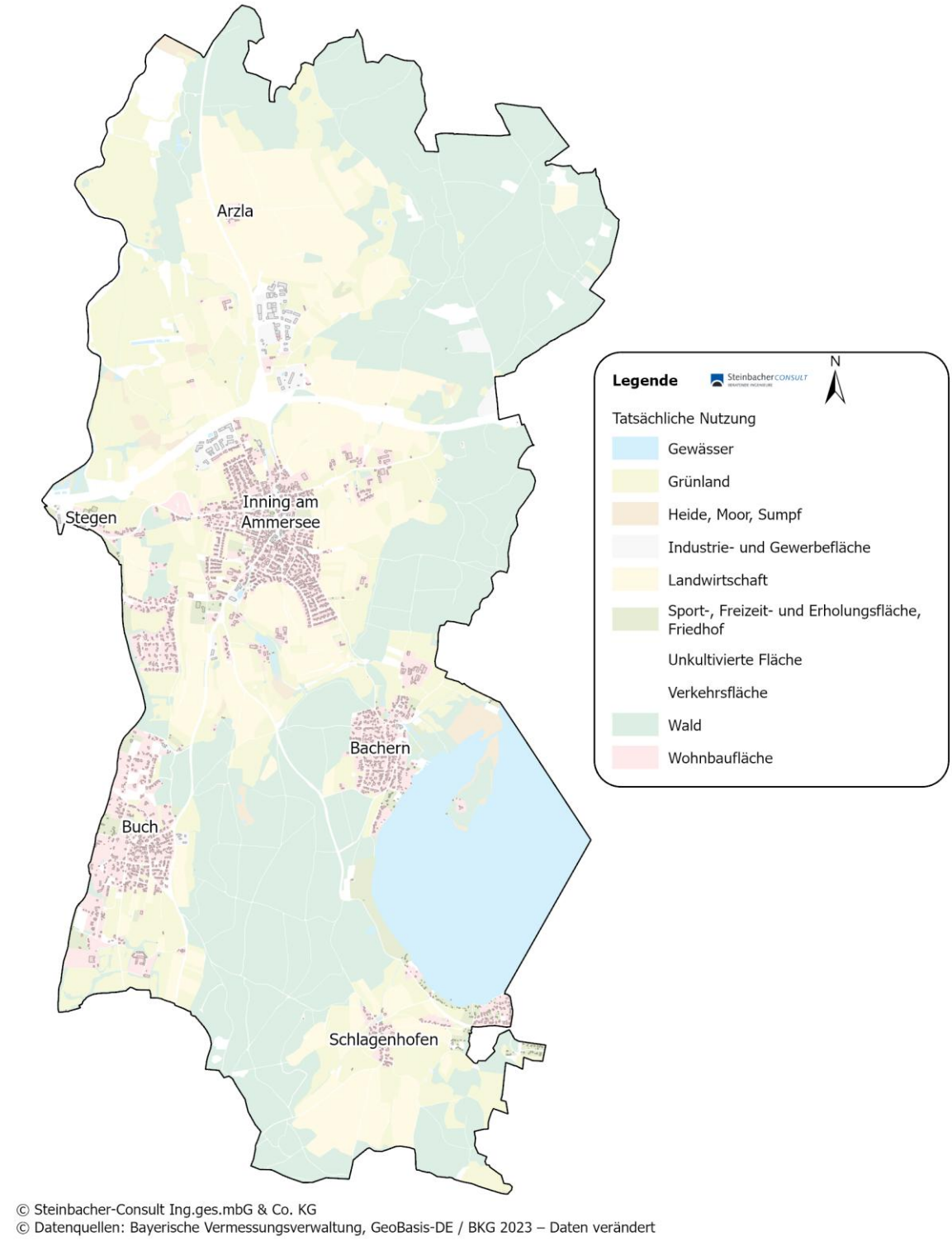
Tabelle 2: Allgemeine Daten nach [1]

| Kennwert | Wert |
|---|---:|
| Fläche | 24,42 km² |
| Einwohner | 4.822 |
| Bevölkerungsdichte | 197 EW/km² |
| Wohnfläche | 290.393 m² |
| Wohneinheiten | 2.366 |
| Wohnfläche je WE | 122,7 m² |
| Wohnfläche je EW | 60,2 m² |

Die Kommune ist ländlich geprägt. Rund 76 % der Fläche werden für Land- oder Forstwirtschaft genutzt. Die Flächen sind in Tabelle 3 bzw. Abbildung 2 dargestellt.

Tabelle 3: Flächen nach [1]

| Nutzung | ha | Anteil |
|---|---:|---:|
| Siedlung | 257 | 10,5 % |
| dar. Wohnbau | 138 | 5,7 % |
| Industrie + Gewerbe | 27 | 1,1 % |
| Verkehr | 108 | 4,4 % |
| Vegetation | 1.861 | 76,2 % |
| dar. Landwirtschaft | 842 | 34,5 % |
| Wald | 883 | 36,2 % |
| Gewässer | 216 | 8,8 % |
| **Gesamt** | **2.442** | **100 %** |




© Steinbacher-Consult Ing.ges.mbG & Co. KG
© Datenquellen: Bayerische Vermessungsverwaltung, GeoBasis-DE / BKG 2023 – Daten verändert

Abbildung 2: Nutzungstypen im Gemeindegebiet

## 3.2 Bearbeitungsraster

In einem ersten Schritt wurde das Bearbeitungsgebiet in ein sinnvolles Bearbeitungsraster unterteilt. Hierzu wurden Baublöcke anhand von Flächennutzung, Siedlungstypen, Nutzungsarten, Baualtersklassen, Straßenverläufen und an einer fiktiven Verlegung von Wärmeleitungen definiert. Jeder Baublock umfasst immer mindestens fünf Gebäude.

Die Bestandsanalysen insbesondere zu den Energieträgern und Bedarfen bzw. Verbräuchen sowie Teile der Potentialanalyse erfolgen gebäudescharf, werden aus Datenschutzgründen allerdings nur anonymisiert je Baublock dargestellt.

## 3.3 Gebäudestruktur

Die Gebäudestruktur der Kommune spielt eine zentrale Rolle bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Wärmewende. Untersucht wird der gesamte Gebäudebestand innerhalb der Kommunengrenze nach den folgenden Gesichtspunkten:

- Gebäudenutzung (Private Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD), Industrie, öffentliche Liegenschaften)
- Gebäudetyp (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Büroähnlicher Betrieb etc.)
- Gebäudealter

Die Datenquellen für diese Klassifizierung umfassen ALKIS-Daten (tatsächliche Nutzung) und LoD2-Daten (Gebäudemodelle), offene Datenquellen, Informationen der Kommune sowie Bebauungspläne.

In Abbildung 3 ist die Verteilung der Gebäudetypen dargestellt. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden in Inning 1.647 Gebäude (mit Hausnummer) berücksichtigt, wobei Einfamilienhäuser mit einem Anteil von 77,5 % klar dominieren. Auf den Sektor private Haushalte fallen in Summe mehr als 85,5 % aller Gebäude. Die restliche Gebäudetypaufteilung kann Abbildung 3 entnommen werden.

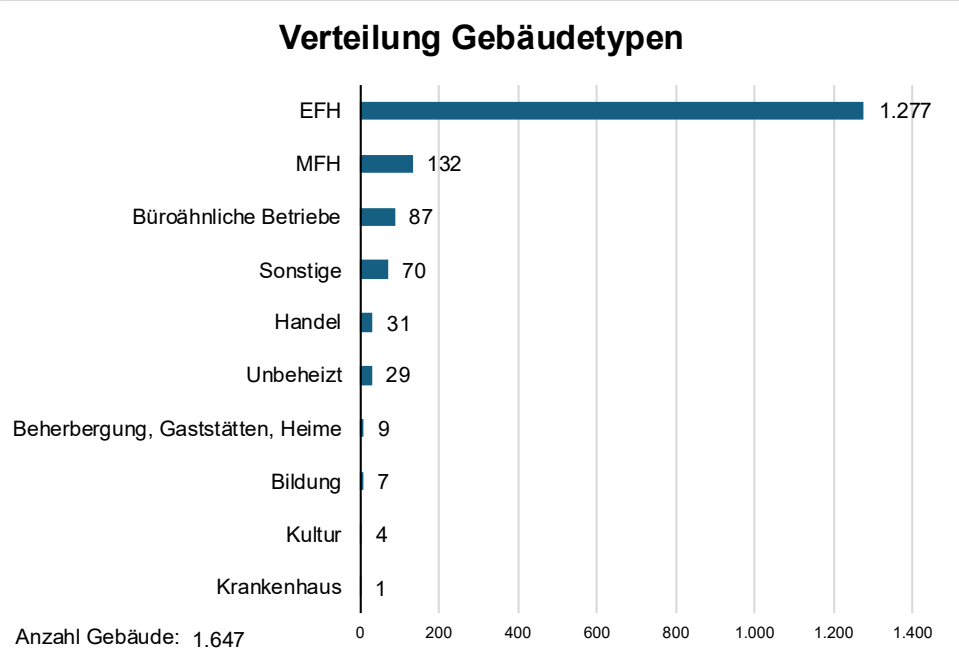



Abbildung 3: Verteilung Gebäudetypen

Abbildung 4 veranschaulicht die Verteilung nach Baualtersklassen. Ein großer Anteil (ca. 41 %) der Gebäude stammt aus der Zeit vor 1978 – also aus einer Phase, in der es noch keine verbindlichen Wärmeschutzvorgaben gab. Besonders viele Bauten (37 %) entstanden zwischen 1949 und 1978, wodurch gerade in diesem Segment erhebliche Potentiale für energetische Sanierungen bestehen.

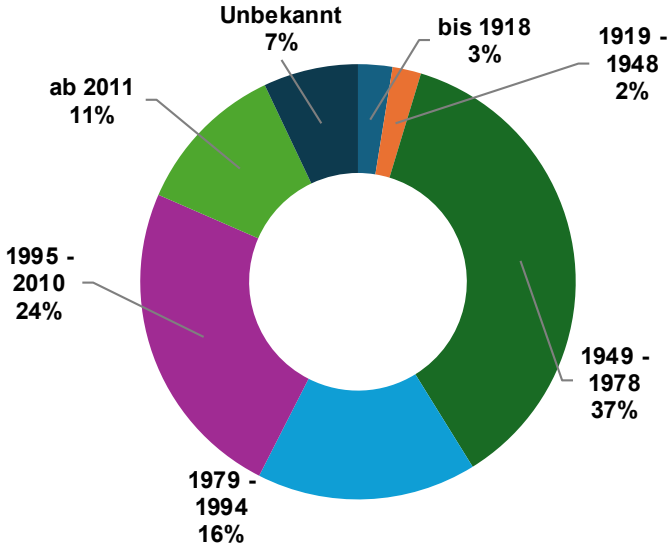
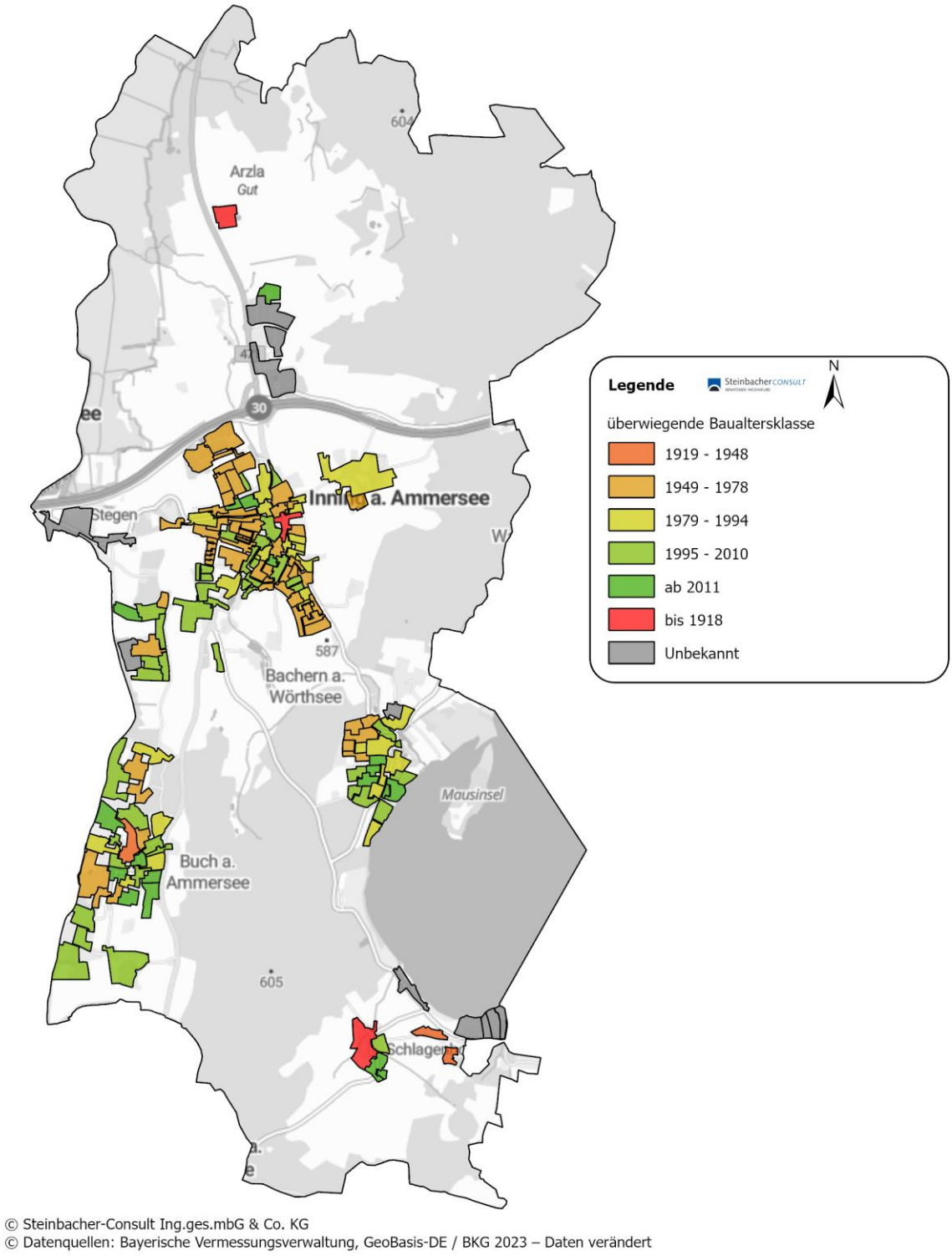



Abbildung 4: Prozentuale Aufteilung Baualtersklassen

Abbildung 5 zeigt die kartografische Verteilung der überwiegenden Baualtersklassen.




© Steinbacher-Consult Ing.ges.mbG & Co. KG
© Datenquellen: Bayerische Vermessungsverwaltung, GeoBasis-DE / BKG 2023 – Daten verändert

Abbildung 5: Überwiegende Baualtersklassen

## 3.4 Energieinfrastruktur

Im Rahmen der Analyse der bestehenden Energieinfrastruktur wurden Informationen aus den folgenden Datenquellen eingeholt:

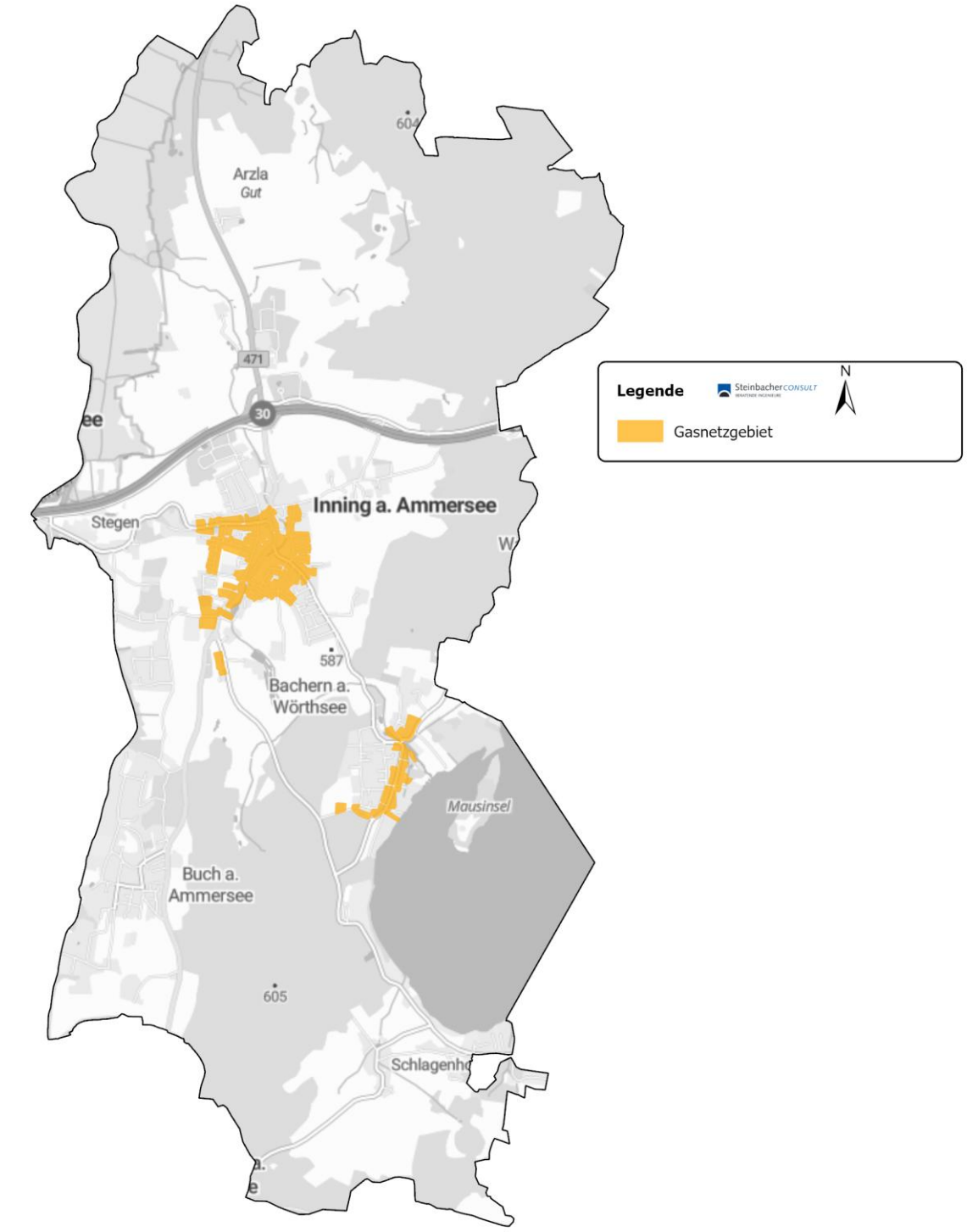
- Kehrbuchdaten vom Landesamt für Statistik
- Datenabfrage Stromnetzbetreiber
- Datenabfrage Energieversorger
- Datenabfrage öffentliche Liegenschaften
- Zensusdaten 2022 zu Energieträger

### 3.4.1 Erdgasnetz

Abbildung 6 zeigt die Gebiete, an den das Erdgasnetz entlangläuft. Damit sind hauptsächlich ein Teil des Ortsteils Inning erschlossen, während in den umliegenden Bereichen keine Gasinfrastruktur vorhanden ist. Die wichtigsten Informationen zum Erdgasnetz sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4: Eckpunkte Gasnetz

| Information | Gemeinde Inning |
|---|---|
| Art | Erdgas |
| Jahre der Erstinbetriebnahmen | 2019 – 2022 |
| Trassenlänge (ohne Netzanschlussleitungen) | 8,28 km |
| Gesamtanzahl der Anschlüsse (inkl. inaktive) | 105 |




© Steinbacher-Consult Ing.ges.mbG & Co. KG
© Datenquellen: Bayerische Vermessungsverwaltung, GeoBasis-DE / BKG 2023 – Daten verändert

Abbildung 6: Mit Erdgas erschlossene Gebiete

### 3.4.2 Dezentrale Wärmeerzeuger

Aus Abbildung 7 ist zu erkennen, dass ca. 61 % der Gebäude mit Heizöl beheizt werden, gefolgt von Wärmepumpen (13 %) und Flüssiggas (12 %). Durch Biomasse werden 8 % und durch das Gasnetz 2 % der Gebäude versorgt.

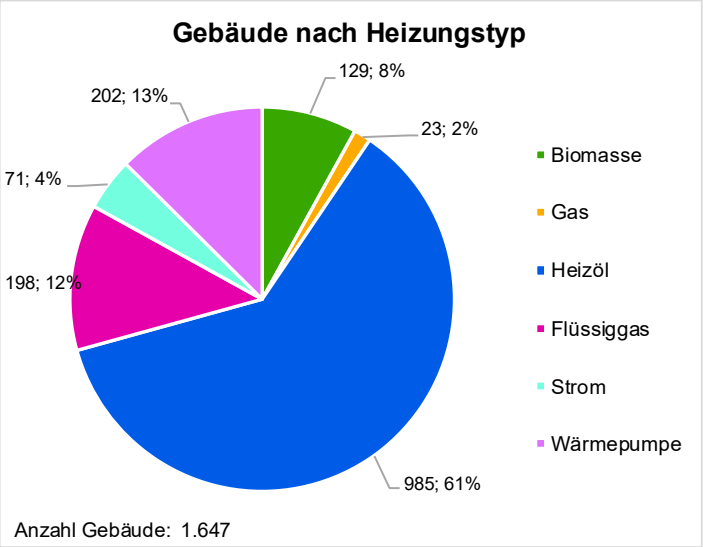



Abbildung 7: Verteilung nach Heizungstyp

In Tabelle 5 sind die Feuerstätten nach dem Baujahr im Median aus den Kehrbuchdaten von 2023 dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass vor allem Heizöl-Heizungen mit einem Medianwert von 27 Jahren tendenziell auch ältere Baujahre aufweisen, während Erdgas-Heizung mit einem Medianwert 4 Jahr alt sind.

Tabelle 5: Baujahre der Feuerstätten im Median [2]

| Heizung | Baujahr Median |
|---|---|
| Erdgas | 2022 |
| Heizöl | 1999 |
| Flüssiggas | 2012 |
| Feste Biomasse | 2003 |
| Gesamt Feuerstätten | 2003 |

Abbildung 8 zeigt die kartografische Verteilung der überwiegenden eingesetzten Heizungstypen sowie Aufteilung der Energieträger je Baublock. Es ist zu erkennen, dass Heizöl klar dominiert, gefolgt von Wärmepumpen und Flüssiggas. In den Gebieten mit Neubauten dominiert vor allem die Wärmepumpe.

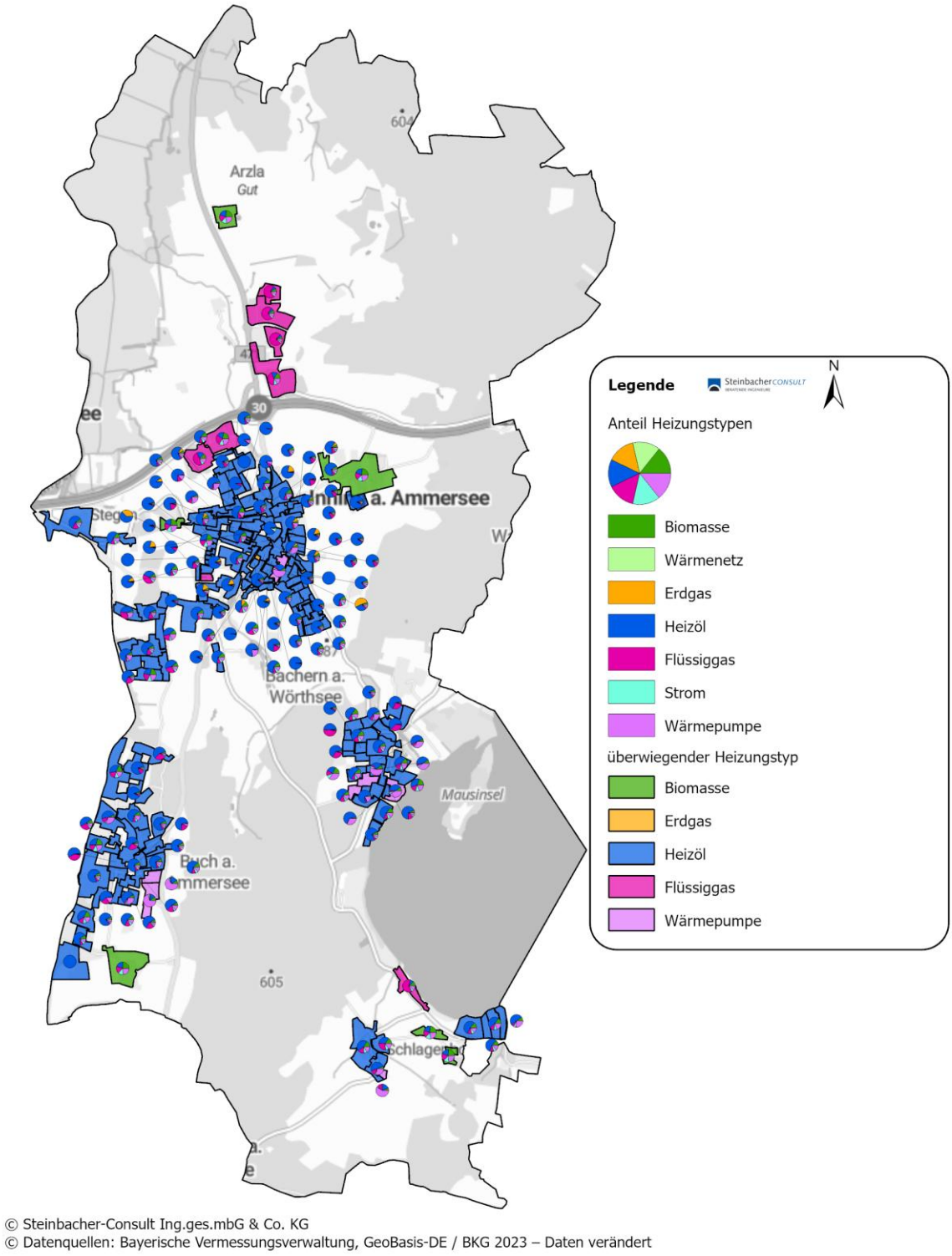
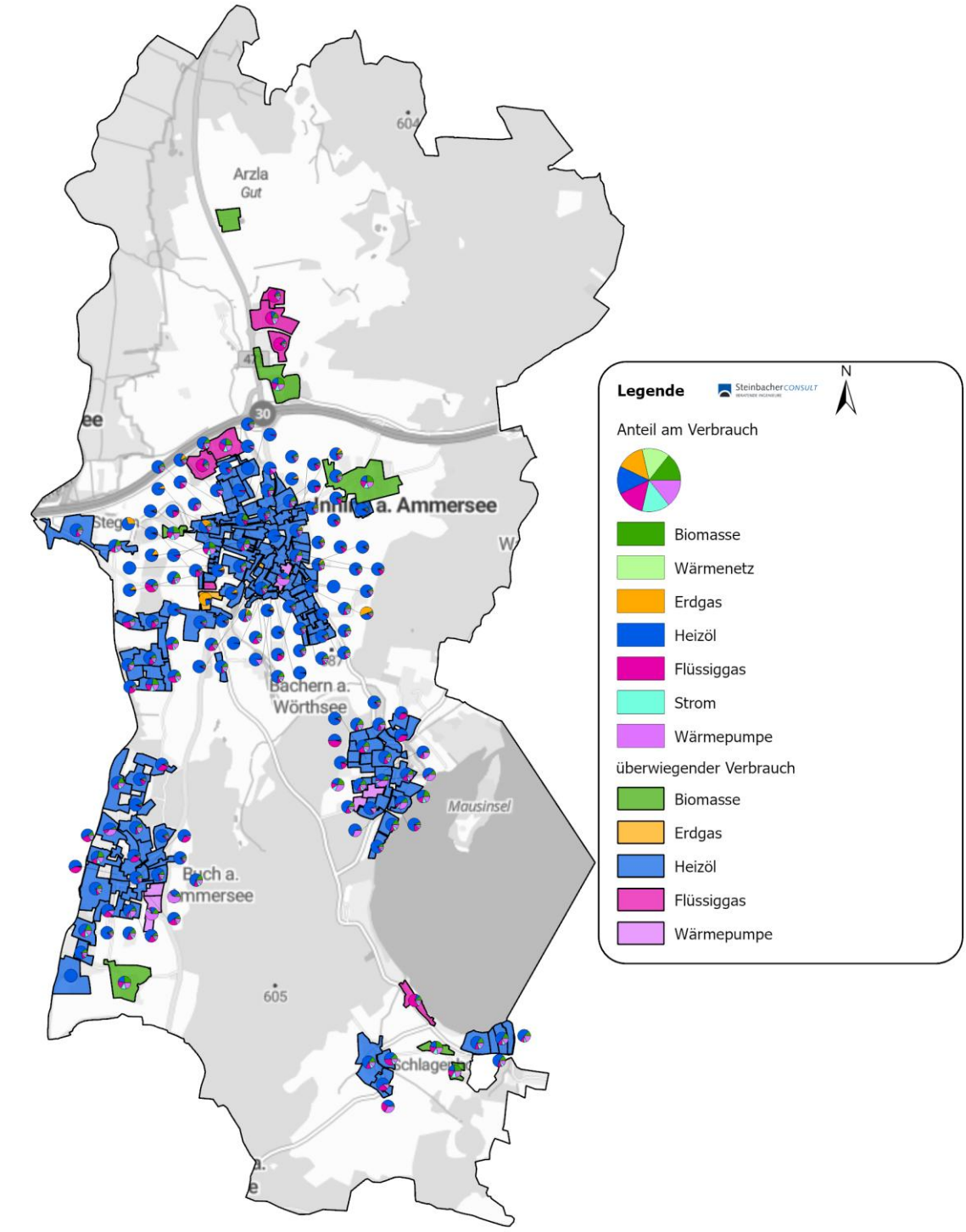



Abbildung 8: Anzahlmäßig überwiegender Heizungstyp

Abbildung 9 zeigt die kartografische Verteilung des überwiegenden Verbrauchs nach Heizungstyp sowie den Anteil des Heizungstyps am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme. Es ist zu erkennen, dass Heizöl klar dominiert.




© Steinbacher-Consult Ing.ges.mbG & Co. KG
© Datenquellen: Bayerische Vermessungsverwaltung, GeoBasis-DE / BKG 2023 – Daten verändert

Abbildung 9: Anteil der Heizungstypen am Endenergieverbrauch

## 3.5 Wärmebedarf

Der Begriff „Energie“ wird je nach Umwandlungsgrad in Primärenergie, Endenergie oder Nutzenergie unterteilt.

Primärenergie: Energie, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energieträgern zur Verfügung steht und noch keiner Umwandlung unterzogen ist (z.B. Rohöl, Solarstrahlung, Uran, Braunkohle etc.)

Endenergie: Der Teil der Primärenergie, der dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Transportverlusten, z.B. in Form von Heizöl, Holzpellets oder Strom zur Verfügung steht.

Nutzenergie: Der Teil der Endenergie, welcher dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Verteilungsverlusten innerhalb des Gebäudes für die gewünschte Energiedienstleistung zur Verfügung steht (z.B. Heizwärme etc.)

Bei der Ermittlung des Wärmebedarfs handelt es sich im Folgenden um Nutzenergie, d.h. es handelt sich um die tatsächlich benötigte Wärme, welche sich durch den Brennstoffverbrauch und den Wirkungsgrad der Heizanlage ergibt. Der Gesamtwärmebedarf besteht dabei aus dem Heizwärmebedarf sowie dem Warmwasserbedarf.

Auf Grundlage der Analyse der Gebäudestruktur (siehe Kapitel 3.3) wird der Wärmebedarf (= Nutzenergie) ermittelt.

Im ersten Schritt erfolgt eine modellbasierte Berechnung eines statistischen Wärmebedarfs für jedes Gebäude. Aus ALKIS-, LoD2- offenen Daten werden hierzu Faktoren wie Gebäudegeometrie, Baujahr und Nutzung individuell für jedes Gebäude ermittelt. Anhand spezifischer Wärmebedarfswerte [3] wird für jedes Gebäude ein statistischer Wärmebedarf ermittelt.

Anschließend werden die ermittelten Werte durch tatsächliche Verbrauchswerte präzisiert. Bei Gebäuden oder Baublöcken, für die tatsächliche Verbrauchswerte aus Informationen der Versorger und Datenabfragen vorliegen, werden die tatsächlichen Verbräuche verwendet. Bei allen anderen Gebäuden werden auf Baublockebene die statistischen Bedarfswerte anhand der tatsächlichen Verbrauchswerte angepasst. So wird am Ende jedem Gebäude entweder sein tatsächlicher Wärmebedarf oder ein angepasster, statistischer Wärmebedarf zugeordnet.

Der Gesamtwärmebedarf in Inning beläuft sich derzeit auf 48,87 GWh pro Jahr.

Die Aufteilung des Gesamtwärmebedarfs auf die Sektoren Private Haushalte (inklusive Mischnutzung), GHD/Sonstiges, Industrie und öffentliche Liegenschaften ist in Abbildung 10 dargestellt. Demnach wird mit 35,31 GWh/a (=72,3 %) der Großteil der Wärme von den privaten Haushalten verbraucht. Öffentliche Liegenschaften haben anschließend den höchsten Bedarf mit 6,89 GWh/a (= 14,1 %), gefolgt von GHD / Sonstiges mit 6,66 GWh/a (= 13,6 %).

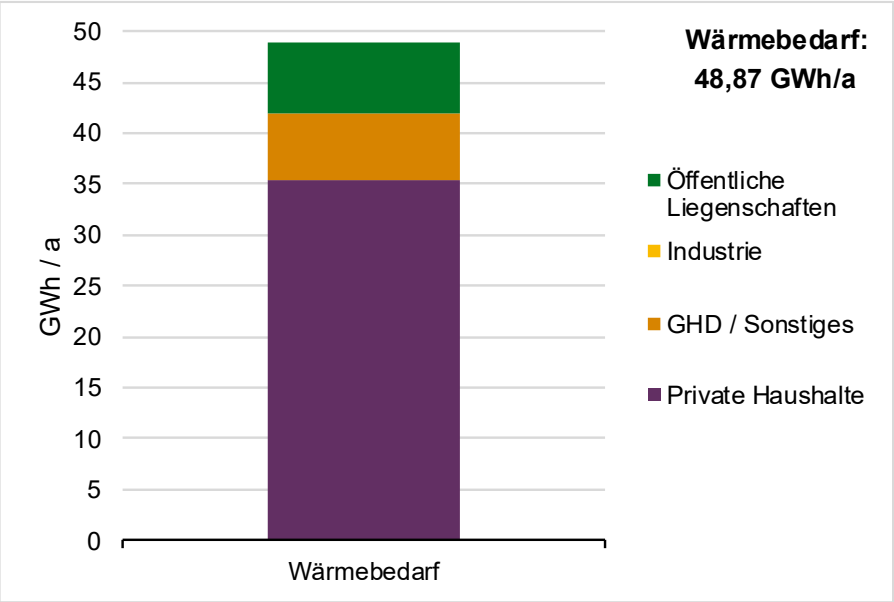



Abbildung 10: Aufteilung Wärmebedarf nach Sektoren

In Abbildung 11 ist die Wärmebedarfsdichte kartografisch dargestellt. Unter Wärmebedarfsdichte versteht man die Summe der Wärmebedarfe aller Gebäude innerhalb eines bestimmten Gebietes (Baublock) dividiert durch die Fläche des Baublocks in ha. Die Darstellung der baublockbezogenen Wärmebedarfsdichte dient zur Anonymisierung der gebäudebezogenen Wärmebedarfswerte sowie zur Identifizierung von Gebieten mit einem besonders hohen Wärmebedarf, die sich potenziell für den Bau von Wärmenetzen eignen.

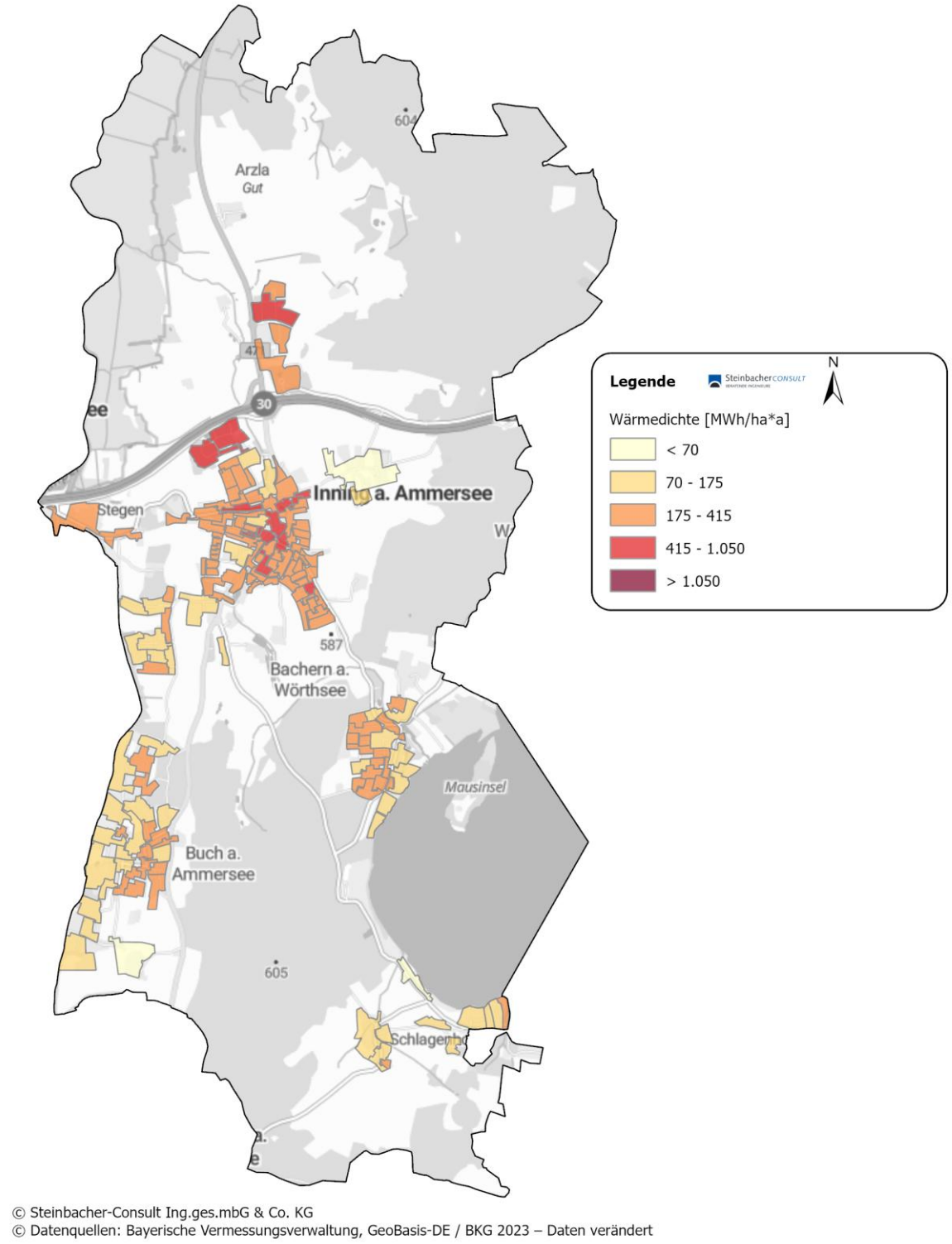



Abbildung 11: Wärmebedarfsdichte

Eine ähnliche Darstellungsform ist die sogenannte Wärmeliniendichte, welche in Abbildung 12 kartografisch dargestellt wird. Unter Wärmeliniendichte versteht man die Summe der Wärmebedarfe aller Gebäude entlang eines Straßenzuges dividiert durch die Trassenlänge eines fiktiven Wärmenetzes entlang dieses Straßenzuges. Diese Darstellung der trassenbezogenen Wärmeliniendichte ist insbesondere relevant zur Ausweisung von Wärmenetzgebieten im Rahmen des Zielszenarios.

Es ist zu erkennen, dass vor allem diejenigen Siedlungseinheiten mit einem hohen Anteil an neuen Ein- und Zweifamilienhäusern bzw. einer eher lockeren Bebauung haben eine geringe Wärmebelegungsdichte.

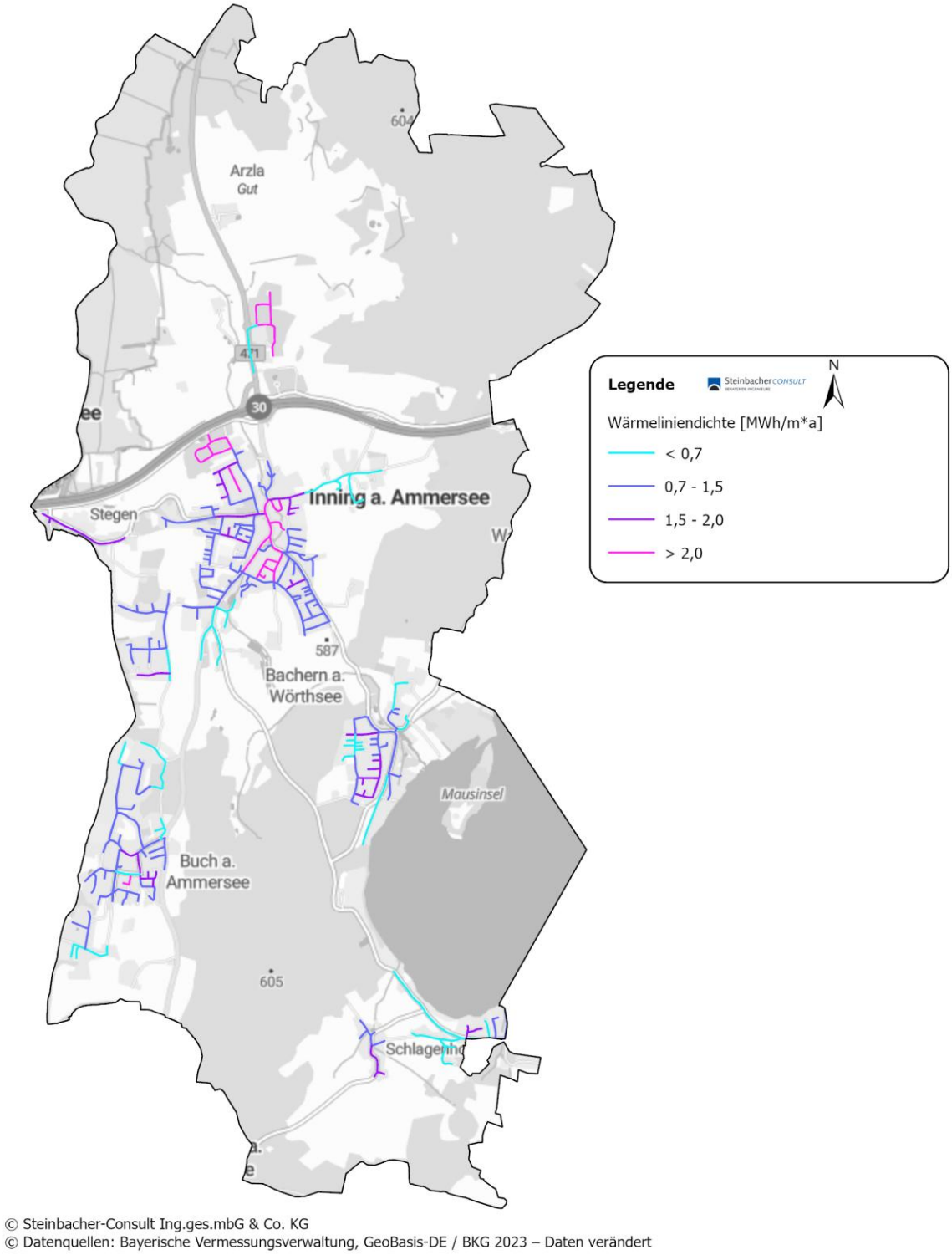



Abbildung 12: Wärmeliniendichte

## 3.6 Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung nach § 14 WPG dient dazu, das gesamte Gemeinde in Teilgebiete zu unterteilen und diese hinsichtlich ihrer voraussichtlichen Eignung für unterschiedliche Wärmeversorgungsoptionen zu bewerten. Basis hierfür ist die bereits weiter oben beschriebene Bestandsanalyse. In Abbildung 13 ist die Einteilung dargestellt. Gebäudeeigentümer werden mit hoher Wahrscheinlichkeit keine Wärmenetze oder Wasserstoffnetze zur Wärmeversorgung nutzen können, weshalb diese im weiteren Planungsprozess nicht weiter detailliert betrachtet werden. Dennoch fließen die Ergebnisse dieser Gebiete in die Energiebilanz und das Zielszenario ein, um das Gemeindegebiet vollständig abzubilden. Diese rot eingefärbten Ortsteile werden als voraussichtliches Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung eingestuft. Dies bedeutet, dass im Falle eines notwendigen Heizungstauschs die Eigentümer sich eigenständig um die Einhaltung der Vorgaben des Gebäudemordenisierungsgesetzes (GModG) kümmern müssen.

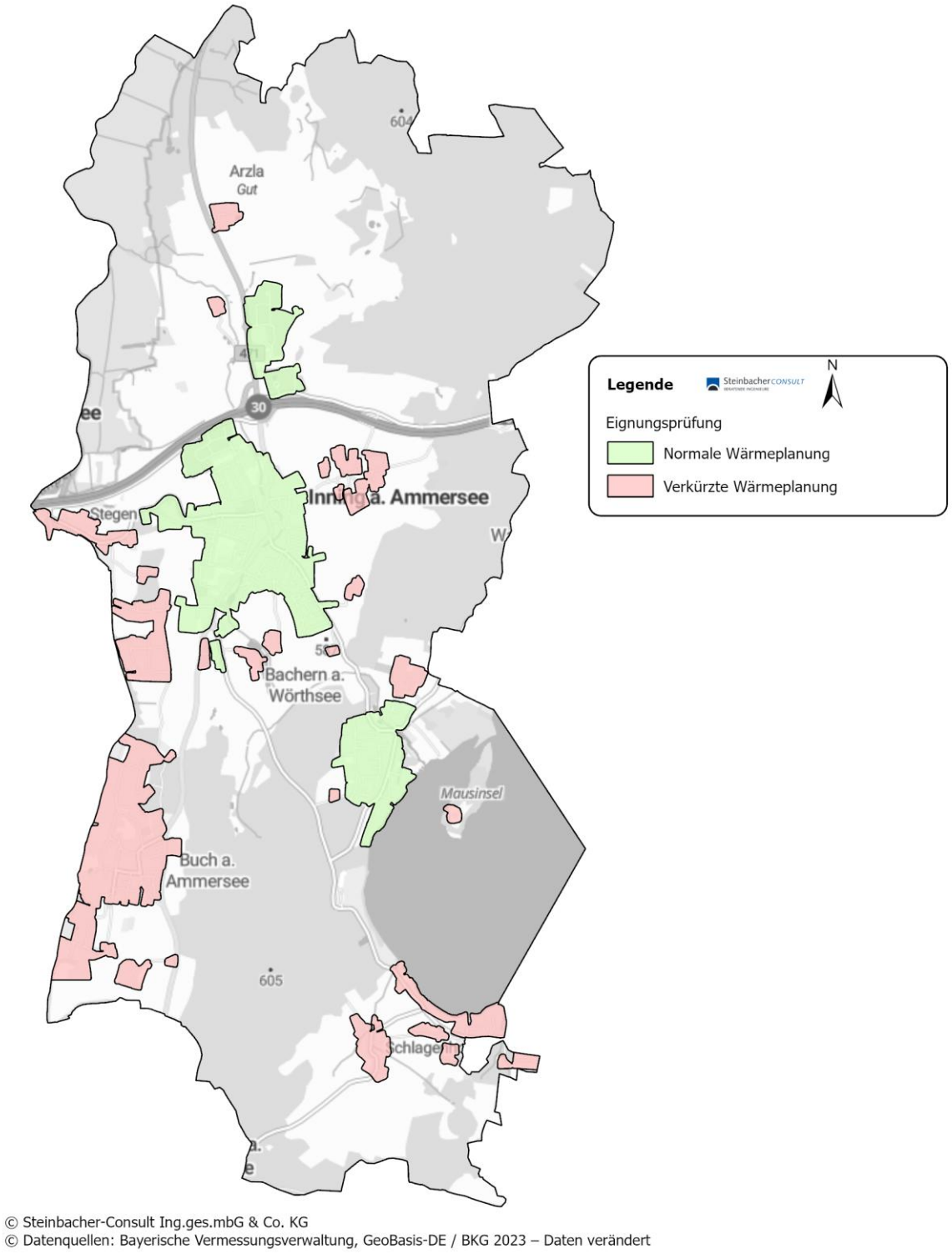



Abbildung 13: Eignungsprüfung

## 3.7 Energie- und Treibhausgasbilanz

### 3.7.1 Endenergieverbrauch

Die Energie- und Treibhausgasbilanz zeigt den aktuellen Endenergieverbrauch für Wärme und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen. Insgesamt liegt der Endenergieverbrauch im erfassten Zustand bei 42,24 GWh/a.

In Abbildung 14 ist eine Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern dargestellt. Es ist zu erkennen, dass mit 24,11 GWh/a (= 57 %) Heizöl den mit Abstand größten Anteil einnimmt, gefolgt von Flüssiggas mit 7,40 GWh/a (= 18 %) und Wärmepumpen mit 4,18 GWh/a (= 10 %). Erdgas spielt mit 0,61 GWh/a (= 1%) eine untergeordnete Rolle. Die fossilen Energieträger (Erdgas, Heizöl und Flüssiggas) nehmen zusammen 76,1 % ein. Der Anteil erneuerbare Wärme liegt bei 23,95 %.

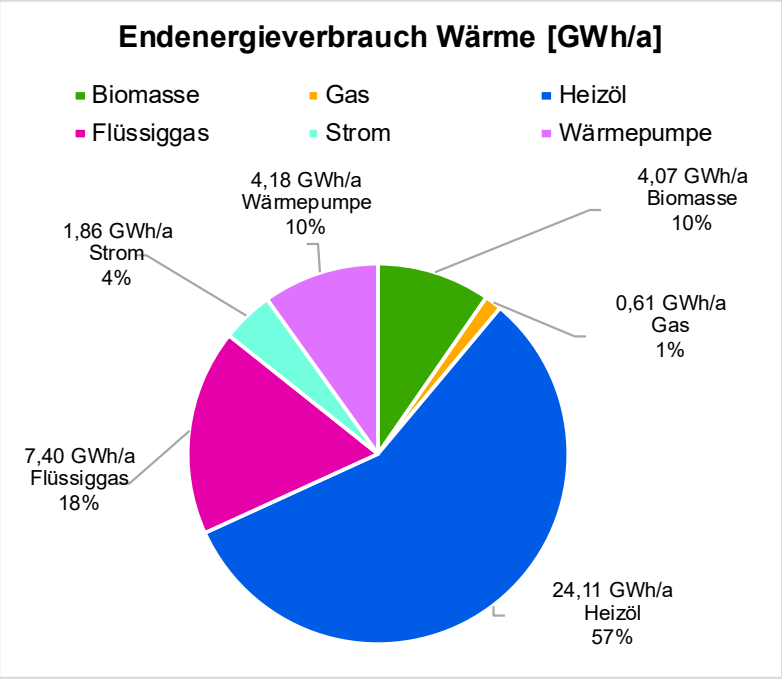



Abbildung 14: Endenergieverbrauch nach Energieträgern

In Abbildung 15 ist eine Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die privaten Haushalte mit 30,62 GWh/a (= 72,5 %) den größten Teil einnimmt, gefolgt von öffentlichen Liegenschaften mit 5,81 GWh/a (= 13,7 %) und GHD / Sonstiges mit 5,81 GWh/a (= 13,8 %).

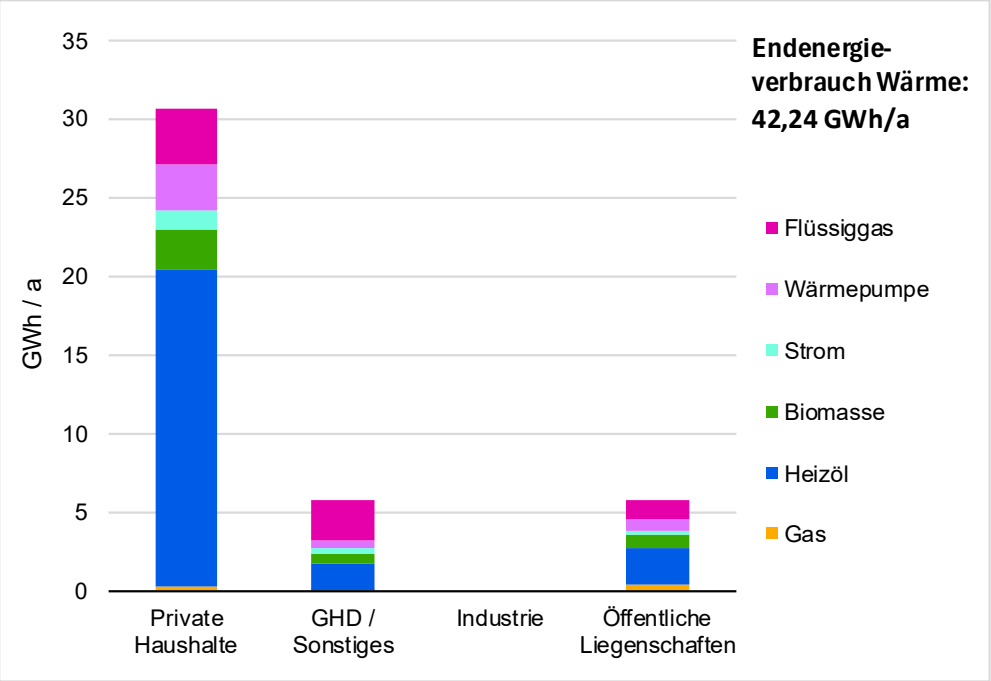



Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach Sektoren

## 3.7.2 Treibhausgasemissionen

Die Dominanz der fossilen Energieträger spiegelt sich auch in den Treibhausgasemissionen wider. In Summe werden 11.684 t $CO_2$e/a im Bereich Wärme emittiert.

Die Emissionen der verschiedenen Energieträger ergeben sich sowohl aus den stark variierenden Verbrauchsmengen zur Wärmeerzeugung als auch aus den unterschiedlichen Emissionsfaktoren der jeweiligen Energieträger (siehe Tabelle 6). Fossile Brennstoffe sind dabei besonders emissionsintensiv, wobei Heizöl im Vergleich zu Erdgas eine noch höhere $CO_2$-Belastung aufweist. Erneuerbare Energien hingegen verursachen deutlich geringere Emissionen. So führt die Nutzung von Holz lediglich zu etwa 7 % der Treibhausgasemissionen, die durch Heizöl entstehen. Dennoch gilt Holz nicht als vollständig klimaneutral, da durch Transport und Verarbeitung zusätzliche $CO_2$-Emissionen freigesetzt werden.

Tabelle 6: Emissionsfaktoren der wesentlichen Energieträger in g $CO_2$e/kWh nach [4]

| Energieträger | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---|---|---|---|---|---|
| Heizöl | 310 | 310 | 310 | 310 | 310 |
| Erdgas | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 |
| Flüssiggas | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 |
| Biomasse | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Biogas | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| Grüner Wasserstoff *(Kombination aus Import- & Inländisch)* | 40 | 32 | 65 | 43 | 20 |
| Abwärme aus Prozessen | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Strom-Mix-D | 328 | 103 | 49 | 27 | 25 |
| Geothermie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wärmenetze – Erneuerbar (nach GModG) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |

In Abbildung 16 ist eine Aufteilung der Emissionen nach Energieträgern dargestellt. Es ist zu erkennen, dass mit 64 % (= 7.476 t/a) Heizöl den größten Teil einnimmt, gefolgt von Flüssiggas mit 17 % (= 1.997 t/a).

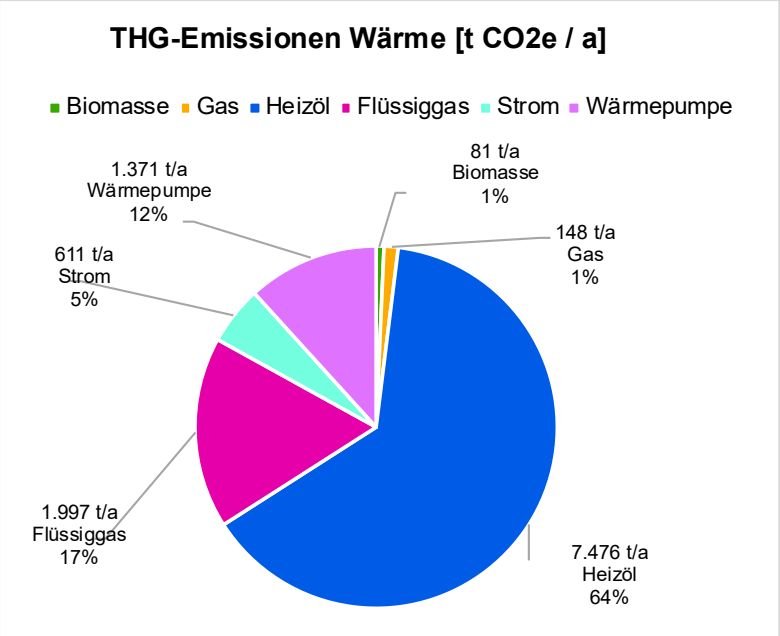



Abbildung 16: Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

In Abbildung 17 ist eine Aufteilung der Emissionen nach Sektoren dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die privaten Haushalte mit 74,1 % den größten Teil der Emissionen einnehmen, gefolgt von GHD / Sonstiges mit 13,0 %. Öffentliche Liegenschaften nehmen einen Anteil von 12,9 % ein.

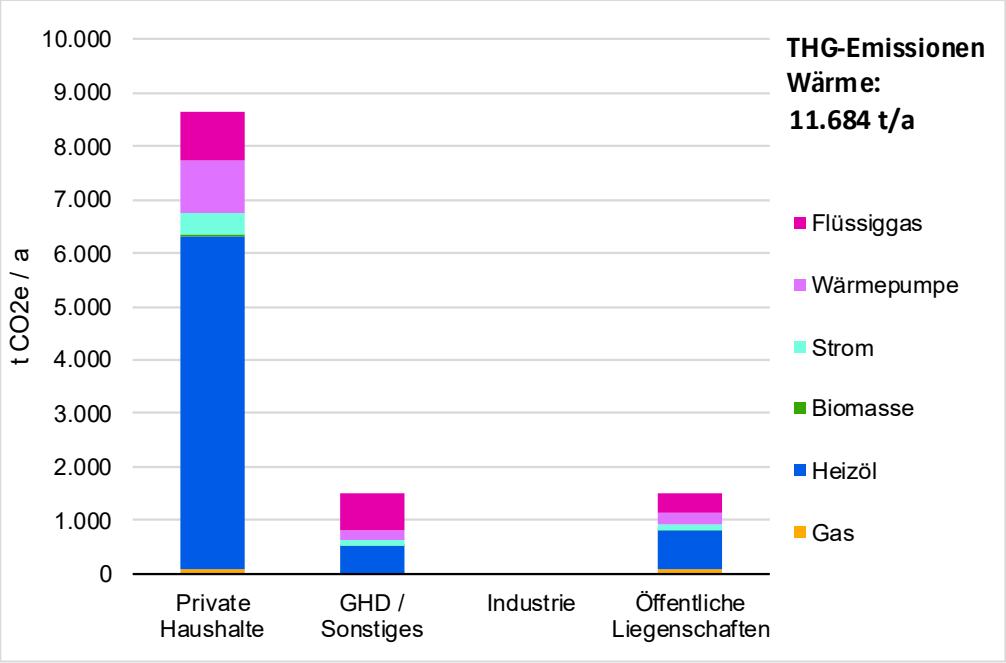



Abbildung 17: Treibhausgasemissionen nach Sektoren

## 3.8 Kennwerte und Zwischenfazit Bestandsanalyse

Um die in der Bestandsanalyse aufgenommenen Daten besser interpretieren und einschätzen zu können, wurden Kennzahlen gebildet und mit den Durchschnittswerten aus abgeschlossenen kommunalen Wärmeplanungen von Steinbacher-Consult (SC) verglichen, siehe Tabelle 7.

Tabelle 7: Kennzahlen

| Kennzahl | Gemeinde Inning | Andere KWPs (Quelle SC) | Bayern (2023) [5] |
|---|---|---|---|
| Endenergieverbrauch Wärme pro Kopf [kWh/EW*a] | 8.760 | 7.882 – 48.784 | 14.185 |
| - Haushalte und öffentliche Liegenschaften [kWh/EW*a] | 7.555 | 6.011 – 11.798 | - |
| - GDH und Industrie [kWh/AN*a] | 2.708 | 2.254 – 46.429 | - |
| Treibhausgasemissionen Wärme pro Kopf [t/EW*a] | 2,4 | 1,8 – 11,7 | - |
| - Haushalte und öffentliche Liegenschaften [t/EW*a] | 2,1 | 1,5 – 2,6 | - |
| - GHD und Industrie [t/AN*a] | 0,7 | 0,5 – 11,3 | - |
| Endenergieverbrauch Wärme Wohngebäude pro Wohnfläche [kWh/m²*a] | 105 | 114 - 191 | - |
| Anteil EE am Endenergieverbrauch Wärme [%] | 23,95% | 2,70% - 41,22% | 28,70% |

* Schätzbilanz

Der bilanzierte Gesamtwärmeverbrauch liegt bei 42,24 GWh/a und liegt mit 8.760 kWh/EW am unteren Bereich der Durchschnittsverbräuche (Quelle SC). Die Treibhausgasemissionen pro Kopf liegen ebenfalls im unteren Bereich der Durchschnittswerte.

Der Anteil an erneuerbaren Energien liegt leicht unter dem bayerischen Schnitt.

Zusammenfassend sind nach der Bestandsanalyse folgende Punkte festzuhalten:

- Die Privaten Haushalte dominiert den Wärmeverbrauch und die THG-Emissionen.
- Heizöl, Wärmepumpen und Flüssiggas nehmen die größten Anteile am Endenergieverbrauch ein

Die Bestandsanalyse verdeutlicht die Herausforderung, die damit verbunden ist, die Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen. Aktuell werden bereits 23,95 % der Wärmeversorgung auf Basis klimaneutraler Energieträger bereitgestellt.

# 4 Potentialanalyse

## 4.1 Allgemeines

Im Folgenden werden die verfügbaren Potentiale für Energieeinsparung, Effizienzsteigerung (Abwärmenutzung) und erneuerbarer Energien abgeschätzt. Bei den Energieträgerpotentialen wird zumeist unterschieden in:

- Theoretisches Potential
- Technisches Potential
- Wirtschaftliches/Ökonomisches Potential
- Erschließbares Potential

### Theoretisches Potential

Das theoretische Potential umfasst das gesamte physikalische Angebot einer erneuerbaren Energiequelle oder eines nachwachsenden Rohstoffs. Das theoretische Potential stellt damit eine Art Obergrenze des maximal möglichen Nutzungspotentials dar und kann in der Regel nur zu einem Teil erschlossen werden. Die limitierenden Faktoren sind strukturelle, technische, ökologische, rechtliche und administrative Randbedingungen.

### Technisches Potential

Das technische Potential umfasst den Teil des theoretischen Potentials, der sich unter Berücksichtigung der derzeitigen Techniken nachhaltig nutzen lässt. Bei der Abschätzung des technischen Potentials spielt die Verfügbarkeit von Flächen eine wesentliche Rolle, wobei oft auf eine vereinfachte Annahme zur Abschätzung zurückgegriffen wird. Das technische Potential wird durch folgende Faktoren begrenzt:

- Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen
- Erhaltung der natürlichen Kreisläufe
- Kein Raubbau, z.B. am Humusgehalt
- Einhaltung ökologischer Grenzen z.B. durch Bodenerosion
- Technische Einschränkungen und Verluste bei der Energie- oder Rohstoffumwandlung
- zeitliches und räumliches Ungleichgewicht zwischen Energieangebot und Energiebedarf, bzw. Rohstoffangebot und -nachfrage

### Wirtschaftliches/Ökonomisches Potential

Das wirtschaftliche Potential wiederum ist eine Teilmenge des technischen Potentials und stellt das Potential dar, welches unter den derzeitig existierenden energiewirtschaftlichen Randbedingungen ökonomisch sinnvoll genutzt werden kann. Das wirtschaftliche Potential an Erneuerbaren Energien wird maßgebend von den Preisen konventioneller Energiesysteme und von politischen Rahmenbedingungen bestimmt. Als wirtschaftlich gelten erneuerbare Energien dann, wenn deren spezifische

Energiekosten niedriger als bei konventionellen Energiesystemen sind. Das ökonomische Potential hängt damit maßgebend von den Annahmen und Prognosen zur Kostenentwicklung ab.

### Erschließbares Potential

Das erschließbare Potential wiederum ist ein Teil des wirtschaftlichen Potentials, von dem ausgegangen werden kann, dass es tatsächlich genutzt wird. Unter Umständen ist das erschließbare Potential – aufgrund von Subventionierungen – auch größer als das wirtschaftliche Potential. Wegen mangelnder Informationen, rechtlichen oder administrativen Begrenzungen oder limitierenden Herstellungskapazitäten ist das erschließbare Potential zumeist kleiner als das wirtschaftliche Potential.

Im Folgenden wird nur das technische Potential betrachtet. Bei der Ermittlung des wirtschaftlichen und des erschließbaren Potentials ist eine exakte Betrachtung der Vorort bestehenden Randbedingungen nötig. Daher sind zur Ermittlung der wirtschaftlichen und erschließbaren Potentiale konkrete Machbarkeitsstudien im Rahmen der Projektumsetzung nötig. Bei der Ermittlung des technischen Potentials, welches im Mittelpunkt der nachfolgenden Betrachtungen stehen soll, wird grundsätzlich von Anlagenkonzepten bzw. Systemen ausgegangen, welche derzeit Stand der Technik sind. Bei der Potentialabschätzung müssen vielfach Annahmen getroffen werden, welche einen großen Einfluss auf die Höhe des jeweiligen Energieträgerpotentials haben. So erfahren beispielsweise Biomassen konkurrierende Nutzungen (energetisch und stofflich, Nahrungs- und Futtermittel). Innerhalb der energetischen Nutzung wiederum können Biomassen in Feuerungsanlagen oder Biogasanlagen Verwendung finden (z.B. Stroh). Ähnliches gilt für das Solarpotential, welches zur Wärmegewinnung (Solarthermie) oder zur Stromproduktion (Photovoltaik) genutzt werden kann. Auch ist die Ableitung des Energiegehalts von vielen Faktoren (z.B. Wassergehalt, Heizwert) abhängig, welche nachfolgend durch Annahmen abgeschätzt werden müssen. Daher können sich die jeweiligen Energiepotentiale je nach getroffener Annahme, in die eine oder andere Richtung verschieben.

Die im Folgenden ausgeführten Potenziale werden aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit mit dem Ist-Bedarf verglichen.

## 4.2 Einsparpotentiale

Die Möglichkeiten zur Einsparung von Heizenergie und Warmwasser hängen von verschiedenen Faktoren ab, insbesondere von der Gebäudenutzung (z. B. Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus oder Nichtwohngebäude), dem Baujahr und dem aktuellen Sanierungszustand. Basierend auf diesen Kriterien lassen sich Zielwerte für den Wärmebedarf definieren, die durch umfassende Sanierungsmaßnahmen erreicht werden können. Entsprechende Vorgaben und Empfehlungen wurden dem Technikkatalog [3] entnommen.

Auf Grundlage der vorangegangenen Bestandsanalyse wurde das technisch maximale Einsparpotential für den Wärmebedarf bestehender Gebäude (Wohngebäude, büroähnliche Nutzung und GHD) anhand des Technikkatalogs berechnet. Hierbei werden alle Gebäude berücksichtigt, die über den angestrebten Zielwerten liegen. Allerdings geht diese Berechnung davon aus, dass sämtliche Gebäude vollständig saniert werden – was in der Realität oft nicht der Fall sein wird.

Für eine realistische Einschätzung der Einsparmöglichkeiten müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, darunter:

- **Bauliche und wirtschaftliche Einschränkungen:** Nicht alle Gebäude können problemlos saniert werden. Denkmalgeschützte oder technisch schwer modernisierbare Gebäude sowie wirtschaftliche Aspekte beeinflussen die Umsetzbarkeit.
- **Effizienz der Wärmeversorgung:** Damit Gebäude effizient beheizt werden können, sollte die Sanierung auf Niedertemperaturheizsysteme (max. 55 °C Vorlauftemperatur) ausgerichtet sein.
- **Sanierungsentscheidungen und Einflussfaktoren:** Ob und wann Sanierungen durchgeführt werden, entscheiden die Eigentümerinnen und Eigentümer individuell. Häufig erfolgt dies anlassbezogen, beispielsweise bei einem Eigentümer- oder Mieterwechsel oder wenn ohnehin Renovierungen geplant sind. Dabei spielen gesetzliche Vorgaben und finanzielle Anreize eine große Rolle.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird jedem Gebäude ausgehend von seiner Baualtersklasse und Gebäudenutzung separat sein Sanierungspotential zugewiesen. Hierzu wurden die jährlichen Reduktionswerte des Technikkatalogs [3] verwendet. Es werden zwei Szenarien **Energieeffizienz hoch und niedrig** [3] unterschieden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 18 dargestellt. Bei vollständiger Nutzung der Sanierungspotentiale kann in Abhängigkeit von der Sanierungstiefe bzw. vom erzielten Effizienzstandard der Wärmebedarf bis 2045 auf 34,76 bzw. 40,26 GWh/a reduziert werden. Dies entspricht einer Reduktion von 18 – 29 %. Gemäß dem Technikkatalog [4] entsprach die mittlere Reduktion von 2016 bis 2024 bei Einfamilienhäusern ca. 0,8 %/a und bei Mehrfamilienhäusern sowie Nichtwohngebäuden ca. 1,0 %/a. So liegt dieses Einsparpotential bei ca. 18 % auf 40,11 GWh/a bis 2045.

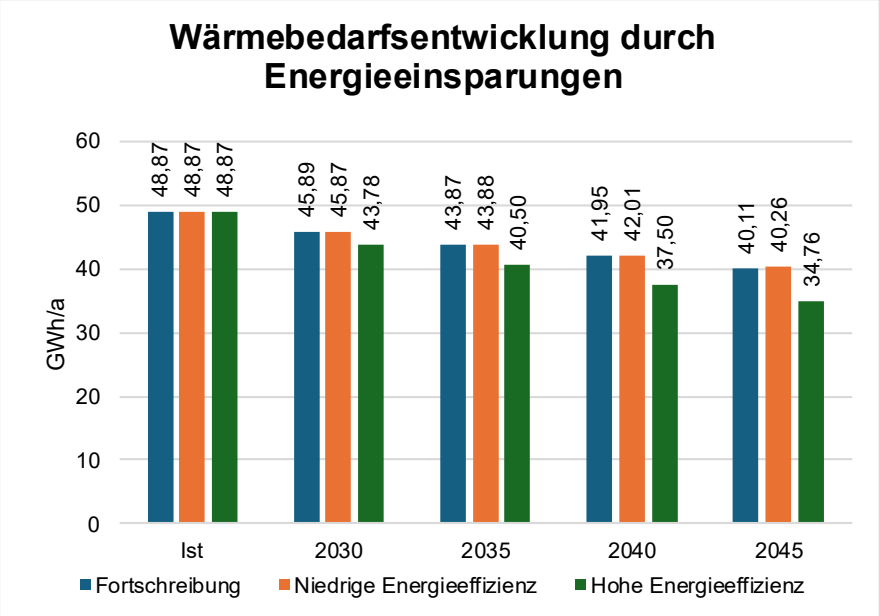



Abbildung 18: Wärmebedarfsentwicklung durch Energieeinsparungen

In Abbildung 19 und Abbildung 20 sind die Einsparpotentiale kartografisch dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Einsparpotentiale dort am höchsten sind, wo vorwiegend Gebäude älteren Baujahres oder Nichtwohngebäude angesiedelt sind (vgl. Abbildung 5).

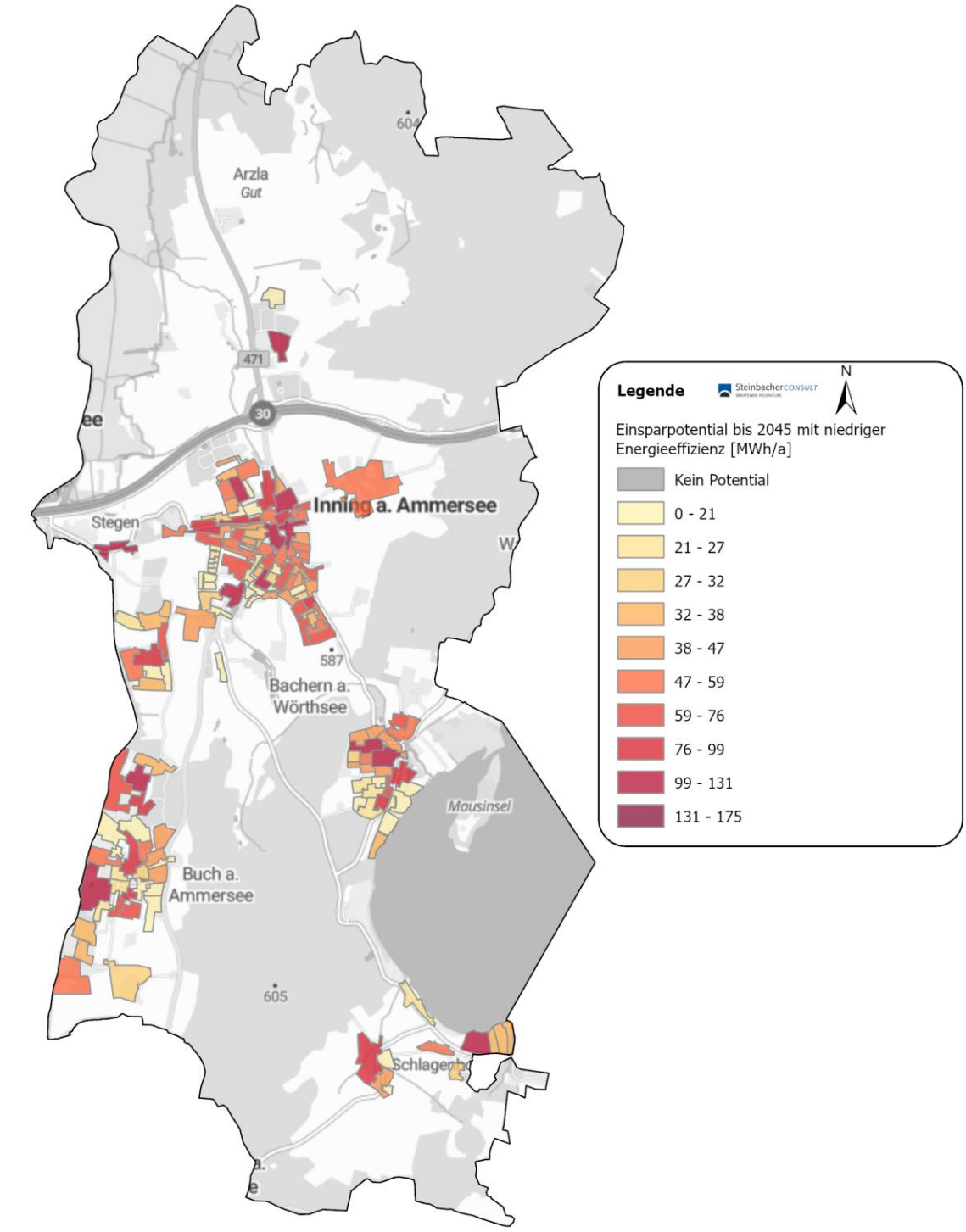
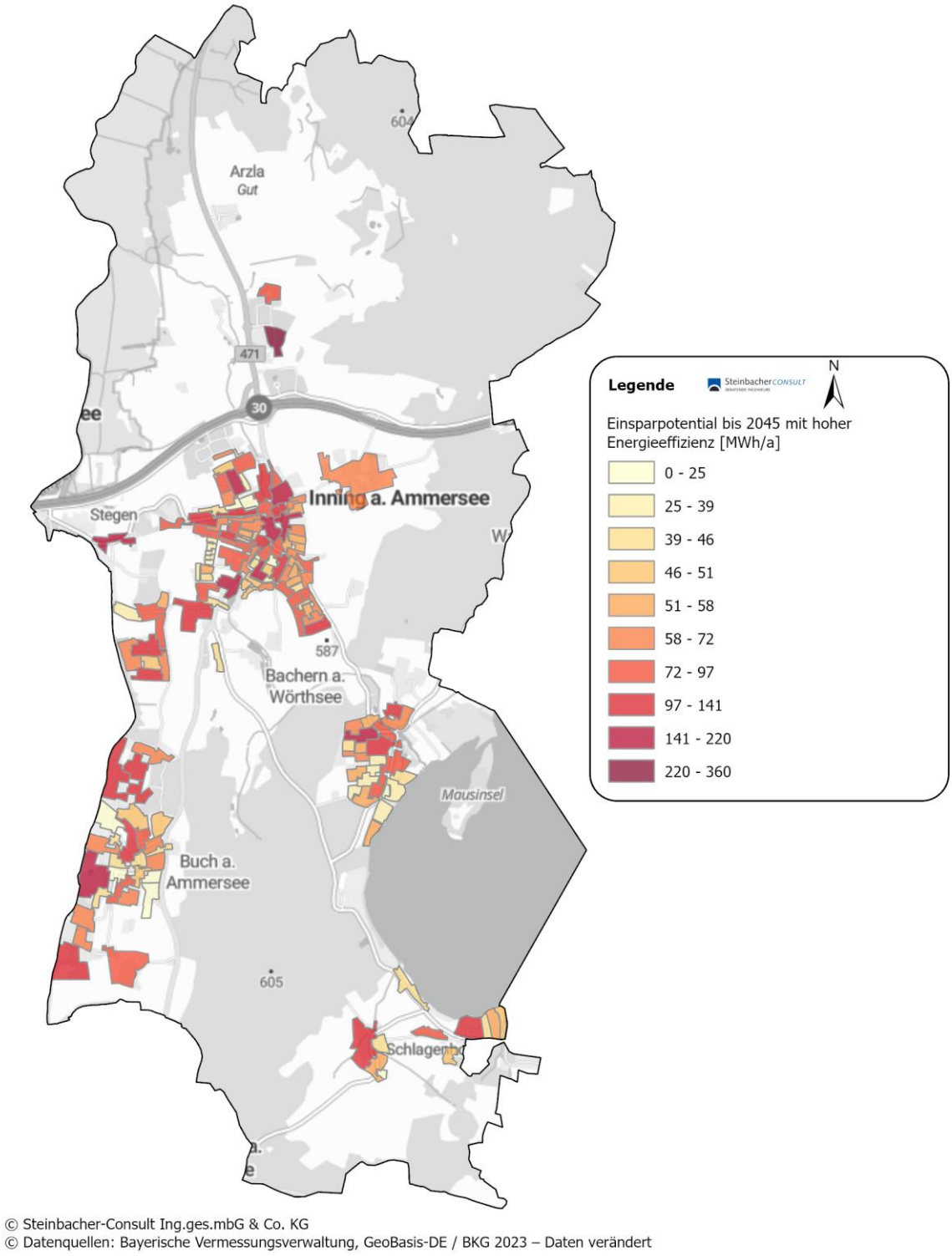



Abbildung 19: Einsparpotential durch Bedarfsreduktion „niedrige Energieeffizienz“




© Steinbacher-Consult Ing.ges.mbG & Co. KG
© Datenquellen: Bayerische Vermessungsverwaltung, GeoBasis-DE / BKG 2023 – Daten verändert

Abbildung 20: Einsparpotential durch Bedarfsreduktion „hohe Energieeffizienz“

## 4.3 Solarenergie

### 4.3.1 Dachflächen

Für den Landkreis Starnberg wurde ein Solardachkataster [6] erstellt. Das Solarpotenzial wurde auf Basis eines hochauflösenden digitalen Oberflächenmodells ermittelt, das Dachformen und Umgebung abbildet. Die Dächer wurden dafür in einheitliche Teilflächen zerlegt und deren Einstrahlung sowie Verschattung berechnet. Unter Einbezug der jährlichen Einstrahlungswerte wurde so das nutzbare Solarpotenzial je Dachfläche bestimmt, während stark verschattete Bereiche ausgeschlossen wurden. Aufgrund der geringen solaren Einstrahlung im Winter wird Solarthermie häufig voranging zur Unterstützung der Warmwasserbereitung eingesetzt. Entsprechend wird das Solarthermie-Potential auf das Deckungsziel von 50 % des Warmwasserbedarfs für private Haushalte begrenzt. Dabei ist zu beachten, dass für das Photovoltaik-Potential und das Solarthermie-Potential auf den gleichen Dachflächen basiert. Entsprechend ist eine volle Ausschöpfung beider Potentiale gleichzeitig nicht möglich. Das Solarthermie-Potential berücksichtigt ausschließlich das Wasserbereitungspotential.

Die technischen Potenziale sind in Abbildung 21 dargestellt. So könnten maximal 57,31 GWh/a durch Photovoltaik oder 213,78 GWh/a bzw. 2,31 GWh/a bei 60% Deckungsanteil des Warmwasserbedarf durch Solarthermieanlagen erzeugt werden. Aktuell werden ca. 5 % des verfügbaren Potenzials für Photovoltaik genutzt. Folglich besteht hier noch großes Ausbaupotenzial.

Zu berücksichtigen ist hier insbesondere, dass bei der Ausweisung der Potenziale die individuelle Eignung (z.B. Statik, Installationsmöglichkeiten etc.) nicht berücksichtigt sind. Zudem werden die Potenziale insbesondere im Sommer zur Verfügung stehen, wo der Wärmebedarf entsprechend gering ist. Es besteht folglich eine große Diskrepanz zwischen Angebot und Bedarf. Zudem stehen beide Potenzialarten in Konkurrenz zueinander, d.h. ein m² Fläche kann entweder nur für Photovoltaik oder Solarthermie genutzt werden. Der PV-Strom hat insbesondere für die Nutzung bei Wärmepumpen eine Relevanz.

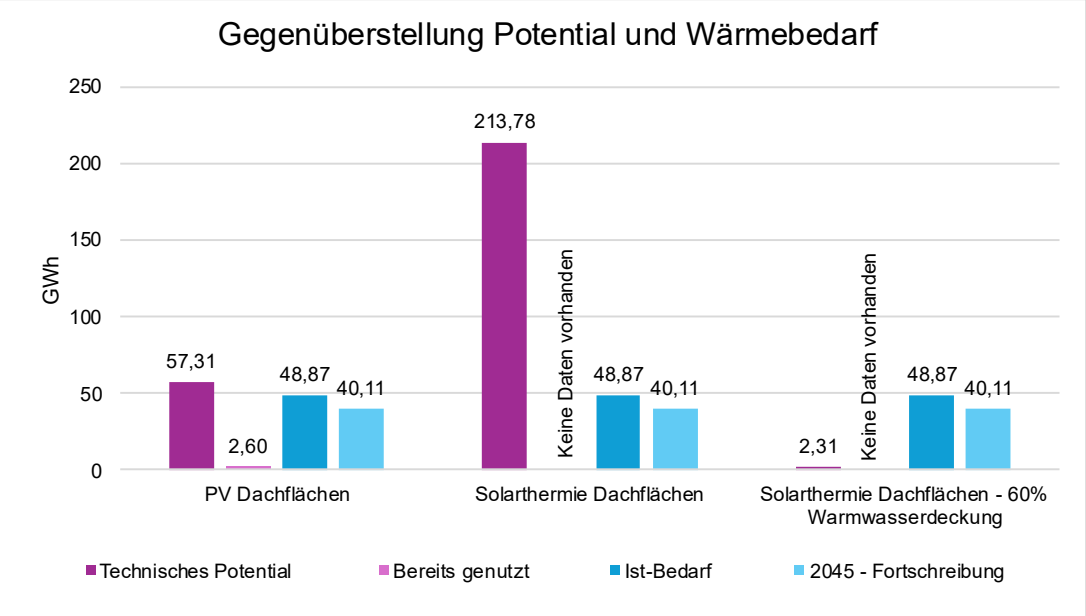



Abbildung 21: Dachflächenpotenzial

## 4.4 Geothermie

### 4.4.1 Allgemeines

Geothermische Energie oder Erdwärme wird definiert als die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde. Die Erdwärme stammt dabei zu etwa einem Drittel aus der Bildungszeit der Erde und zu etwa zwei Dritteln aus dem natürlichen radioaktiven Zerfall in der Erdkruste. Durch das Temperaturgefälle zwischen Erdinnerem und Erdoberfläche wird Erdwärme ständig aus der Tiefe „nachgeliefert" (geothermischer Wärmefluss). Im oberflächennahen Bereich (bis ca. 10 bis 20 m Tiefe) wird der Wärmehaushalt durch die Sonneneinstrahlung sowie durch Sicker- und Grundwässer beeinflusst. In diesem Bereich ist die Temperatur jahreszeitenabhängig. In Tiefen ab etwa 20 m ist die Temperatur jahreszeitenunabhängig und relativ konstant. Der geothermische Gradient, also die Temperaturzunahme mit der Tiefe liegt in weiten Teilen Bayerns bei ca. 3 °C pro 100 m. Unter Geothermie wird die technische Nutzung dieser natürlichen Erdwärme zur Energiegewinnung verstanden.

Einsatzgebiete von geothermischen Anlagen sind:

- Wärmeversorgung von einzelnen Gebäuden oder an Nah- bzw. Fernwärmenetze angeschlossene Siedlungs- und Gewerbe- bzw. Industriegebiete
- Kühlung von Gebäuden und Industrieanlagen
- Wärme- und Kältespeicherung im Untergrund

Der große Vorteil der Geothermie ist, dass sie im Gegensatz zu anderen regenerativen Energieträgern wie beispielsweise Solar- und Windenergie unabhängig von der Tages- bzw. Jahreszeit und meteorologischen Verhältnissen kontinuierlich Energie liefern kann.

Unterteilt wird die Geothermie in oberflächennahe Geothermie und in Tiefengeothermie:

- Oberflächennahe Geothermie: Erdwärmenutzung bis ca. 400 m Tiefe
- Tiefengeothermie: Erdwärmenutzung ab etwa 400 m Tiefe bis hin zu mehreren 1.000 m Tiefe. Die derzeit technische Grenze liegt bei ca. 7.000 m.

Bei der oberflächennahen Geothermie ist aufgrund der niedrigen vorliegenden Temperaturen von durchschnittlich 8 – 12 °C der Einsatz einer Wärmepumpe erforderlich, um die Temperatur auf ein nutzbares Niveau anzuheben. Je niedriger sich das benötigte Temperaturniveau darstellt, desto effizienter kann die Wärmepumpe betrieben werden. Demnach ist die Nutzung von oberflächennaher Geothermie insbesondere in Gebäuden mit niedrigen Vorlauftemperaturen (Flächenheizung) sinnvoll. Folglich bietet sich diese Energieform insbesondere bei Neubauten an.

Die Nutzung oberflächennaher Erdwärme kann durch drei verschiedene Systeme erfolgen:

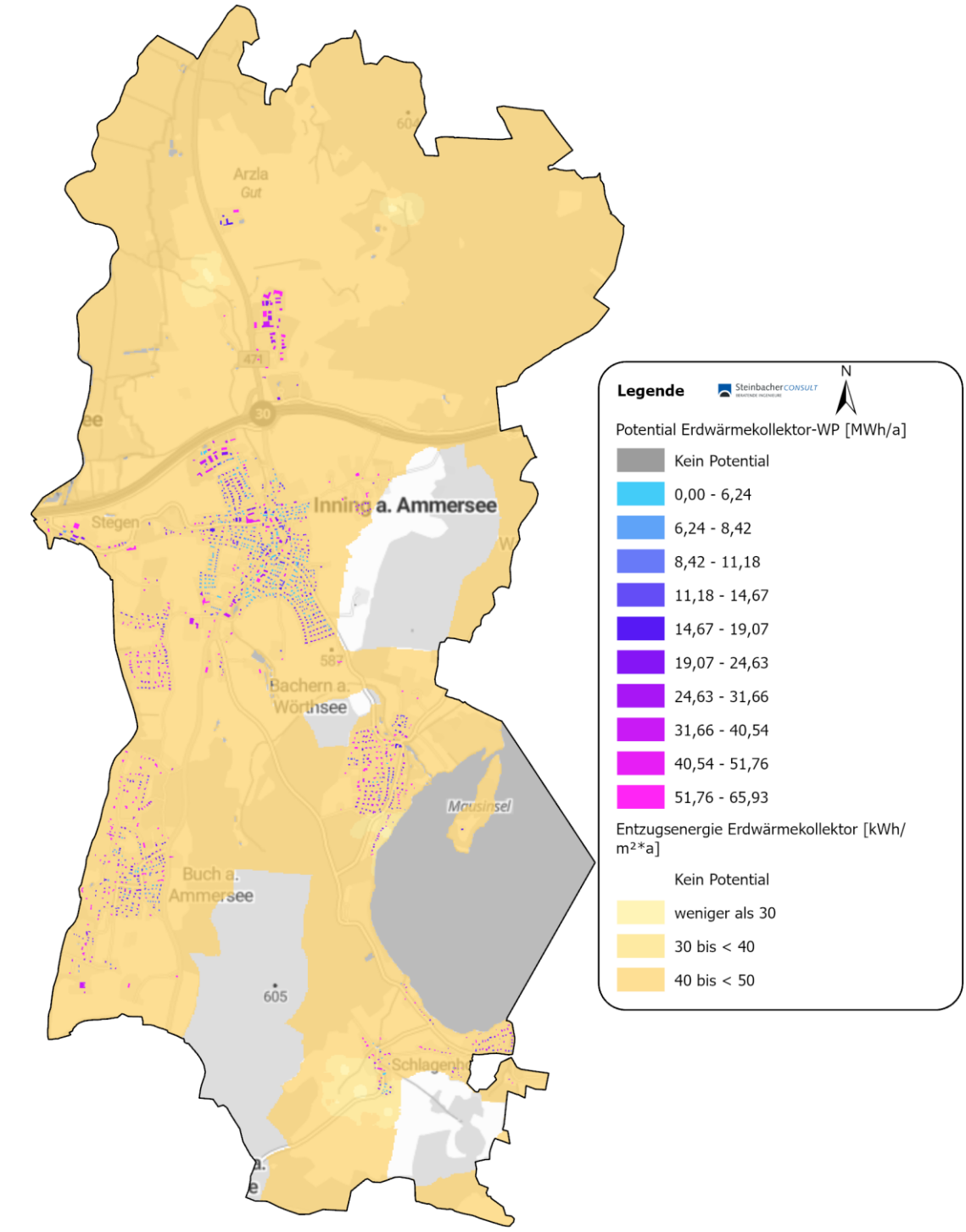
- Erdwärmekollektoren: horizontal, in etwa ein bis zwei Metern Tiefe eingebrachte Flächenkollektoren
- Erdwärmesonden: vertikal bis in einer Tiefe von etwa 200 m eingebaute Wärmetauscher
- Grundwasserbrunnen

### 4.4.2 Erdwärmekollektoren

Die Wärme, welche von Erdwärmekollektoren genutzt wird, stammt im Wesentlichen aus der von der Sonne eingestrahlten Energie (indirekte Nutzung der Sonnenenergie). Der geothermische Wärmefluss kann hingegen vernachlässigt werden. Deshalb sind Erdwärmekollektoren beinahe unbegrenzt einsetzbar, soweit es die Platzverhältnisse zulassen. Die Temperaturen sind allerdings stark jahreszeitlich abhängig und liegen in der Regel zwischen 0 und +10°C. Daraus ergibt sich der Nachteil, dass im Winter beim größten Wärmebedarf ungünstige Wärmekollektortemperaturen vorliegen. Zu beachten ist des Weiteren, dass die Kollektorflächen nicht überbaut bzw. versiegelt werden dürfen. Aufgrund des hohen Platzbedarfs (etwa 1,5 – 2- fache beheizte Fläche) werden heute häufig auch sogenannte Erdwärmekörbe eingebaut. Eine wasserrechtliche Genehmigung ist nur in Ausnahmefällen erforderlich.

Zur Potentialermittlung wurde die thermische Entzugsenergie aus dem Energieatlas Bayern [7] herangezogen und jedem bebauten Grundstück ein individuelles Potential zugewiesen (vgl. Abbildung 22). Die verfügbaren Flächen wurden wie folgt ermittelt:

- Mindestabstand zu Gebäude 1 m
- Abstand zu Grundstücksgrenze 1 m.
- Pauschaler Abminderungsfaktor 0,6 (wegen überbauter bzw. nicht nutzbarer Fläche)




© Steinbacher-Consult Ing.ges.mbG & Co. KG
© Datenquellen: Bayerische Vermessungsverwaltung, GeoBasis-DE / BKG 2023 – Daten verändert

Abbildung 22: Entzugsenergie Erdkollektoren

Für die Berechnung des technischen Potentials wird für die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl JAZ = 3,15 gemäß Technikkatalog angenommen.

In Abbildung 23 ist das Potential für Erdwärmekollektoren dargestellt. In Summe könnten 36,00 $GWh_{th}/a$ durch Erdwärmekollektoren generiert werden, was etwa 74 % des aktuellen Bedarfs entspricht.

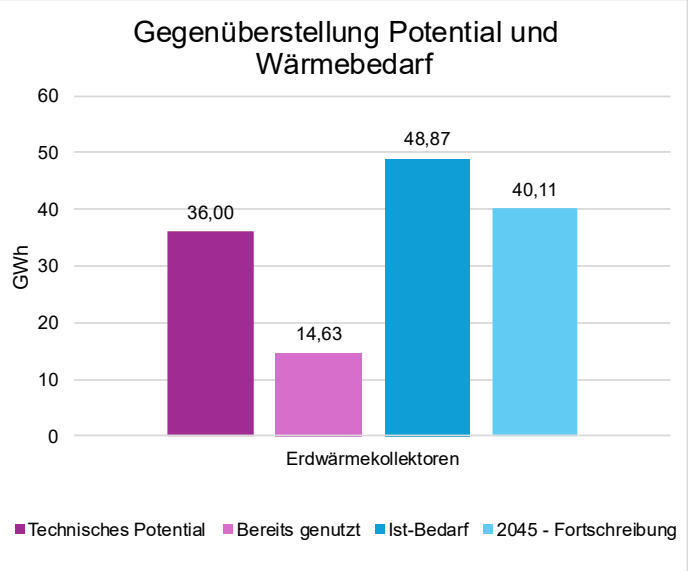



Abbildung 23: Potential Erdkollektoren

### 4.4.3 Erdwärmesonden

Erdwärmesonden nutzen den geothermischen Wärmefluss und arbeiten mit weitgehend konstanten Temperaturbedingungen. Erdwärmesonden benötigen stets eine Bohr- und Nutzungsanzeige bei der Kreisverwaltungsbehörde. Sind sie ins Grundwasser eingebracht, benötigen sie zusätzlich eine wasserrechtliche Erlaubnis. In Wasserschutzgebieten ist ihr Einsatz unzulässig. Der Einsatz von Erdwärmesonden ist in großen Teilen Bayerns prinzipiell möglich. Allerdings ist die nutzbare Wärmemenge stark vom Untergrund abhängig. So weisen beispielsweise trockene Sande und Kiese eine äußerst schlechte Wärmeleitfähigkeit auf. Neben der Bodenbeschaffenheit sind insbesondere der Schichtenaufbau und die Grundwasserverhältnisse von entscheidender Bedeutung.

Zur Potenzialermittlung wurde die thermische Entzugsleistung aus dem Energieatlas Bayern [7] herangezogen und jedem bebauten Grundstück ein individuelles Potenzial zugewiesen (vgl. Abbildung 24). Die Anzahl an möglichen Sonden pro Grundstück wurden wie folgt ermittelt:

- Mindestabstand zu Gebäude 1 m
- Abstand zu Grundstücksgrenze 3 m.
- Abstand zwischen den Sonden 6 m.

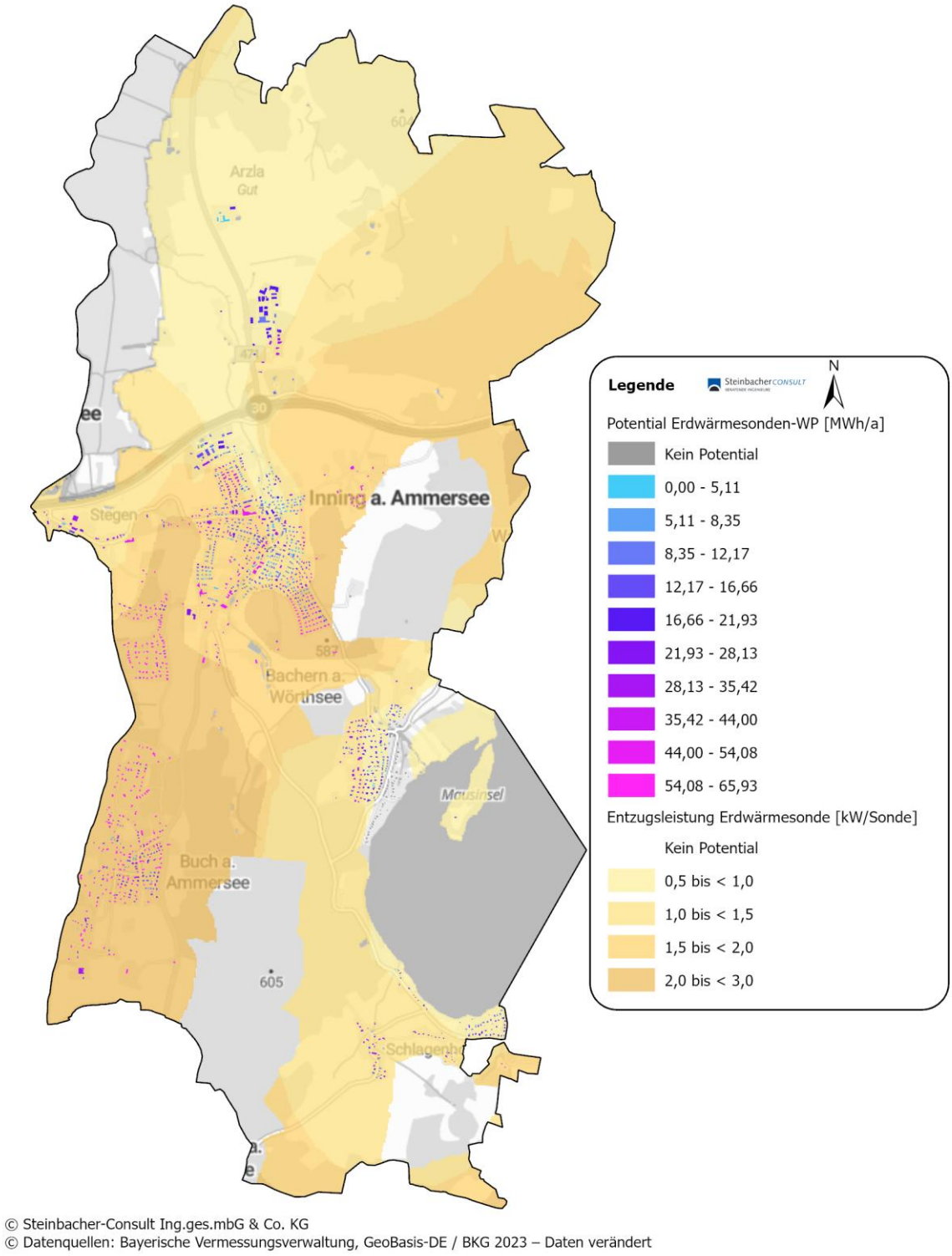



Abbildung 24: Entzugsleistung Erdsonden

Für die Berechnung des technischen Potenzials wird für die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl JAZ = 3,15 gemäß Technikkatalog angenommen.

In Abbildung 25 ist das Potenzial für Erdwärmesonden dargestellt. Es ist zu erkennen, dass ca. 41,36 $GWh_{th}$/a durch Erdwärmesonden generiert werden könnten, womit ca. 85 % des aktuellen Bedarfs gedeckt werden könnte.

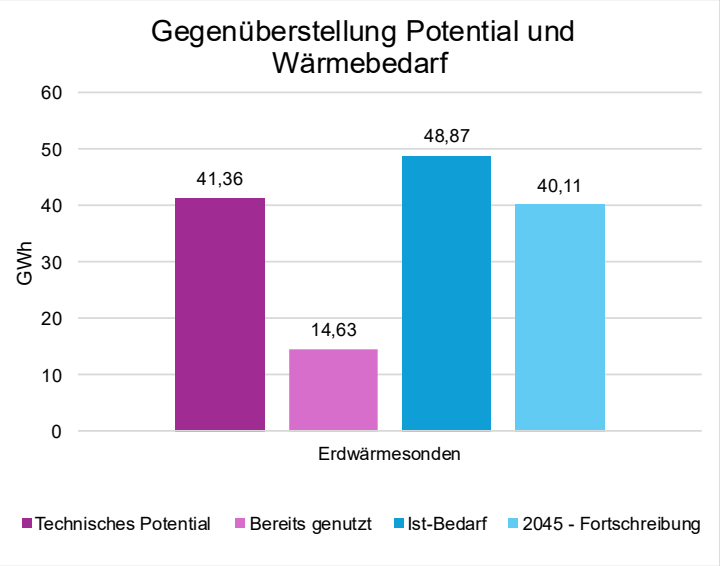



Abbildung 25: Potenzial Erdsonden

### 4.4.4 Grundwasserbrunnen

Bei der Nutzung von oberflächennaher Geothermie über Grundwasserbrunnen wird das oberflächennahe Grundwasser über einen Förderbrunnen dem Grundwasserleiter (Aquifer) entnommen, direkt zur Wärmepumpe gefördert und über einen Schluckbrunnen dem Aquifer wieder zugeführt. Um einen thermischen Kurzschluss zu verhindern, müssen die beiden Brunnen in einem ausreichend großen Abstand in Fließrichtung gebohrt werden. Das Temperaturniveau im Grundwasser ist über das Jahr hinweg relativ konstant und auf einem meist vergleichsweise hohen Temperaturniveau von ca. 8 – 10 °C. Aus diesem Grund können Grundwasserbrunnen-Wärmepumpen hohe Jahresarbeitszahlen und damit wirtschaftliche Vorteile gegenüber Erdwärmesonden-Wärmepumpen erreichen. Die Wirtschaftlichkeitsgrenze von Grundwasserbrunnen liegt aufgrund der mit der Tiefe steigenden Brunnenbau- und Betriebskosten je nach Anlage und Standortverhältnissen erfahrungsgemäß bei 20 - 50 m. Wie bei den Erdwärmesonden ist eine wasserrechtliche Erlaubnis nach WHG bzw. BayWG erforderlich. In Wasserschutzgebieten ist ihr Einsatz unzulässig. Auch ist in jedem Falle ein hydrogeologisches Ingenieurbüro hinzuziehen. Zu beachten ist neben der Untergrundbeschaffenheit insbesondere die Grundwasserbeschaffenheit (Grundwasserstand, -temperatur und Grundwasserzusammensetzung, etc.).

Zur Potentialermittlung wurde die thermische Entzugsenergie aus dem Energieatlas Bayern [7] herangezogen und jedem bebauten Grundstück ein individuelles Potential zugewiesen (vgl. Abbildung 26). Die Analyse pro Grundstück wurden wie folgt durchgeführt:

- Mindestabstand zu Gebäude 3 m
- Abstand zu Grundstücksgrenze 5 m.
- Abstand zwischen den Brunnen 10 m.

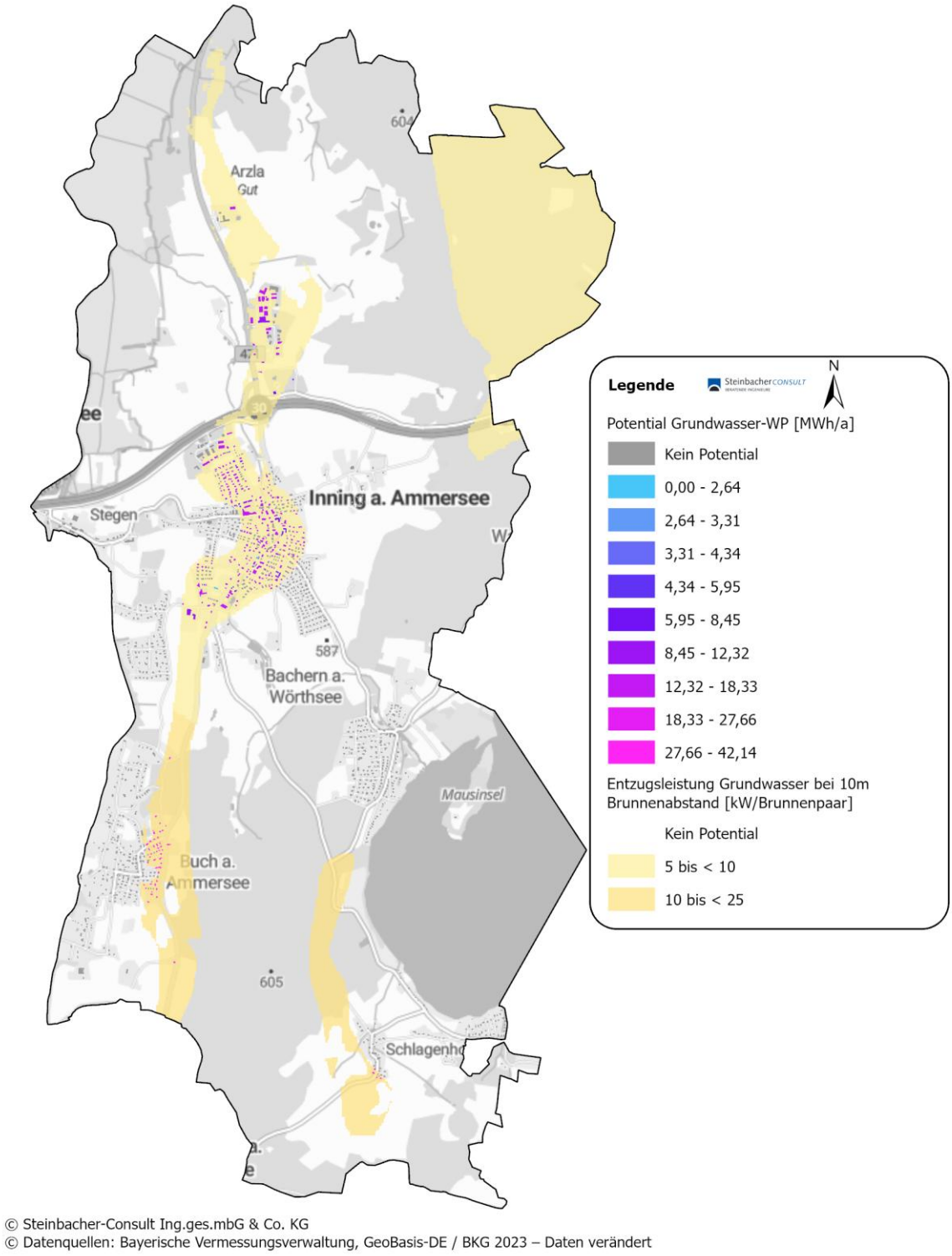



Abbildung 26: Entzugsenergie Grundwasserbrunnen

Für die Berechnung des technischen Potentials wird für die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl JAZ = 3,96 gemäß Technikkatalog angenommen.

In Abbildung 27 ist das Potential für Grundwasserwärmepumpen dargestellt. In Summe könnten ca. 7,16 $GWh_{th}$/a durch Grundwasser generiert werden, was ca. 15 % des aktuellen Bedarfs entspricht.

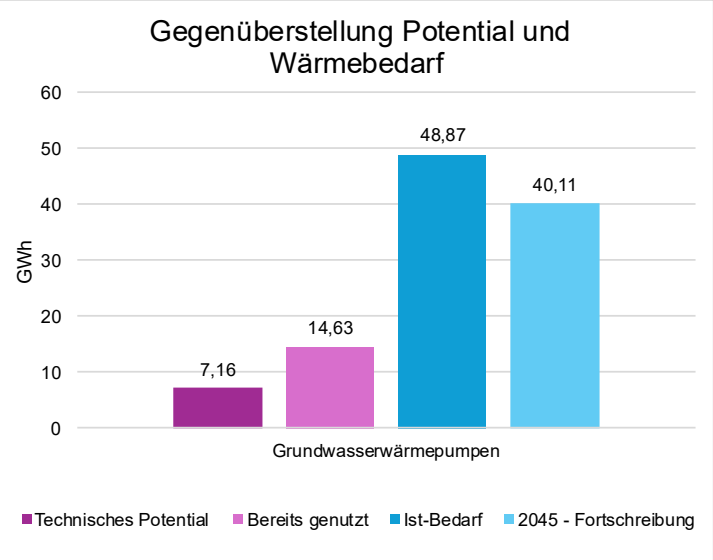



Abbildung 27: Potential Grundwasserbrunnen

### 4.4.5 Tiefengeothermie

Die Nutzung von Tiefengeothermie hängt im Wesentlichen davon ab, ob ein Grundwasserleiter mit ausreichend hohen Temperaturen von ca. 80 °C bis 150 °C und einer entsprechenden Ergiebigkeit vorliegt. Die bei der Tiefengeothermie anfallende Wärme kann wegen des ausreichend hohen Temperaturniveaus direkt über Wärmetauscher an den Heizkreislauf abgegeben werden.

Laut Energieatlas Bayern [7] liegt die Temperatur in 2.000 m Tiefe bei ca. 90 °C (vgl. Abbildung 28). Für eine genauere Abschätzung wären aufwendige geologische Untersuchungen notwendig. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird aufgrund der hohen Investitionskosten und der geringen Abnahmestruktur in Inning die tiefe Geothermie nicht weiter vertieft untersucht.

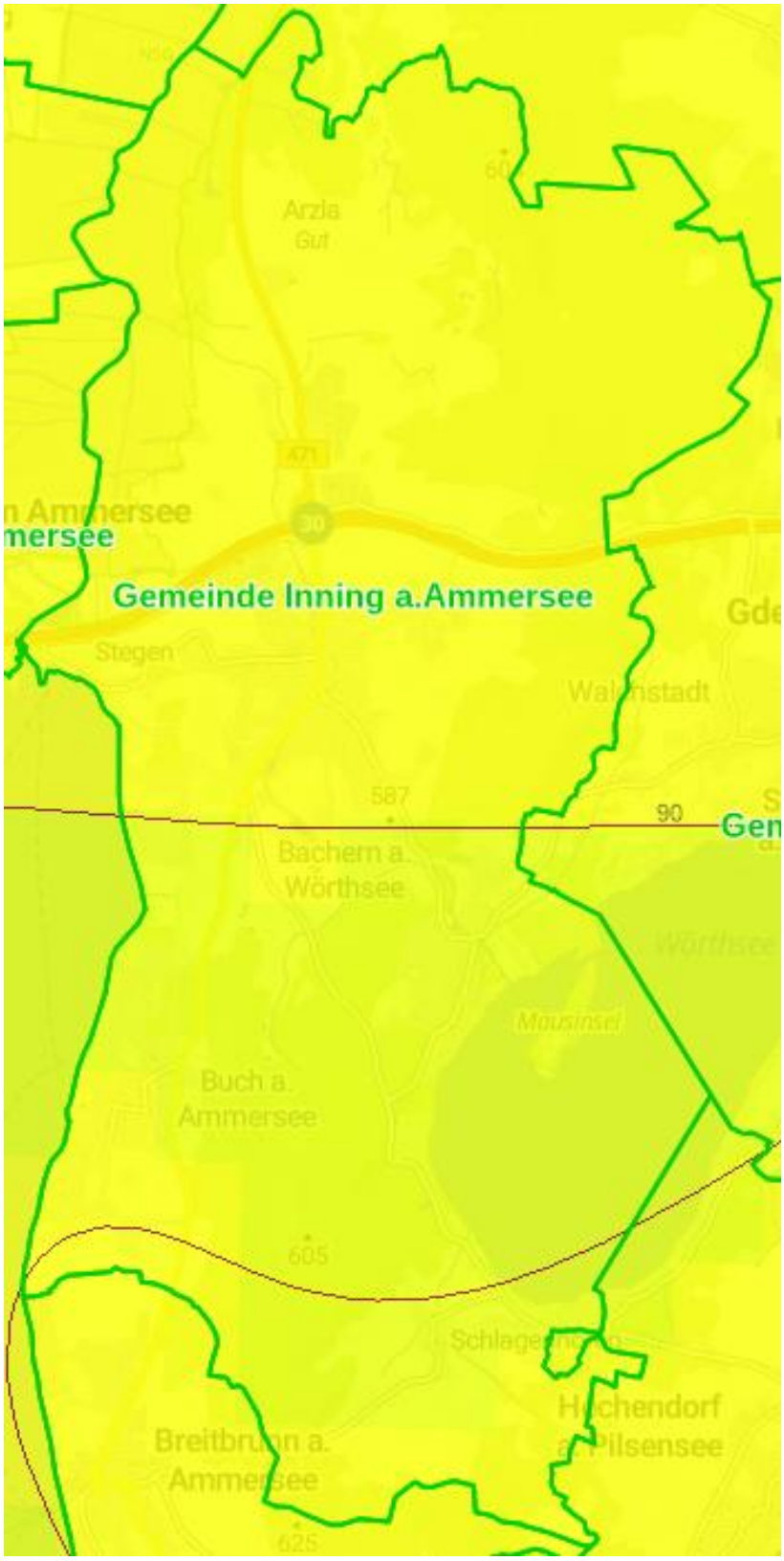



Abbildung 28: Temperatur in 2.000 m Tiefe nach [7]

## 4.5 Biomasse (Holz)

Bei der Ermittlung des Potentials werden das Wald- und Waldrestholz, Kurzumtriebsplantagen und Flur-/Siedlungsholz betrachtet.

Für Waldderbholz gibt der Energieatlas Bayern [7] ein Potential von 5.111 MWh/a für Inning an.

Für Kurzumtriebsplantagen gibt der Energieatlas Bayern [7] ein Potential von 29,8 ha (= 3,4 % der landwirtschaftlichen Fläche) bzw. 1.606 MWh/a an.

Für Flur- und Siedlungsholz gibt der Energieatlas Bayern [7] ein Potential von 2.306 MWh/a für Inning an.

In Summe liegt das Potential an holziger Biomasse dann bei 9,02 $GWh_{th}$/a. Dies entspricht etwa 18 % des aktuellen Bedarfs (vgl. Abbildung 29). Aktuell werden bereits 4,07 GWh/a verwendet.

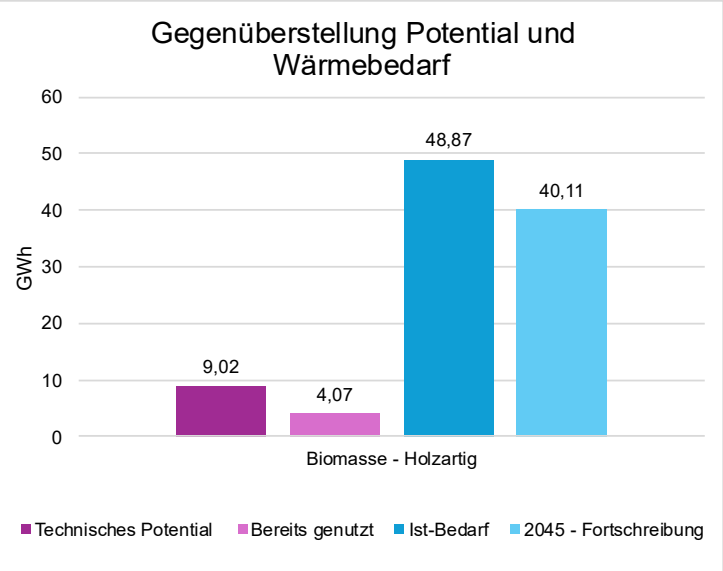



Abbildung 29: Potential Biomasse (Holz)

## 4.6 Biomasse (Biogas)

Für Biogas gibt der Energieatlas Bayern [7] ein Potential von 6.753 MWh/a an. Davon entfallen 2.651 MWh/a auf Erntehauptprodukte, 97 MWh/a auf Erntenebenprodukte, 686 MWh auf organischen Abfall und 3.319 MWh/a auf Gülle und Festmist. Somit könnte das Biogaspotential etwa 14 % des aktuellen Bedarfs decken (vgl. Abbildung 29). Dabei steht das Potential für Wärmeanwendung in Konkurrenz zur Verstromung.

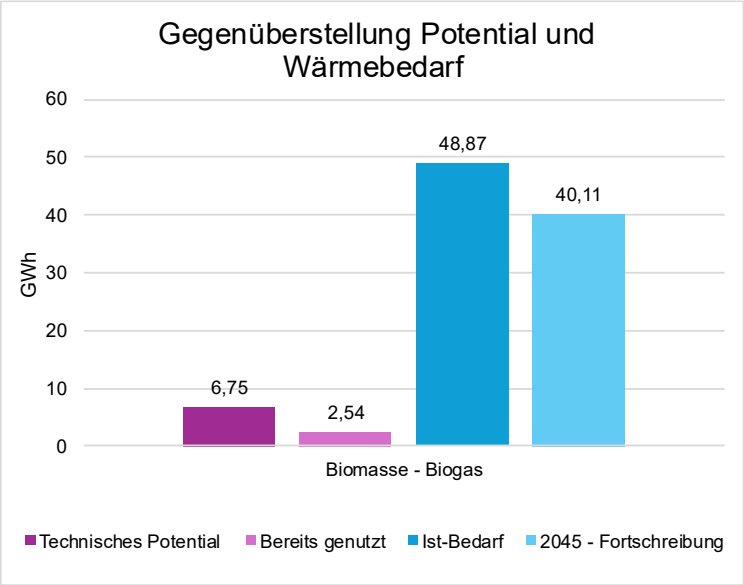



Abbildung 30: Potential Biomasse (Biogas)

## 4.7 Luftwärme

Selbst die Umgebungsluft stellt eine wertvolle und nahezu unbegrenzt verfügbare Energiequelle für die Wärmeversorgung dar. Durch den Einsatz von Wärmepumpen kann die in der Luft enthaltene thermische Energie entzogen, auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und für Heiz- und Warmwasserzwecke genutzt werden.

Da die Umgebungsluft in unerschöpflicher Menge vorhanden ist, lässt sich ihr Potential nicht durch feste Kapazitätsgrenzen quantifizieren. Dennoch gibt es bei der praktischen Umsetzung einige wesentliche Herausforderungen zu berücksichtigen. Einerseits spielen technische und wirtschaftliche Faktoren eine Rolle, insbesondere in Bezug auf die Effizienz der Wärmepumpe bei unterschiedlichen Außentemperaturen. Die Leistungsfähigkeit sinkt beispielsweise in kalten Wintermonaten, wenn die Temperaturdifferenz zwischen der Außenluft und der gewünschten Vorlauftemperatur größer wird. Dadurch kann der Stromverbrauch steigen, was sich auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage auswirkt.

Zusätzlich sind baurechtliche Vorgaben zu beachten. Insbesondere Mindestabstände zu benachbarten Grundstücken können relevant sein, da Wärmepumpen durch ihre Ventilatoren Geräuschemissionen verursachen, die in Wohngebieten streng reguliert werden können. In dicht besiedelten Gebieten ist daher eine sorgfältige Planung erforderlich, um Lärmschutzanforderungen einzuhalten und Anwohner nicht zu beeinträchtigen.

Trotz dieser Herausforderungen bietet die Nutzung der Umgebungsluft als Wärmequelle zahlreiche Vorteile. Sie erfordert keine aufwendige Erschließung, wie es bei Erdwärme- oder Grundwassernutzung der Fall ist, und ermöglicht flexible Einsatzmöglichkeiten in Bestandsgebäuden und Neubauten. Damit stellt sie eine wichtige Technologie für eine nachhaltige Wärmeversorgung dar, die zur Reduzierung fossiler Brennstoffe und zur Senkung der $CO_2$-Emissionen beitragen kann.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird davon ausgegangen, dass Luftwärmepumpen nahezu unbegrenzt eingesetzt werden können, außer Mindestabstände von mind. 3 m zum Nachbargrundstück können nicht eingehalten werden.

## 4.8 Seethermie

Wärmepumpen, die Seewasser als Wärmequelle nutzen, funktionieren prinzipiell wie herkömmliche Wärmepumpensysteme im Gebäudebereich. Der Unterschied besteht darin, dass statt Luft, Erdreich oder Grundwasser ein nahegelegener See zur Bereitstellung der Umweltwärme herangezogen wird. Dabei wird dem Wasser Wärme entzogen und mithilfe elektrischer Antriebsenergie auf ein heiztechnisch nutzbares Temperaturniveau angehoben.

Seen weisen aufgrund ihrer hohen spezifischen Wärmekapazität sowie ihrer im Vergleich zur Außenluft deutlich geringeren Temperaturfluktuationen im Jahresverlauf sehr stabile Quelltemperaturen auf. Insbesondere in größeren und tieferen Seen liegen die Temperaturen in den unteren Wasserschichten selbst im Winter meist zwischen 4 und 7 °C. Dies ermöglicht eine effiziente und relativ konstante Wärmeerzeugung über das gesamte Jahr hinweg. Zudem erlauben die günstigen Wärmeübertragungseigenschaften des Wassers kompaktere Wärmetauscher und vermeiden Geräuschemissionen, wie sie bei luftbasierten Systemen durch Ventilatoren auftreten. Im Gegensatz zu Fließgewässern spielt in Seen das natürliche Schichtungsverhalten eine zentrale Rolle. Die Auswahl der Entnahme- und Rückgabetiefe muss an die Gegebenheiten des Sees sowie an jahreszeitlichen, hydrologischen und ökologischen Bedingungen angepasst werden.

In Bayern gibt es bisher noch keine konkreten rechtlichen und fachlichen Vorgaben zu Wärme- bzw. Kälteeinleitung in stehende Gewässer. Die thermische Nutzung von Seen erfordert stets eine sorgfältige Einzelfallprüfung, da Eingriffe in den Wärmehaushalt, die Schichtung und das ökologische Gleichgewicht komplexe Auswirkungen haben können. Grundsätzlich gilt: Eine gewässerverträgliche Nutzung ist in tiefen Seen meist besser möglich als in flachen. Wärmeeinleitungen (Kühlbetrieb im Sommer) sind deutlich kritischer zu bewerten als Kälteeinleitungen (Wärmenutzung im Winter). Ebenso werden Kleinanlagen unter 200 kW als grundsätzlich problematisch angesehen und sollten möglichst vermieden werden, insbesondere wenn mehrere Eingriffe lokal zusammentreffen. Vor jeder Maßnahme ist ein gewässerökologisches Gutachten erforderlich. Entnommenes Wasser darf nur physikalisch verändert werden und der Betrieb erfolgt über geschlossene Zwischenkreisläufe. Gemäß dem Wasserwirtschaftsamt Weilheim gilt ein flächenbezogener Wärmefluss aller Anlagen von < 2 W/m² als voraussichtlich gewässerverträglich. Aufgrund der Begehrlichkeiten der Seeanrainer kann eine Verteilung von Wärmekontingenten bspw. an einen Einwohnerschlüssel gekoppelt werden.

Gemäß diesen Annahmen, einem Einwohneranteil von ca. 11,2 % für Inning und einem mittleren COP von 3 ergibt sich eine thermische Wärmeleistung von ca. 15,7 MW. Dies ergibt bei 3.500 Vollbenutzungsstunden eine erzeugte Wärmemenge von 54,90 GWh, womit ca. 112 % des Wärmebedarfs in Inning gedeckt werden kann (vgl. Abbildung 31). Eine tiefgreifendere thermische Untersuchung des Potentials des Ammersees wurde vom Ökoenergie-Institut Bayern durchgeführt. Parallel dazu hat die Energieagentur KLIMA³ eine Checkliste zur Vorprüfung von Seethermie-Projekten entwickelt [8]. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird aufgrund der hohen Investitionskosten und der geringen Abnahmestruktur in Inning die Seethermie nicht weiter vertieft untersucht.

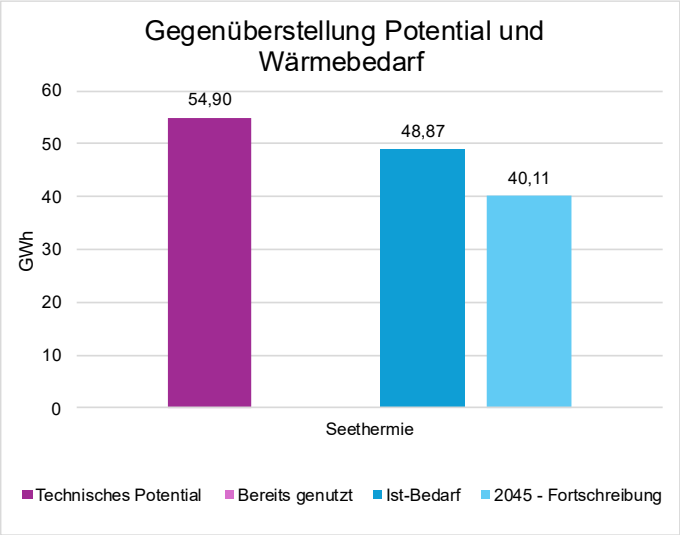



Abbildung 31: Potenzial aus Seethermie

## 4.9 Zwischenfazit Potentialanalyse

In Abbildung 32 sind die Ergebnisse der Potentialanalyse zusammengefasst und dem aktuellen Wärmebedarf sowie dem Wärmebedarf nach Nutzung der Sanierungspotentiale gegenübergestellt.

Wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits erwähnt, handelt es sich bei den Potentialen um technische Maximalpotentiale. In der Realität können diese sicherlich nicht in Gänze gehoben werden.

Folgende Schlussfolgerungen können aus der Potentialanalyse gezogen werden:

- Es steht eine Vielzahl an nutzbaren und noch ungenutzten Potentialen zur Verfügung.
- V.a. oberflächennahe Geothermie, Solarpotentiale und Biomasse interessant

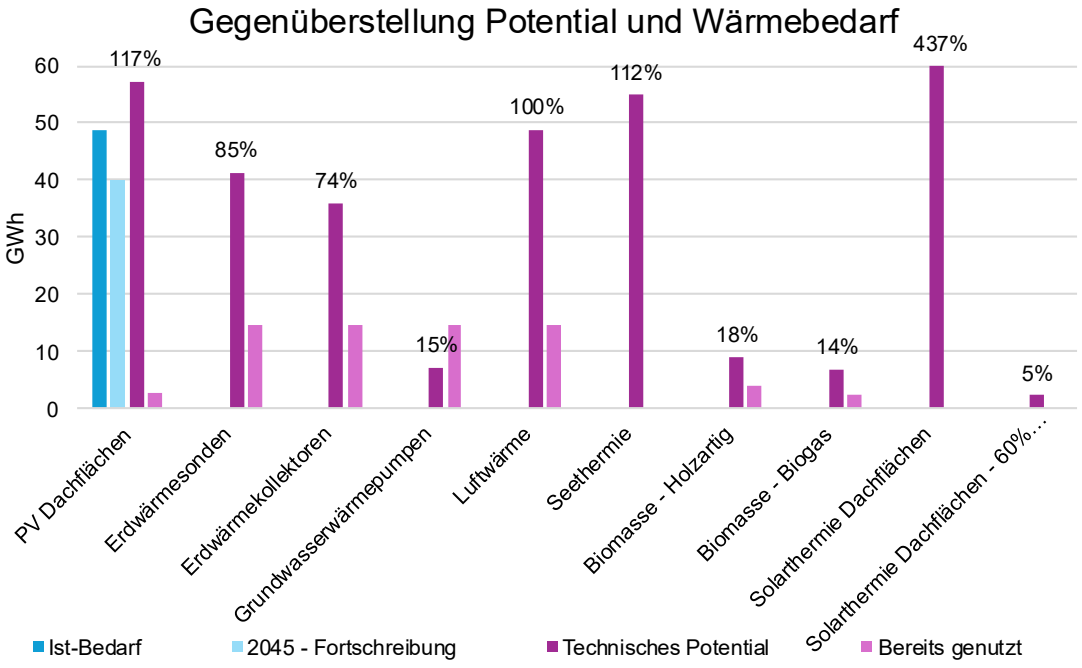



Abbildung 32: Zusammenfassung Potentiale

# 5 Zielszenario und Wärmeversorgungsgebiete

## 5.1 Allgemeines

Aus den Ergebnissen der Bestands- und Potentialanalyse wird im Folgenden ein Zielszenario für das Gebiet der Gemeinde Inning entwickelt.

Beim Zielszenario ist insbesondere auf folgende Reihenfolge zu achten:

### 1. Priorität: Energieeinsparung

Sowohl im Bereich Strom als auch im Bereich Wärme ist vordringlich auf eine Reduktion des Energieverbrauchs hinzuarbeiten. Energieeinsparung ist der wichtigste Ansatzpunkt und der entscheidende Schlüssel im Hinblick auf die Erreichung von Klimaschutzzielen und der Energiewende. Die Potentiale an Erneuerbaren Energien reichen aus, um den derzeitigen Energiebedarf zu decken. Im Bereich Wärme ist insbesondere die Gebäudesanierung voranzutreiben. Auch durch entsprechendes Nutzerverhalten kann Wärmeenergie eingespart werden.

### 2. Priorität: Effizienzsteigerung

Durch die Energieeffizienzsteigerung sollen die verwendeten Energieträger so effizient wie möglich eingesetzt werden. Aus diesem Grund ist insbesondere auf die Nutzung von Abwärme, die Etablierung von Niedertemperaturheizungen und den Einsatz von Anlagen mit möglichst hohem Wirkungsgrad hinzuarbeiten. Dadurch kann der Energiegehalt der eingesetzten Energieträger bestmöglich ausgenutzt werden.

### 3. Priorität: Nutzung Erneuerbarer Energien

Der verbleibende Energiebedarf für Wärme ist so weit wie möglich durch Erneuerbare Energien zu decken.

## 5.2 Gebietseinteilung in der Wärmeplanung

### 5.2.1 Grundlegendes

Basierend auf dem § 18 Abs. 1 WPG „stellt die planungsverantwortliche Stelle mit dem Ziel einer möglichst kosteneffizienten Versorgung des jeweiligen Teilgebiets auf Basis von Wirtschaftlichkeitsvergleichen jeweils differenziert für die Betrachtungszeitpunkte der Jahre 2030, 2035 und 2040 dar, welche Wärmeversorgungsart sich für das jeweilige beplante Teilgebiet besonders eignet. „**Besonders geeignet sind Wärmeversorgungsarten**, die im Vergleich zu den anderen in Betracht kommenden Wärmeversorgungsarten **geringe Wärmegestehungskosten**, **geringe Realisierungsrisiken**, ein **hohes Maß an Versorgungssicherheit** und **geringe kumulierte Treibhausgasemissionen bis zum Zieljahr** aufweisen, wobei die Wärmegestehungskosten sowohl Investitionskosten einschließlich Infrastrukturausbaukosten als auch Betriebskosten über die Lebensdauer umfassen.“ (§18 Abs. 1 WPG)

„Der **Betreiber** eines bestehenden Wärmenetzes oder **eines Gasverteilernetzes** oder der potenzielle Betreiber nach § 7 Absatz 2 Satz 1 Nummer 3 WPG kann der planungsverantwortlichen Stelle nach Maßgabe der nachstehenden Bestimmungen einen **Vorschlag für die Versorgung des beplanten Teilgebiets mittels** eines Wärmenetzes oder eines **Wasserstoffnetzes vorlegen**. Darin stellt er die Annahmen und Berechnungen, die dem Vorschlag zu Grunde liegen, nachvollziehbar und transparent dar.“ (§ 18 Abs. 4 WPG)

„Legt der Betreiber eines bestehenden Gasverteilernetzes oder der potenzielle Betreiber eines Wasserstoffnetzes einen Vorschlag für eine Versorgung des beplanten Teilgebiets über ein Wasserstoffnetz vor, stellt er sicher, dass der Vorschlag im Einklang mit einem vorliegenden oder in Erstellung befindlichen Gasverteilnetzentwicklungsplan steht." (§ 18 Abs. 4 WPG)

„Die planungsverantwortliche Stelle bestimmt für jedes beplante Teilgebiet und differenziert nach den einzelnen voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten nach § 3 Absatz 1 Nummer 6, 18 oder Nummer 23 WPG die Eignungsstufe. Eignungsstufen sind gemäß § 19 Abs. 2 WPG:

1. die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr sehr wahrscheinlich geeignet;
2. die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr wahrscheinlich geeignet;
3. die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr wahrscheinlich ungeeignet;
4. die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr sehr wahrscheinlich ungeeignet."

Dabei werden folgende Gebietstypen unterschieden (gem. § 3 WPG, teilweise als Auszug):

### 5.2.2 Wärmenetzgebiete

Ein beplantes Teilgebiet, in dem ein Wärmenetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wärmenetz versorgt werden soll, wobei innerhalb der Wärmenetzgebiete zu unterscheiden ist:

- Wärmenetzverdichtungsgebiete: beplante Teilgebiete, in denen Letztverbraucher, die sich in unmittelbarer Nähe zu einem bestehenden Wärmenetz befinden, mit diesem verbunden werden sollen, ohne dass hierfür der Ausbau des Wärmenetzes nach Buchstabe b (nachfolgend) erforderlich würde.
- Wärmenetzausbaugebiete: beplante Teilgebiete, in denen es bislang kein Wärmenetz gibt und die durch den Neubau von Wärmeleitungen erstmals an ein bestehendes Wärmenetz angeschlossen werden sollen.
- Wärmenetzneubaugebiete: beplante Teilgebiete, die an ein neues Wärmenetz angeschlossen werden sollen.

### 5.2.3 Wasserstoffnetzgebiete

Ein beplantes Teilgebiet, in dem ein Wasserstoffnetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wasserstoffnetz zum Zweck der Wärmeerzeugung versorgt werden soll.

### 5.2.4 Dezentrale Wärmeversorgungsgebiete

Ein beplantes Teilgebiet, das überwiegend nicht über ein Wärme- oder ein Gasnetz versorgt werden soll.

### 5.2.5 Prüfgebiete

In diesen Bereichen ist die Datenlage noch nicht ausreichend für eine Einteilung.

Diese Einteilung dient als Grundlage für eine effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung auf kommunaler Ebene.

### 5.2.6 Gebiete mit erhöhtem Einsparpotential

In diesen Bereichen besteht erhöhtes Einsparpotential durch Gebäudesanierung. Diese Gebiete können zukünftigen im Rahmen von Sanierungsstrategien schwerpunktmäßig betrachtet werden.

## 5.3 Vorgehensweise zur Gebietseinteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Nach der Bestands- und Potentialanalyse sowie der Beteiligung lokaler Akteure werden die einzelnen Kriterien nach § 18 Abs. 1 WPG wird wie in Tabelle 8 gewichtet.

Tabelle 8: Gewichtung der Kriterien zur Gebietseinteilung

| Kriterium | Gewichtung | Bemerkung |
|---|---|---|
| Geringe Wärmegestehungskosten | 25 % | Gesellschaftlich sehr wichtig, aber für eine langfristige treibhausgasarme und nachhaltige Wärmversorgung nicht der wichtigste Entscheidungspunkt |
| Geringe Realisierungsrisiken | 30 % | Sehr wichtig für die Planungssicherheit, da Eigentümer nur von Wechsel zu überzeugen sind, wenn die Umsetzung realistisch/möglich erscheint. |
| Hohes Maß an Versorgungssicherheit | 35 % | Äußerst wichtig für die Grundversorgung mit Wärme in Hinblick auf die Verlässlichkeit und Ausfallsicherheit, aber auch die Abhängigkeit von Energieimporten/-lieferungen und Verfügbarkeit |
| Geringe kumulierte Treibhausgasemissionen | 10 % | Langfristig hohe Bedeutung mit Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045, aber ob diese schnell oder langsam erreicht wird, hat eine niedrige gesellschaftliche Bedeutung (im Vgl. zu obigen Kriterien). |

Bei den beiden Kriterien „Geringe Wärmegestehungskosten“ und „Geringe kumulierte Treibhausgasemissionen“ handelt es sich um objektive Abschätzungen, bei „Geringe Realisierungsrisiken“ und „Hohes Maß an Versorgungssicherheit“ teilweise um subjektive Einordnungen. Subjektiven Bewertungen sind teilweise von wissenschaftlichen Studien und/oder von energiepolitischen Entscheidungen/Entwicklungstendenzen abhängig.

Die Bewertung einzelner Wärmeversorgungsarten und der obigen Kriterien erfolgt auf folgender Skala.

| Sehr schlecht | Neutral | Sehr gut |
|---|---|---|
| 0 | 5 | 10 |

Für die Einordnung von voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten nach § 19 WPG von sehr wahrscheinlich ungeeignet bis sehr wahrscheinlich geeignet wird folgende Gesamtpunktzahl betrachtet.

Tabelle 9: Bepunktung der Einordnung der Geeignetheit einer Wärmeversorgungsart (§ 19 WPG)

| Einordnung | Punktzahl |
|---|---|
| Sehr wahrscheinlich geeignet | > 7 |
| Wahrscheinlich geeignet | 5 ≤ 7 |
| Wahrscheinlich ungeeignet | 3 ≤ 5 |
| Sehr wahrscheinlich ungeeignet | < 3 |

Für die Abwägung der Geeignetheit einer Wärmeversorgungsart wird zunächst für jeden Baublock die Eignung für ein Wärmenetz anhand der Wärmeliniendichte bei einer Anschlussquote von 60% gemäß Tabelle 10 ermittelt.

Tabelle 10: Bewertungsindikatoren Eignung Wärmenetz nach [9]

| Bewertung der Eignung | Wärmeliniendichte [MWh/(m*a)] | Erwarteter Anschluss-grad im Zieljahr |
|---|---|---|
| Hohe Eignung | „Neubaugebiet“: 1,1–1,5 MWh/m*a<br>„verdichtetes Gebiet“: 1,7–2,0 MWh/m*a | 60 - 95 % |
| Mittlere Eignung | „Neubaugebiet“: 0,7–1,1 MWh/m*a<br>„verdichtetes Gebiet“: 1,3–1,7 MWh/m*a<br>Zusätzliche Hürden zu erwarten: >2 MWh/m*a | 40 - 80 % |
| Geringe Eignung | bis 0,7 MWh/m*a | 20 - 60 % |

Folgende Wärmeversorgungsarten werden für jeden Baublock basierend auf den Ergebnissen der Bestands- und Potenzialanalyse untersucht.

1. Wärmenetz
2. Dezentrale Wärmeversorgung (im Gebietsmittel bestehend aus 90 % der Gebäude mit Wärmepumpen und 10 % sonstiger dezentrale Lösungen repräsentiert durch den Einsatz eines Pelletkessels)
3. Biomethan
4. Wasserstoff

### 5.3.1 Bewertung der Wärmegestehungskosten

Für die Berechnung der Wärmegestehungskosten werden die Durchschnittswerte der Gemeinde für die 3 Standardfälle aus Kapitel 6.1 verwendet:

Tabelle 11: Wesentliche Parameter der Standardfälle

| Parameter | EFH | MFH | GHD |
|---|---|---|---|
| Heizleistung [kW] | 10 | 23 | 26 |
| Vollbenutzungsstunden [h] | 1.800 | 1.800 | 1.800 |
| Wärmebedarf [kWh] | 17.017 | 40.746 | 46.523 |
| Anmerkung | | 6 Wohneinheiten | 559 m² Nettogrundfläche |
| Anteil Wärmebedarf | 57 % | 14 % | 29 % |

In Tabelle 12 ist die Bewertung der Wärmegestehungskosten dargestellt, die im Rahmen der Gebietseinteilung Berücksichtigung findet. Die Bewertung erfolgt gemäß der Anteil nach den Standardfällen

Tabelle 12: Bewertung der Wärmegestehungskosten im Rahmen der Gebietseinteilung

| Wärmeversorgungsart | Wärmegestehungskosten (ct/kWh) | | | Punktebewertung | |
|---|---|---|---|---|---|
| | EFH | MFH | GHD | (skaliert min/max) | Gerundet |
| Dezentrales Gebiet | 18,16 | 14,90 | 17,80 | 7,86 | 8 |
| Biomethan | 23,22 | 19,92 | 19,53 | 4,96 | 5 |
| Wasserstoff | 28,70 | 26,75 | 27,46 | 0,45 | 0 |
| Wärmenetz | 21,45 | 18,18 | 19,17 | 5,92 | 6 |

**Folgerungen Wärmegestehungskosten:**

Nach aktueller Datenlage ist davon auszugehen, dass gasbasierte Lösungen gesamtheitlich betrachtet höhere Wärmegestehungskosten haben dürften, wobei die Gasbezugskosten ausschlaggebend jedoch gleichzeitig auch mit den größten Unsicherheiten behaftet sind.

Die anderen Wärmeversorgungslösungen befinden sich ungefähr auf gleichem Niveau, sind aber stets von einer individuellen Einzelfallbetrachtung des jeweiligen Gebäudes, der örtlichen Gegebenheiten und getätigten Annahmen abhängig. Insbesondere bei dezentralen Lösungen fallen die anfänglichen Investitionskosten ins Gewicht.

Für konkrete gebietsübergreifende Aussagen zu Wärmegestehungskosten werden erst nach der kommunalen Wärmeplanung, in detaillierten Untersuchungen durch mögliche Machbarkeitsstudien oder bei der konkreten Entwicklung von Fahrplänen zur Umstellung des Gasnetzes, hinreichende Details bekannt sein.

### 5.3.2 Bewertung des Realisierungsrisikos

Hierbei wird die Wahrscheinlichkeit einer Umsetzung abgeschätzt in Abhängigkeit von den dabei auftretenden Unwägbarkeiten/Umständen sowie der Abhängigkeit von überregionalen oder internationalen Entwicklungen. Der Aspekt der Verfügbarkeit des Energieträgers wird bei der Versorgungssicherheit bewertet.

#### 5.3.2.1 Wärmenetz

Die Umsetzung eines Wärmenetzes ist grundsätzlich mit technischen, wirtschaftlichen, organisatorischen und gesellschaftlichen Risiken verbunden, die weitgehend unabhängig von der konkret eingesetzten Wärmequelle auftreten.

Ein zentrales Risiko liegt in der Nachfrageseite: Die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes ist maßgeblich von einer ausreichenden Anschluss- und Abnahmequote abhängig. Insbesondere größere Abnehmer spielen häufig eine Schlüsselrolle für die Grundlast. Sollten potenzielle Ankerkunden aufgrund von Wärmepreisabschätzungen, individueller Sanierungsentscheidungen oder alternativer Wärmeversorgungslösungen (z. B. Einzelwärmepumpen, Biomasse, Eigenlösungen) abspringen, kann dies die Wirtschaftlichkeit des Gesamtprojekts erheblich beeinträchtigen oder eine Umsetzung insgesamt infrage stellen.

Der Netzausbau selbst ist mit baulichen und infrastrukturellen Risiken verbunden. Tiefbauarbeiten können aufwändiger ausfallen als geplant, etwa durch ungünstige Bodenverhältnisse, vorhandene Leitungsinfrastrukturen, begrenzte Platzverhältnisse im Straßenraum oder erforderliche Verkehrssicherungsmaßnahmen. Natürliche und bauliche Barrieren wie Flüsse, Bahnanlagen oder denkmalgeschützte Bausubstanz können zusätzliche technische und finanzielle Herausforderungen darstellen. Zudem besteht das Risiko, dass einzelne Gebäude oder Straßenzüge nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten erschlossen werden können.

Ein weiteres Risiko liegt in der schrittweisen Entwicklung des Wärmenetzes. Gerade in der Anfangsphase entstehen hohe Investitionen bei gleichzeitig noch geringer Netzauslastung. Sollte der geplante Netzausbau zeitlich verzögert erfolgen oder die Anschlussquote gebietsweise unter den Erwartungen bleiben, kann dies zu erhöhten Wärmegestehungskosten und einer angespannten Wirtschaftlichkeit führen.

Darüber hinaus bestehen organisatorische und institutionelle Risiken. Die Umsetzung und der Betrieb eines Wärmenetzes erfordern personelle Ressourcen, fachliche Expertise sowie klare Zuständigkeiten innerhalb der Verwaltung oder bei beteiligten Akteuren. Die Wahl geeigneter Betreibermodelle (kommunal, kommunal mit Partner, Konzessionsmodell, Kooperation mit Dritten) und die Ausgestaltung möglicher Gesellschafterstrukturen können komplex sein und zeitaufwändige Entscheidungsprozesse nach sich ziehen. Auch die Sicherstellung der Finanzierung, einschließlich Fördermittelakquise und langfristiger Kapitalbindung, stellt eine Herausforderung dar.

Nicht zuletzt spielen gesellschaftliche und kommunikationsbezogene Aspekte eine wesentliche Rolle. Die Akzeptanz eines Wärmenetzes bei Gebäudeeigentümern und der Bevölkerung ist entscheidend für den Erfolg. Unsicherheiten bezüglich Kostenentwicklung, Anschlussverpflichtungen, baulicher Eingriffe oder langfristiger Versorgungssicherheit können die Anschlussbereitschaft mindern, wenn keine transparente und frühzeitige Kommunikation erfolgt.

Grundsätzlich zeigen zahlreiche Beispiele aus Kommunen unterschiedlicher Größe, dass Wärmenetze erfolgreich realisiert und betrieben werden können – auch in innerstädtischen, historisch gewachsenen und denkmalgeschützten Bereichen. Gleichzeitig ist festzuhalten, dass die Realisierbarkeit stark

von den lokalen Rahmenbedingungen abhängt und vor einer vertieften Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nicht abschließend bewertet werden kann.

Insgesamt ergibt sich für die Umsetzung eines Wärmenetzes – unabhängig von der konkreten Wärmequelle – vor Durchführung einer detaillierten Machbarkeitsstudie folgende Einschätzung des Realisierungsrisikos:

Neutral - 5

#### 5.3.2.2 Dezentrale Wärmeversorgung

Grundsätzlich können Gebäude unabhängig von ihrer Lage oder Einbindung in bestehende Infrastrukturen mit entsprechenden dezentralen Wärmeerzeugung ausgestattet werden. Technisch stehen hierfür unterschiedliche Lösungen zur Verfügung, sodass für nahezu jedes Gebäude eine geeignete Heizungs-alternative vorhanden ist.

In einzelnen Fällen kann sich die Umstellung jedoch erschwert gestalten. Einschränkungen ergeben sich insbesondere bei denkmalgeschützten Gebäuden, durch immissionsschutzrechtliche Vorgaben, beengte Platzverhältnisse, ungünstige bauliche Voraussetzungen oder hohe Anforderungen an den baulichen Eingriff. In solchen Fällen sind teilweise erhöhte Investitionen oder spezielle, kostenintensivere Wärme-lösungen erforderlich.

Für den überwiegenden Teil der kleineren Mehrfamilienhäuser sowie für Ein- und Zweifamilienhäuser ist die Umsetzung einer dezentralen Wärmeversorgung technisch grundsätzlich gut möglich. Unter der Annahme, dass wirtschaftliche Aspekte nicht berücksichtigt werden, ergibt sich daher insgesamt ein geringes technisches Realisierungsrisiko für dezentrale Wärmelösungen.

Eher gut – 7

#### 5.3.2.3 Biomethan

Biomethan ist aufbereitetes biogenes Methan und entspricht in seinen chemischen Eigenschaften Erdgas. Es wird bereits heute in das bestehende Gasnetz eingespeist und dort genutzt. Die vorhandene Gasinfrastruktur sowie die eingesetzten Gasheizungen können Biomethan ohne technische Anpassungen nutzen.

Die Versorgung von Gebäuden mit Biomethan ist sowohl physisch über eine direkte Einspeisung als auch bilanziell über Herkunftsnachweise möglich. Bestehende Gasheizungen können daher unmittelbar weiterbetrieben oder im Rahmen eines Brennstoffwechsels auf Biomethan umgestellt werden, ohne dass zusätzliche technische Risiken entstehen.

Aus technischer Sicht ergibt sich somit kein relevantes Realisierungsrisiko für die Nutzung von Biomethan in der Gebäudewärme. Die erforderlichen Technologien sind etabliert und erprobt, die Netzinfrastruktur ist vorhanden.

Sehr gut - 10

#### 5.3.2.4 Wasserstoff

Der zuständige Gasnetzbetreiber gibt an, dass das bestehende Gasnetz grundsätzlich technisch auf eine Wasserstoffnutzung umrüstbar ist. Konkrete Schritte zur Umstellung werden derzeit geprüft, sind jedoch maßgeblich von der zukünftigen Abnehmerstruktur, insbesondere von industriellen und gewerblichen Großverbrauchern, abhängig. Ein verbindlicher Umstellungsfahrplan liegt aktuell nicht vor.

Für den überwiegenden Teil der im Gemeindegebiet installierten Gasheizungen ist davon auszugehen, dass diese nicht für einen Betrieb mit 100 % Wasserstoff geeignet sind. Entsprechend wären durch die Endverbraucher umfangreiche Investitionen in neue, wasserstofftaugliche Heizsysteme erforderlich. Demgegenüber könnten bestehende industrielle oder gewerbliche Anlagen, wie Gasturbinen oder Blockheizkraftwerke, je nach Ausführung teilweise umgerüstet und weiter genutzt werden.

Planerisch verbleibt Wasserstoff somit derzeit im Status eines Prüfgebiets gemäß § 3 Nr. 10 Wärmeplanungsgesetz (WPG). Prüfgebiete sind solche Teilgebiete, bei denen aufgrund fehlender oder unsicherer Rahmenbedingungen aktuell keine Zuordnung zu einem voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiet erfolgen kann. Die Ausweisung eines Prüfgebiets setzt jedoch voraus, dass keine geeignetere Wärmeversorgungsart im Sinne der §§ 18 und 19 WPG zur Verfügung steht. Vor dem Hintergrund der untersuchten Kriterien ist dies im Gemeindegebiet durch alternative Optionen wie dezentrale Wärmeversorgung oder Wärmenetze grundsätzlich gegeben, sodass Wasserstoff aktuell keine prioritäre Rolle einnimmt.

Eine Neubewertung der Versorgungssicherheit und des Realisierungsrisikos von Wasserstoff ist im Rahmen zukünftiger Fortschreibungen der kommunalen Wärmeplanung jederzeit möglich. Insbesondere für einzelne industrielle oder gewerbliche Anwendungen mit hohem Temperaturbedarf kann eine Wasserstoffversorgung perspektivisch sinnvoll sein, sofern sich eine gesamtwirtschaftlich tragfähige Grundlage für den Weiterbetrieb bzw. die Umstellung des Gasnetzes ergibt.

Insgesamt sind die Zielsetzungen zur Umstellung bestehender Gasnetze auf Wasserstoff ambitioniert. Erfahrungen aus anderen großen Infrastrukturprojekten zeigen, dass Verzögerungen und Kostensteigerungen möglich sind, was für potenzielle Abnehmer erhebliche (auch finanzielle) Risiken mit sich bringen kann.

Vor diesem Hintergrund lässt sich die Wahrscheinlichkeit einer Umsetzung derzeit weder klar positiv noch klar negativ bewerten:

Insgesamt und für private Haushalte neutral – 5.

Ankerkunden und Industrie eher gut – 7.

## 5.3.3 Bewertung der Versorgungssicherheit

### 5.3.3.1 Wärmenetz

Sofern ein leitungsgebundenes Wärmenetz vorhanden ist und entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik betrieben wird, kann grundsätzlich von einer hohen Versorgungssicherheit ausgegangen werden. Wärmenetze ermöglichen eine zentral überwachte und gesteuerte Wärmeversorgung und bieten dadurch klare Vorteile gegenüber individuellen Einzelheizsystemen.

Die Versorgungssicherheit eines Wärmenetzes wird insbesondere durch folgende Faktoren gestärkt:

- redundante Erzeugungskapazitäten (z. B. mehrere Erzeugungsanlagen oder modulare Anlagenteile)
- der Einsatz von Spitzenlast- und Reserveerzeugern zur Abdeckung von Lastspitzen oder bei kurzfristigen Ausfällen
- bestehende oder perspektivisch integrierbare Wärmespeicher
- ein organisierter Störungs- und Bereitschaftsdienst des Netzbetreibers
- zentrale Instandhaltungs- und Wartungsstrukturen.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Krisenfestigkeit von Wärmenetzen. Durch die Bündelung der Wärmeerzeugung und die Möglichkeit, unterschiedliche Erzeugungsoptionen innerhalb des Netzes zu kombinieren oder perspektivisch zu wechseln, kann auf veränderte Rahmenbedingungen (z. B. Preisentwicklungen, Lieferengpässe oder regulatorische Anforderungen) vergleichsweise flexibel reagiert werden.

Risiken für die Versorgungssicherheit können entstehen, wenn die Wärmebereitstellung maßgeblich von externen Dritten abhängt, etwa wenn wesentliche Wärmemengen von einzelnen privaten Betreibern, industriellen Abwärmequellen oder vertraglich gebundenen Lieferanten stammen. In solchen Konstellationen bestehen potenzielle Risiken durch Ausfälle, Betriebsänderungen oder Kostensteigerungen. Diese Risiken lassen sich jedoch durch geeignete vertragliche Regelungen, Diversifizierung der Erzeugungsstruktur sowie eine kommunale oder kommunal dominierte Beteiligung am Netzbetrieb und an der Wärmeerzeugung deutlich reduzieren.

Insgesamt zeigt die Erfahrung aus einer Vielzahl bestehender Wärmenetze, dass bei fachgerechter Planung, ausreichender Redundanz und klaren Betreiberstrukturen eine sehr hohe Versorgungssicherheit erreicht werden kann – weitgehend unabhängig von der jeweils eingesetzten Wärmequelle.

Sehr gut - 10

### 5.3.3.2 Dezentrale Wärmeversorgung

Bei dezentralen Heizsystemen ist die Wärmeversorgung grundsätzlich an den ordnungsgemäßen Betrieb der jeweils einzelnen Heizungsanlage gebunden. Fällt eine zentrale Heizungsanlage innerhalb eines Gebäudes infolge eines Defekts aus, kann die Wärmeversorgung in der Regel nur eingeschränkt und zeitlich begrenzt aufrechterhalten werden. Eine Überbrückung ist häufig lediglich über vorhandene Pufferspeicher oder – sofern installiert – durch kleinere elektrische Direktheizungen möglich. Eine vollwertige Absicherung der Wärmeversorgung über redundante Systeme besteht in diesen Fällen üblicherweise nicht.

Auch externe Störungen, wie seltene Stromausfälle, können bei elektrisch betriebenen oder stromabhängigen Wärmeerzeugern nur schwer kompensiert werden. Darüber hinaus besteht bei nicht leitungsgebundenen Energieträgern grundsätzlich das Risiko marktbedingter Verknappungen oder temporärer Lieferengpässe, beispielsweise bei Pellets oder biogenen Flüssigbrennstoffen. Solche Situationen gelten jedoch als eher unwahrscheinlich und sind in der Vergangenheit nur vereinzelt aufgetreten.

Trotz dieser Einschränkungen ist festzuhalten, dass dezentrale Heizungsanlagen bei fachgerechter Auslegung, regelmäßigem Betrieb und der Einhaltung der Wartungsintervalle in der Regel zuverlässig funktionieren. Versorgungsstörungen betreffen zudem stets nur einzelne Gebäude und wirken sich nicht flächendeckend auf größere Gebiete aus.

Insgesamt ergibt sich somit eine gute, wenn auch nicht vollständig abgesicherte Versorgungssicherheit für dezentrale Wärmelösungen.

Gut - 8

#### 5.3.3.3 Biomethan

Die grundsätzlichen Ausbaumöglichkeiten von Biomethaneinspeiseanlagen sind gegeben, die insgesamt verfügbaren Biomethanmengen jedoch strukturell begrenzt. Auf Basis bundesweiter Entwicklungen und energiewirtschaftlicher Strategien ist davon auszugehen, dass die verfügbaren Biomethanmengen mittelfristig nicht ausreichen, um größere Stadtteile oder Industriegebiete vollständig und dauerhaft zu versorgen.

Ein erheblicher Teil der verfügbaren Biomethanmengen wird insbesondere für industrielle Anwendungen benötigt, etwa zur Bereitstellung von Hochtemperatur-Prozesswärme oder als Rohstoff. Industrieunternehmen können Biomethan zudem über den Gasmarkt in Form physischer Lieferungen oder über Zertifikate beschaffen und sind in vielen Fällen stärker auf gasförmige Energieträger angewiesen als private Haushalte. Dadurch entsteht eine Konkurrenzsituation zwischen industriellen Großabnehmern und privaten Haushalten um begrenzte Biomethanpotenziale.

Die verfügbaren Marktdaten zeigen, dass der Biomethananteil am gesamten Gasverbrauch bislang sehr gering ist und seit Jahren keine dynamische Steigerung der vermarkteten Mengen zu beobachten ist. Vor diesem Hintergrund ist nicht davon auszugehen, dass Biomethan kurzfristig in ausreichendem Umfang für eine flächendeckende Wärmeversorgung bereitgestellt werden kann.

In speziellen Konstellationen – beispielsweise bei verbrauchernaher Einspeisung in räumlich klar abgegrenzte oder vom übrigen Gasnetz entkoppelte Gasnetze – kann Biomethan jedoch eine vergleichsweise hohe Versorgungssicherheit erreichen. In solchen Fällen ähnelt die Versorgungssituation eher der eines Nahwärmenetzes mit einer lokal gesicherten Erzeugung.

Im Rahmen der Transformation bestehender Gasverteilnetze nach § 28 Wärmeplanungsgesetz (WPG) liegen bislang jedoch nur in wenigen Fällen belastbare Darlegungen der Netzbetreiber zur langfristig gesicherten Produktion, Verfügbarkeit und Speicherung von grünem Methan vor. Entsprechend fehlt häufig eine verlässliche Grundlage für eine langfristige Versorgungssicherheit.

Insgesamt ist festzuhalten, dass Biomethan für die Versorgung ganzer Stadtteile oder größerer Industriegebiete allein keine ausreichende Versorgungssicherheit bietet. Eine solche Nutzung ist in der Regel nur in Kombination mit fossilem oder synthetischem Methan realisierbar.

Eher schlecht – 3

#### 5.3.3.4 Wasserstoff

Derzeit liegen von Gasnetzbetreibern und übergeordneten Energieversorgungsunternehmen in vielen Regionen noch keine belastbaren Aussagen zur langfristigen Verfügbarkeit ausreichender Wasserstoffmengen sowie zum konkreten Ausbau notwendiger Erzeugungs-, Speicher- und Transportinfrastrukturen vor. Insbesondere für die flächendeckende Versorgung privater Haushalte besteht daher aktuell keine gesicherte Grundlage.

Der potenzielle Wasserstoffbedarf zur vollständigen Substitution des heutigen Erdgasverbrauchs ist sehr hoch. Selbst bei optimistischen Annahmen zu den Wirkungsgraden der Elektrolyse würde die Herstellung des erforderlichen Wasserstoffs erhebliche Mengen erneuerbaren Stroms voraussetzen, die den heutigen regionalen Stromverbrauch deutlich übersteigen. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass Wasserstoff mittelfristig nur zu einem begrenzten Teil aus heimischer Erzeugung bereitgestellt werden kann.

Zwar sehen energie- und klimapolitische Ziele einen deutlichen Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung vor, jedoch zeigen aktuelle Analysen zum Netzengpassmanagement, dass die tatsächlich verfügbaren Überschussstrommengen für großskalige Elektrolyse in absehbarer Zeit begrenzt bleiben. Entsprechend ist davon auszugehen, dass Wasserstoff in relevanten Größenordnungen in hohem Maße auf Importe aus anderen Regionen oder Ländern angewiesen sein wird.

Studien auf Landes- und Bundesebene bestätigen, dass nur ein vergleichsweise geringer Anteil des Wasserstoffbedarfs langfristig national gedeckt werden kann und der Import eine tragende Rolle spielen wird. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass insbesondere in den frühen Ausbauphasen der Wasserstoffwirtschaft Unsicherheiten hinsichtlich der rechtzeitigen Verfügbarkeit von Importinfrastrukturen, Lieferketten und ausreichenden Mengen bestehen. Ob die benötigten Wasserstoffmengen somit zeitgerecht und zuverlässig zur Verfügung stehen, ist derzeit offen und mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass Wasserstoff in der Markthochlaufphase ein knappes Gut bleiben dürfte. Dabei konkurrieren private Haushalte mit industriellen Großverbrauchern um begrenzte Energiemengen. Gleichzeitig ist vorgesehen, neue gasbasierte Kraftwerkskapazitäten perspektivisch ebenfalls mit Wasserstoff zu betreiben, was den Nachfrage- und Wettbewerbsdruck weiter erhöht.

Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass Wasserstoff zunächst vorrangig für Anwendungen mit hoher systemischer Relevanz eingesetzt wird, insbesondere für industrielle Hochtemperatur-Prozesswärme, Spezialanwendungen und Ankerkunden, für die kurzfristig keine geeigneten Alternativen bestehen. Entsprechend ist hier mit einer priorisierten Bereitstellung und damit einer vergleichsweise höheren Versorgungssicherheit zu rechnen.

Eine Neubewertung der Versorgungssicherheit und des Realisierungsrisikos von Wasserstoff ist im Rahmen zukünftiger Fortschreibungen kommunaler Wärmeplanungen sinnvoll und erforderlich, insbesondere mit Blick auf den geplanten Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur

Insgesamt und für private Haushalte eher schlecht – 3

### 5.3.4 Bewertung der kumulierten Treibhausgasemissionen bis in das Zieljahr

Vor dem Hintergrund, dass Heizungsanlagen rechnerische Nutzungsdauern von ca. 20 Jahren aufweisen, würde das bedeuten, dass bis zum Jahr 2045 jede bestehende Heizung einmal ausgetauscht wird. Entsprechend wird von einem linearen Austausch von 5% p.a. ausgegangen. Mit einer Belieferung von Wasserstoff wird ab 2040 ausgegangen. Bereits ausgetauscht Gasheizungen werden übergangsweise mit Biomethan gemäß der Biotreppe nach GModG betrieben.

Für die Berechnung der kumulativen Treibhausgasemissionen werden folgende Emissionsfaktoren für die verschiedenen Energieträger/Heizungslösungen angenommen.

Tabelle 13: Emissionsfaktoren der Energieträger der Bewertungen zur Gebietseinteilung nach [4]

| Energieträger | Emissionsfaktor [g CO2e / kWh] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
| Heizöl | 310 | 310 | 310 | 310 | 310 |
| Erdgas | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 |
| Biomethan | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| Holz | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Strom-Mix | 328 | 103 | 49 | 27 | 25 |
| Wärmenetz Erneuerbar | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Grüner Wasserstoff *(Kombination aus Import- & Inländisch)* | 40 | 32 | 65 | 43 | 20 |

Die kumulierten THG-Emissionen der Wärmeversorgungsarten sind in Abbildung 33 dargestellt.

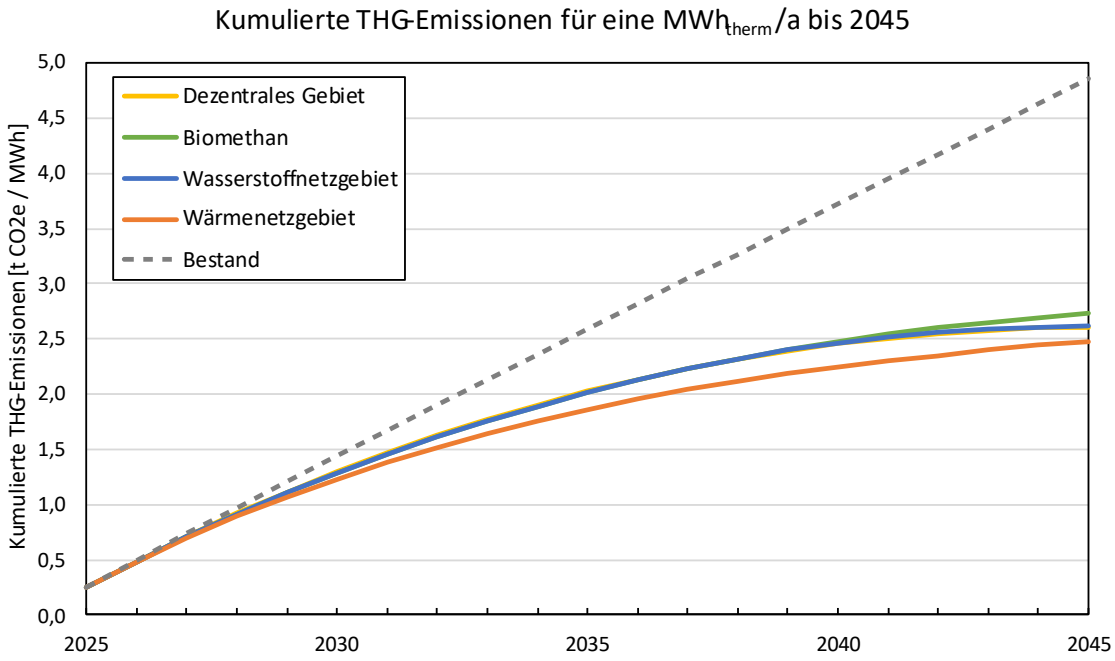



Abbildung 33: Kumulierte THG-Emissionen bis zum Jahr 2045 für die Bewertungen zur Gebietseinteilung

In Tabelle 14 ist die Bewertung der kumulierten Treibhausgasemissionen dargestellt, die im Rahmen der Gebietseinteilung Berücksichtigung findet.

Tabelle 14: Bewertung der kumulierten Treibhausgasemissionen im Rahmen der Gebietseinteilung

| Wärmeversorgungsart | Kumulierte Treibhausgasemissionen für 1 MWh/a (t_CO2_äq) bis 2045 (Zieljahr) | Punktebewertung | |
|---|---|---|---|
| | | Skaliert | Gerundet |
| Wärmepumpe (Vergleichszwecke) | 0,558 | (10) | (10) |
| Dezentrales Gebiet | 2,609 | 5,23 | 5 |
| Biomethan | 2,728 | 4,95 | 5 |
| Wasserstoffnetzgebiet | 2,619 | 5,20 | 5 |
| Wärmenetzgebiet | 2,482 | 5,52 | 6 |
| Bestand (Vergleichszwecke) | 4,854 | (0) | (0) |

Bis in das Zieljahr 2045 sind bei den vier betrachteten Wärmelösungen und den angenommenen Gebietsentwicklungen zwar Unterschiede vorhanden, im Vergleich zur gesamten Bandbreite von verfügbaren Wärmelösungen von bisherigem Bestand bis Wärmepumpe (bester Fall), fallen die Unterschiede dennoch eher gering aus.

Bei Wärmenetzen, die theoretisch schnell ein Gebiet durchdringen können, ist davon auszugehen, dass Vorteile gegenüber einer voraussichtlich langsam ablaufenden dezentralen Gebietsentwicklung bestehen.

### 5.3.5 Abschließende Bewertung zur Gebietseinteilung

In Tabelle 15 und Tabelle 16 sind die zusammenfassende Bewertung der Bewertungskriterien sowie die resultierende abschließende, gebietsspezifische Einordnung dargestellt. Bei der gebietsspezifischen Einordnung werden die zunächst allgemeinen Einordnungen nochmals weiter spezifiziert. Ein Beispiel sind hierbei die ggf. eingeschränkten Möglichkeiten zur Verlegung eines Wärmenetzes.

Tabelle 15: Gewichtete Bewertungsmatrix

| Wärmeversorgungsart | Wärmegestehungskosten | Realisierungsrisiko | Versorgungssicherheit | kumulierte Treibhausgasemissionen | Gewichtete Gesamtpunktzahl |
|---|---|---|---|---|---|
| Gewichtung | 25% | 30% | 35% | 10% | 100% |
| Wärmenetz | 6 | 5 | 10 | 6 | 7,10 |
| Dezentrales Wärmeversorgung | 8 | 7 | 8 | 5 | 7,40 |
| Biomethan | 5 | 10 | 3 | 5 | 5,80 |
| Wasserstoff Haushalte | 0 | 5 | 3 | 5 | 3,05 |
| Wasserstoff Industrie | 4 | 7 | 5 | 5 | 5,35 |

Aus der oben dargestellten Bewertungsmatrix ergibt sich die in Tabelle 16 gezeigte Gesamtbewertung. Sowohl für Wärmenetzlösungen als auch für dezentrale Wärmelösungen ergibt sich eine allgemeine Einordnung als sehr wahrscheinlich geeignet. Auf lokaler Ebene sind jedoch zusätzlich gebietsspezifische und abnehmerspezifische Einschränkungen zu berücksichtigen.

Tabelle 16: Resultierende, gebietsspezifische Einordnung

| Wärmeversorgungsart | Allgemeine Einordnung | Gebietsspezifische Einschränkungen | Gebietsspezifische Einordnung |
|---|---|---|---|
| Wärmenetz | Sehr wahrscheinlich geeignet | Geringe Wärmeliniendichte | Wahrscheinlich ungeeignet |
| | | Mittlere Wärmeliniendichte | Wahrscheinlich geeignet |
| | | Hohe Wärmeliniendichte | Sehr wahrscheinlich geeignet* |
| | | Produktionsgewerbe / Industrie | Temperaturabhängig |
| Dezentrales Wärmeversorgung | Sehr wahrscheinlich geeignet | Allgemein | Sehr wahrscheinlich geeignet* |
| | | Produktionsgewerbe / Industrie | Wahrscheinlich geeignet |
| Biomethan | Wahrscheinlich geeignet | Ohne Gasnetz | Sehr wahrscheinlich ungeeignet |
| | | Ohne ausreichende Mengen in einem Prüfgebiet nach § 28 WPG | Sehr wahrscheinlich ungeeignet |
| Wasserstoff | Wahrscheinlich ungeeignet | Ohne Gasnetz | Sehr wahrscheinlich ungeeignet |
| | | Ohne verbindlichen Fahrplan | Wahrscheinlich ungeeignet |

*basierend auf § 2 WPG mit Bevorzugung von Wärmenetz

## 5.4 Gebietseinteilung

### 5.4.1 Wärmenetzgebiete

In Abbildung 34 ist die Eignung für Wärmenetzgebiete gemäß Gebietseinteilung aus Kapitel 5.3 dargestellt.

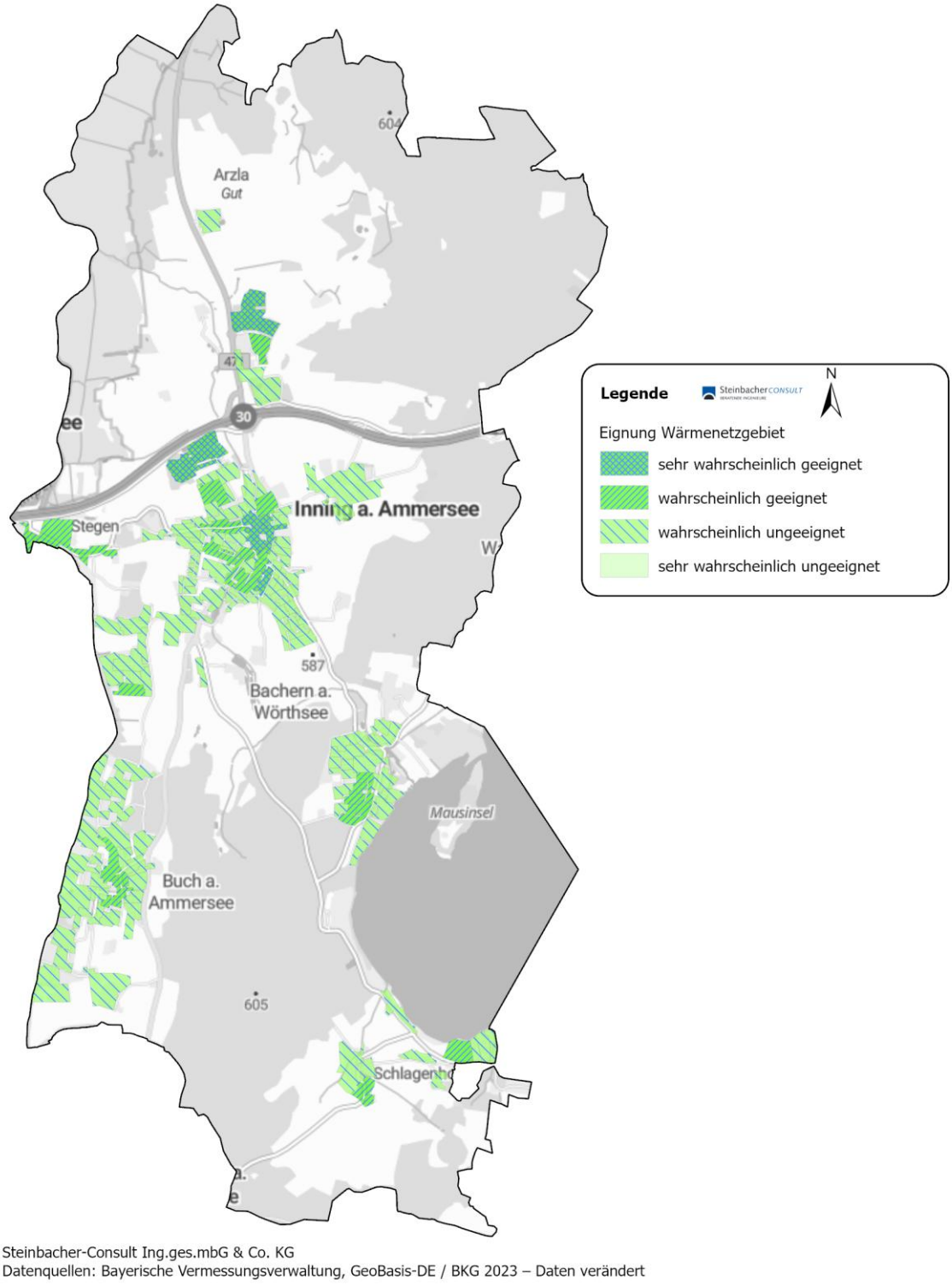



Abbildung 34: Eignung Wärmenetzgebiete

### 5.4.2 Wasserstoffnetzgebiete

In Abbildung 35 ist die Eignung für Wasserstoffnetze gemäß Gebietseinteilung aus Kapitel 5.3 dargestellt.

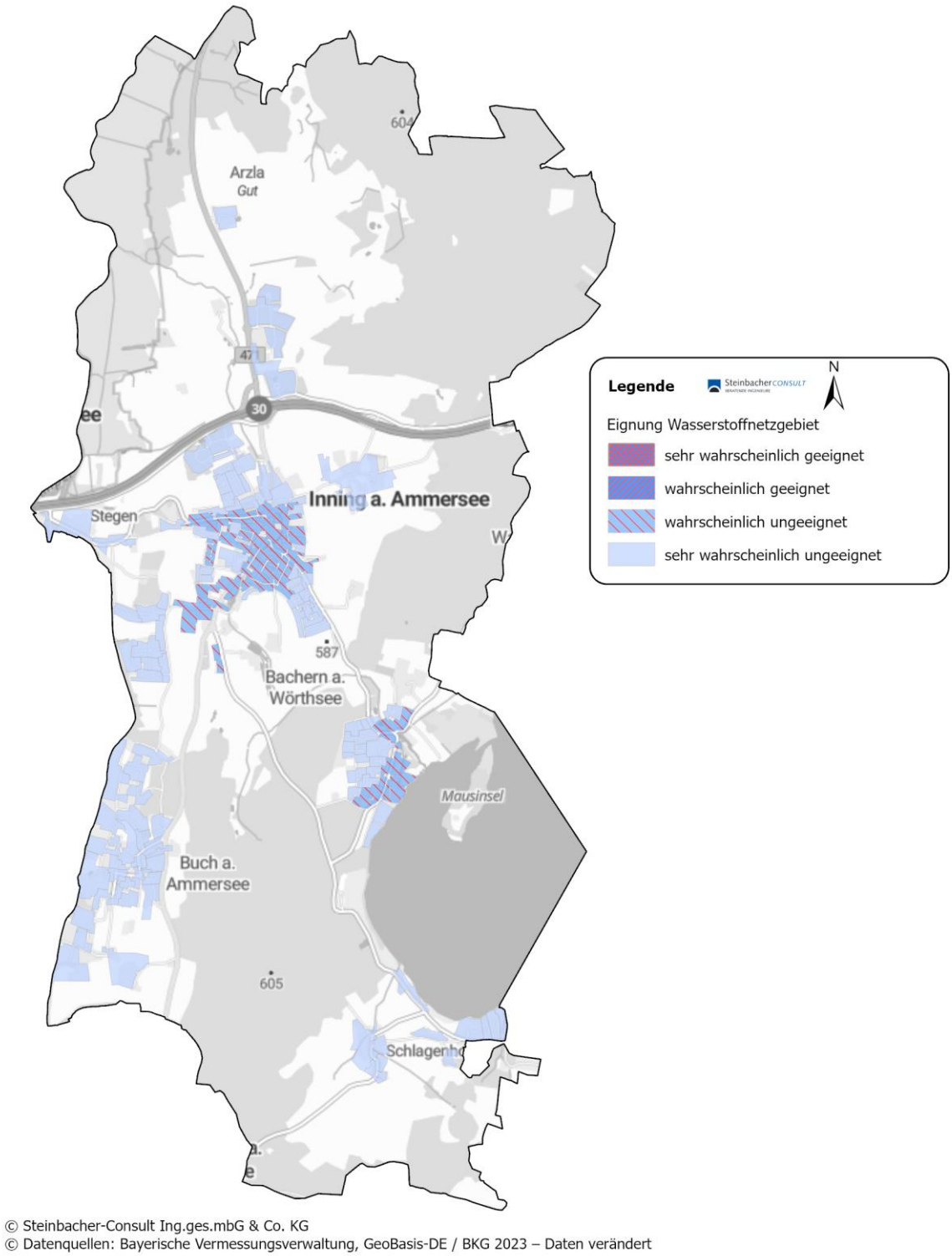



Abbildung 35: Eignung Wasserstoffnetzgebiete

### 5.4.3 Dezentrale Wärmeversorgungsgebiete

In Abbildung 36 ist die Eignung für dezentrale Wärmeversorgung gemäß Gebietseinteilung aus Kapitel 5.3 dargestellt.

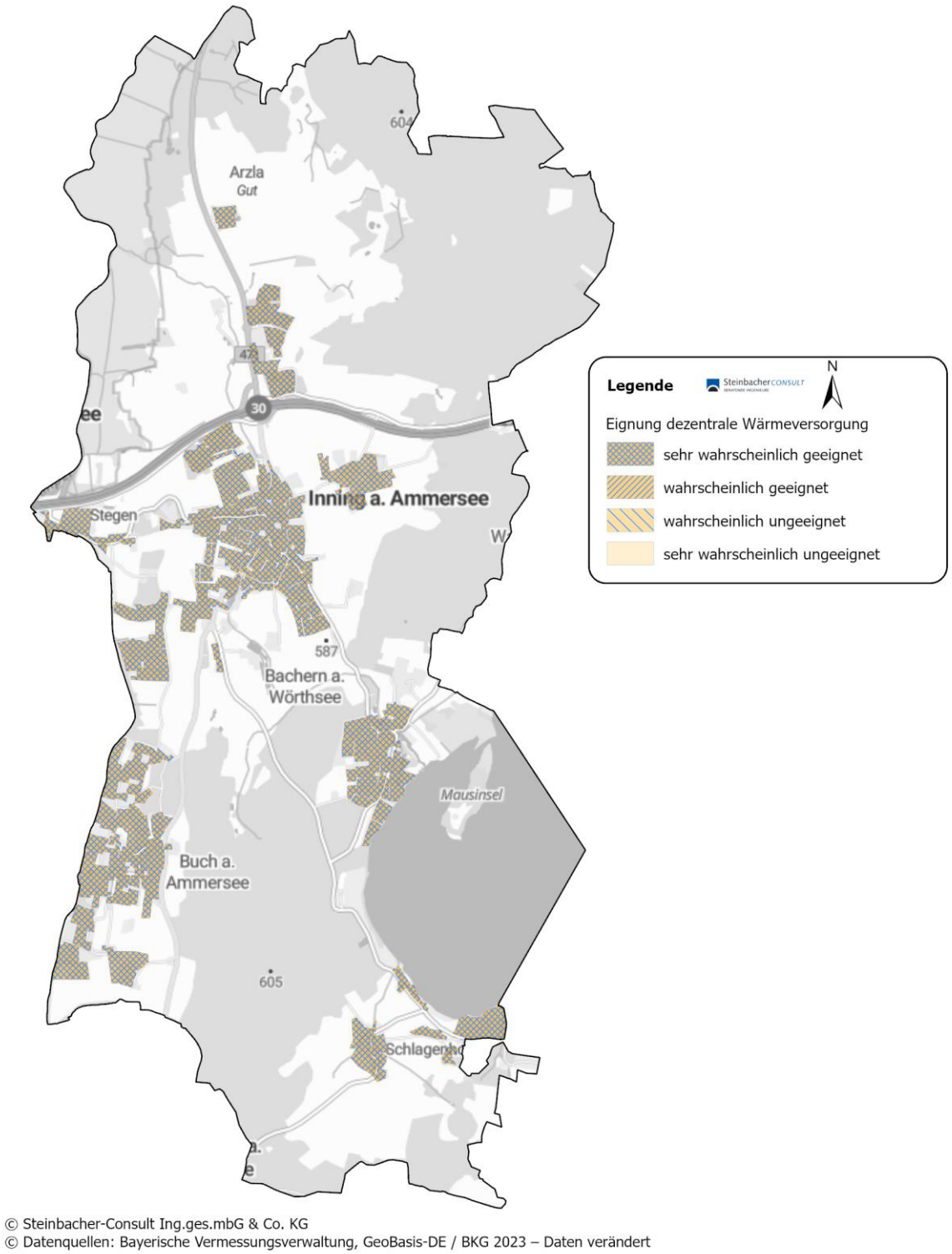



Abbildung 36: Eignung dezentraler Wärmeversorgungsgebiete

### 5.4.4 Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

In Abbildung 37 sind die aus den vorangegangenen Abschnitten 5.3 und 5.4 abgeleiteten voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete der Gemeinde Inning dargestellt.

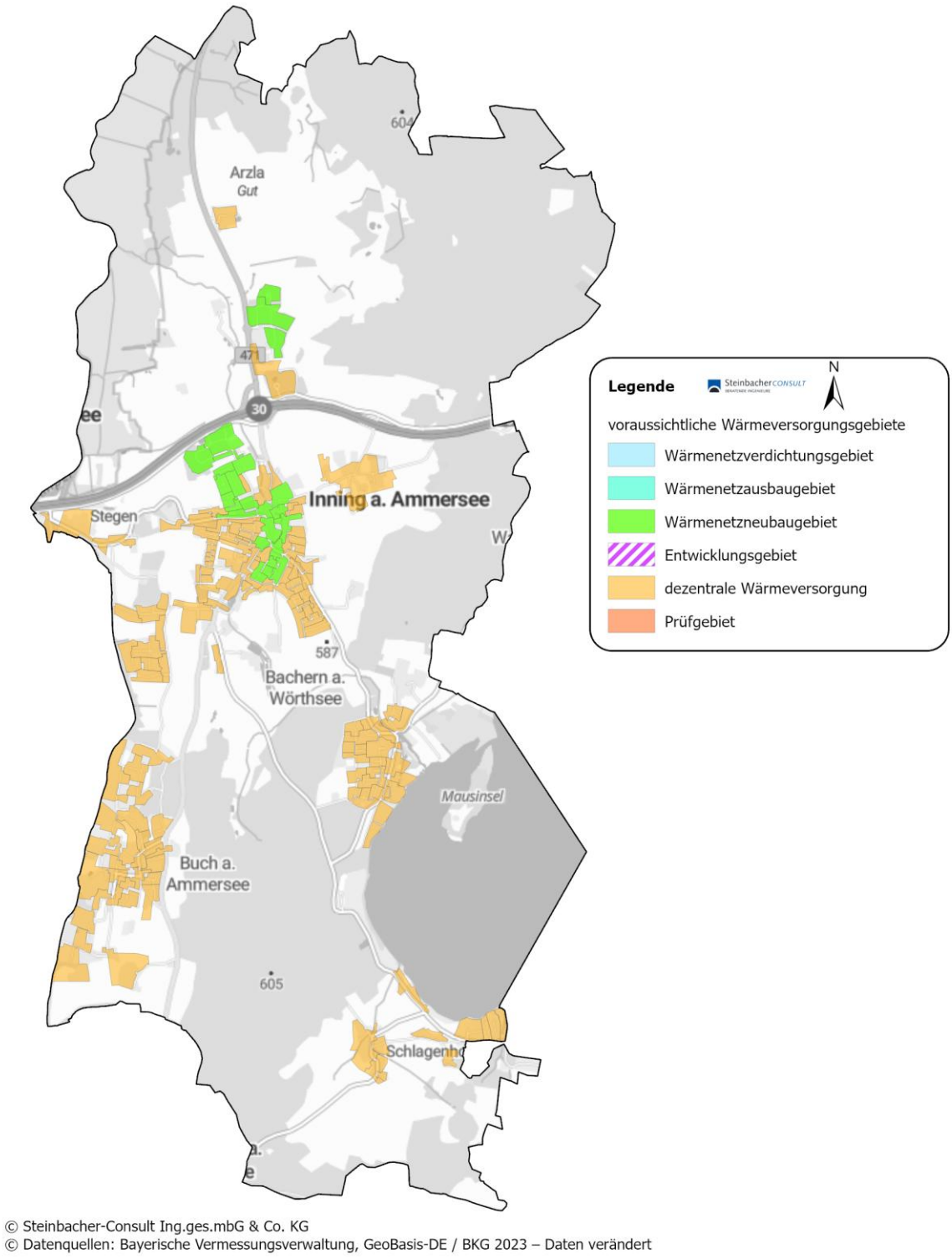



Abbildung 37: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Im kommunalen Wärmeplan sind keine Wasserstoffnetzgebiete ausgewiesen. Die Gemeinde Inning geht auf Basis der Ausführungen in Kapitel 5.3 aktuell davon aus, dass eine Versorgung mit Wasserstoff für Haushaltskunden und Gewerbe, Handel, Dienstleistung wahrscheinlich ungeeignet ist. Dies schließt die spätere Versorgung von Industrie- und Gewerbekunden aber nicht aus.

Die Energienetze Bayern GmbH & Co. KG treiben derzeit dennoch die Planung für die vollständige Umstellung Ihres Gasnetzes auf Wasserstoff voran. Im ersten Schritt sollen die Gebiete mit direkter Anbindung an das Kernnetz umgestellt werden. In einem nächsten Schritt sollen die Bereiche umgestellt werden, die nicht unmittelbar am Kernnetz liegen. Die Gemeinde Inning fällt in diese Kategorie und wird deshalb wahrscheinlich erst ab 2045 umgestellt. Daher ist die physische Verfügbarkeit von Wasserstoff aus dem Kernnetz vor 2045 realistischerweise nicht zu erwarten. Die Reihenfolge kann sich durch politische und Marktentwicklungen (insbes. Wasserstoffverfügbarkeit) noch ändern.

Aber bis dahin gilt:

- Die Energienetze Bayern werden bis dahin Ihre Versorgungspflicht im vollen Umfang erfüllen.
- Das bestehende Erdgasnetz wird weiterhin regelwerkskonform betrieben. Stilllegungen und partielle Abtrennungen sind nicht vorgesehen.
- Nach den derzeitigen technischen Erkenntnissen ist gemäß dem Gasnetzbetreiber das Netz grundsätzlich für eine 100% Umstellung auf Wasserstoff geeignet.
- Nach GModG ist derzeit eine Wärmeversorgung über Erdgas möglich. Ab 01.01.2029 ist ein steigender Anteil Grüngas vorgeschrieben (auch als „Biotreppe“ bezeichnet): 10 % ab 2029, 15 % ab 2030, 30 % ab 2035, 60 % ab 2040. Diese Lieferung kann bilanziell über das bestehende Erdgasnetz erfolgen. Verschiedene Gaslieferanten bieten derzeit schon passende Gasprodukte an bzw. haben diese entsprechend den gesetzlich vorgegebenen Fristen und Anteilen von Biomethan angekündigt.
- Darüber hinaus wird nach GModG eine Grüngasquote eingeführt, die eine stufenweise Umstellung das Gases auf klimaneutrale Brennstoffe vorsieht. Die genaue Umsetzung ist noch nicht bekannt und soll bis zum 1. Dezember 2026 durch ein vorzulegendes Gesetz präzisiert werden.

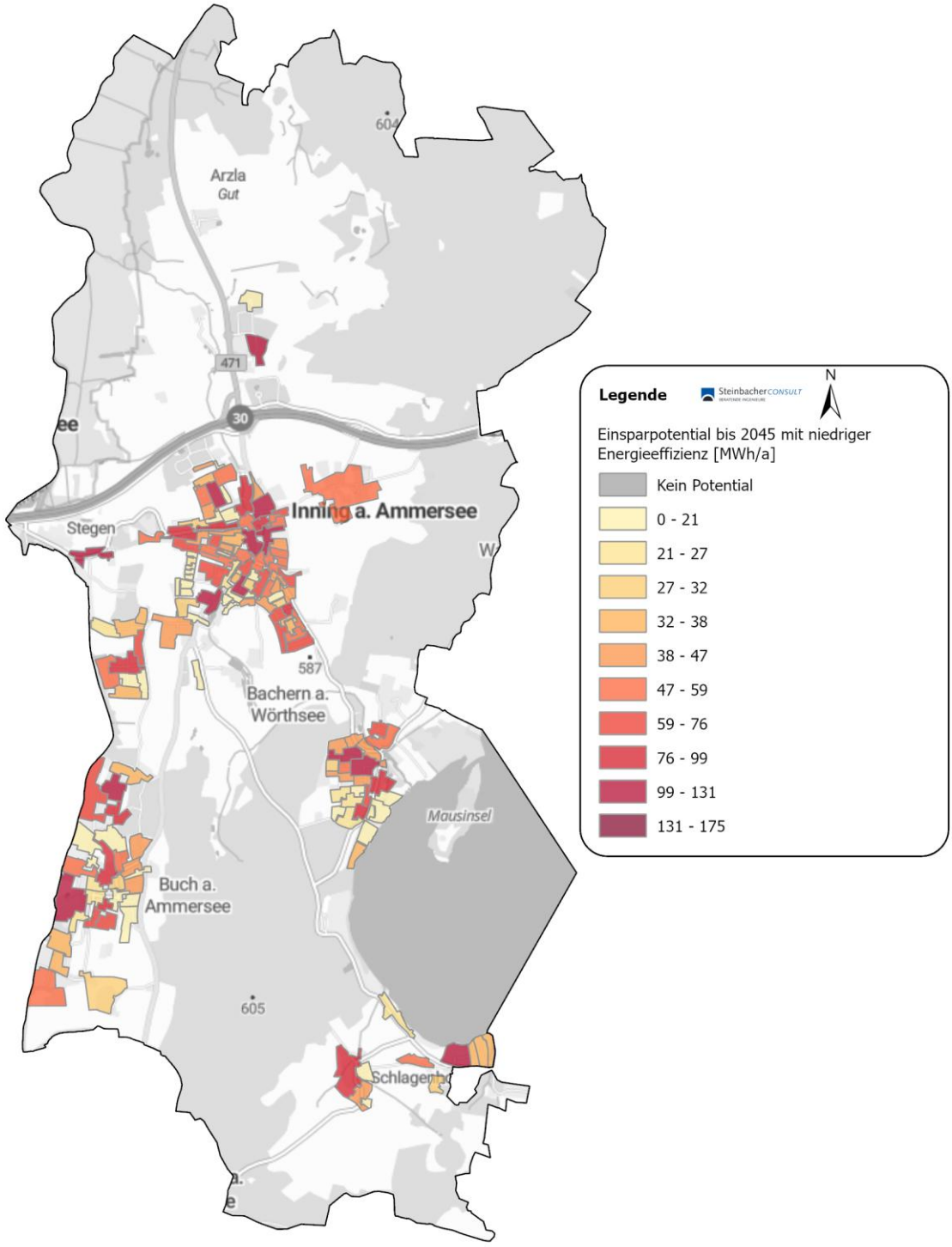
Ein wesentlicher Aspekt der Argumentation der Energienetze Bayern ist, dass es potenzielle Dekarbonisierungspfade über Wasserstoff und Biogas gibt, jedoch weder belastbare Aussagen zur zukünftigen Verfügbarkeit noch zur langfristigen Preisentwicklung dieser Energieträger vorgelegt werden. Insbesondere für Wasserstoff sind keine belastbaren Aussagen zum zukünftigen Preis möglich. Auch für Biomethan erfolgt keine Quantifizierung der langfristig verfügbaren Mengen. Dabei weisen aktuelle Studien darauf hin, dass Biomethan langfristig nur einen begrenzten Beitrag zur Erdgasversorgung leisten kann. So kommt die DVGW-Kurzstudie [10] zu dem Ergebnis, dass bis 2045 lediglich rund 12 - 24 % des heutigen Gasbedarfs durch Biomethan gedeckt werden können. Vor diesem Hintergrund ist die langfristige Verfügbarkeit erneuerbarer Gase für eine flächendeckende Versorgung über bestehende Gasnetze als unsicher zu bewerten.

### 5.4.5 Gebiete mit erhöhtem Einsparpotential

Die Ausweisung der Gebiete mit erhöhtem Einsparpotential wurde anhand der ermittelten Sanierungspotentiale ausgewiesen (vgl. Kapitel 4.2). Informationen zum aktuellen Sanierungszustand der Gebäude liegen nicht vor. Insbesondere Gebäude, die vor 1978 erbaut wurden, weisen hohe Sanierungspotentiale auf:

- Die Gebäude wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung gebaut, sodass keine Mindeststandards für die Dämmung eingehalten wurden.
- Die Bauweise der Gebäude erlaubt oft eine umfassende energetische Modernisierung.
- Bei Gebäuden mit einem Baujahr zwischen 1919-1978 sind i.d.R. kaum Einschränkungen bei Sanierungsmaßnahmen aufgrund von Denkmalschutz zu erwarten.

Die Gebiete mit erhöhtem Einsparpotential sind in Abbildung 38 dargestellt.




© Steinbacher-Consult Ing.ges.mbG & Co. KG
© Datenquellen: Bayerische Vermessungsverwaltung, GeoBasis-DE / BKG 2023 – Daten verändert

Abbildung 38: Gebiete mit erhöhtem Einsparpotential

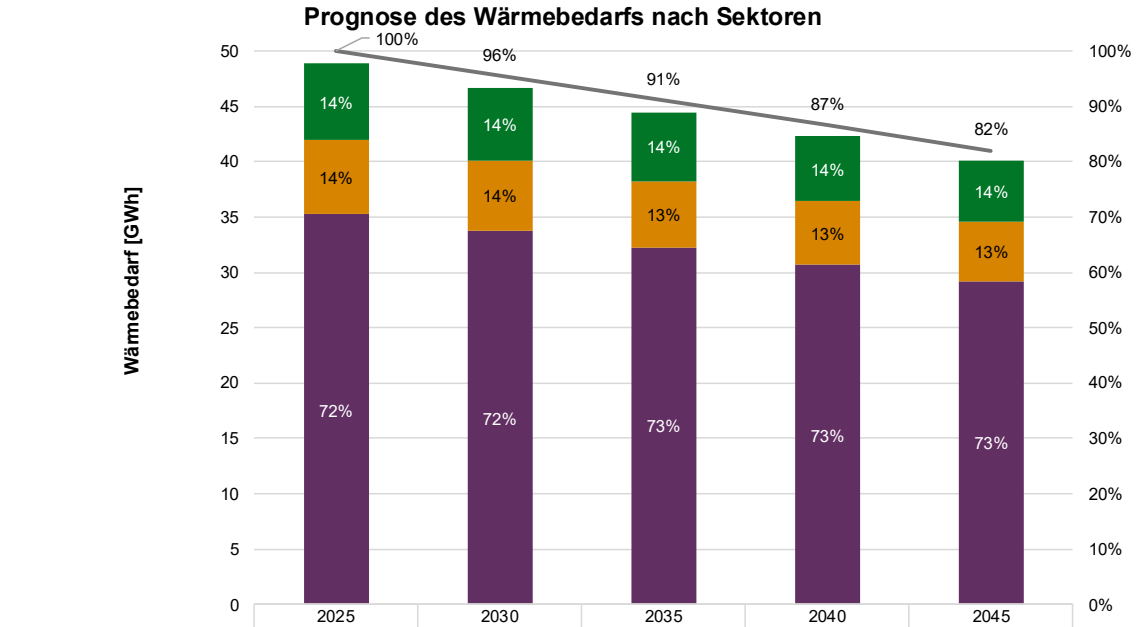
Neben der Sanierung der Gebäudehülle sollte bei gut sanierten Gebäuden auch immer das Heizungssystem erneuert werden. Neben einer neuen Heizanlage empfiehlt es sich auch auf ein Niedertemperatursystem umzustellen. Durch die Gebäudesanierung kann zumeist die Heizungsanlage auch etwas kleiner dimensioniert werden.

## 5.5 Zielszenario 2045

Das aktuelle bayerische Klimaschutzgesetz schreibt eine vorzeitige Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 vor. Jedoch wurde bereits angekündigt, dass das bayerische Ziel auf das bundesweite Ziel mit 2045 anzugleichen. Entsprechend wird hierbei davon ausgegangen, dass die Wärmeversorgung bis 2045 klimaneutral erfolgt. Für das Zieljahr 2045 wird aus den bisherigen Ergebnissen ein Zielszenario entwickelt, das aufzeigt, wie dieses Ziel erreicht werden kann.

### 5.5.1 Entwicklung Wärmebedarf

Im Rahmen der Potentialanalyse wurde dargelegt, wie der Wärmebedarf durch Gebäudesanierung signifikant reduziert werden kann. Im Rahmen der Zielszenarien wird gemäß dem Technikkatalog [4] von 2025 die Einsparungen aus der Vergangenheit fortgeschrieben mit einer pauschalen Wärmebedarfsreduktion von 0,8% p.a. für Einfamilienhäusern und 1,0% p.a. für die restlichen Gebäude. Die Entwicklung des Wärmebedarfs ist in Abbildung 39 dargestellt. Bis 2045 werden 18 % des aktuellen Wärmebedarfs eingespart.




| | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | 48,9 | 46,7 | 44,5 | 42,3 | 40,1 |
| Öffentliche Liegenschaften | 6,9 | 6,5 | 6,2 | 5,9 | 5,5 |
| Industrie | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| GHD / Sonstiges | 6,7 | 6,3 | 6,0 | 5,7 | 5,3 |
| Private Haushalte | 35,3 | 33,8 | 32,3 | 30,8 | 29,2 |
| Entwicklung | 100% | 96% | 91% | 87% | 82% |

Abbildung 39: Entwicklung Wärmebedarf nach Sektoren

### 5.5.2 Entwicklung Wärmeerzeuger

Den Gebäuden wird ein möglicher primärer Wärmeerzeuger zugeordnet. Unterstützende Heizsysteme wie Solarthermie werden nicht berücksichtigt. Die Vorgehensweise ist in Abbildung 40 dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass bis 2045 alle fossilen Energieträger ausgetauscht werden. In den Wärmenetzgebieten wird eine Anschlussquote von 60 % an Wärmenetze angenommen. Alle anderen Heizungen, die getauscht werden müssen, werden auf Wärmepumpen bzw. Biomasse aufgeteilt, Hybridlösungen oder Bioheizöl werden nicht berücksichtigt.

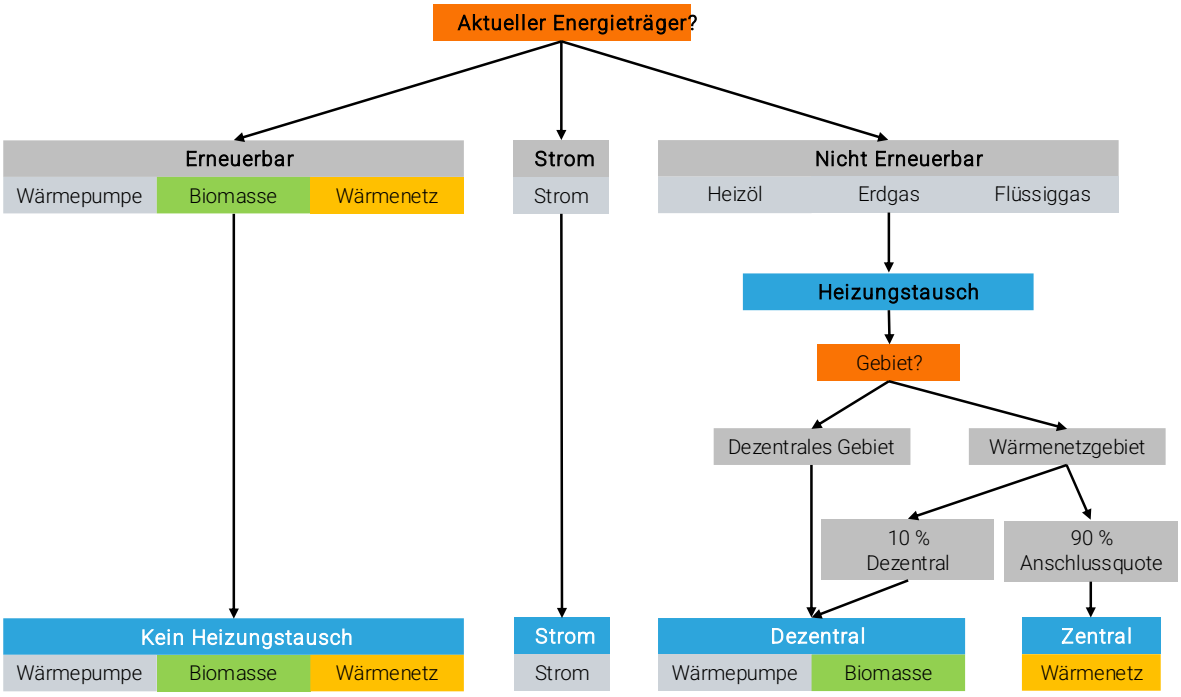
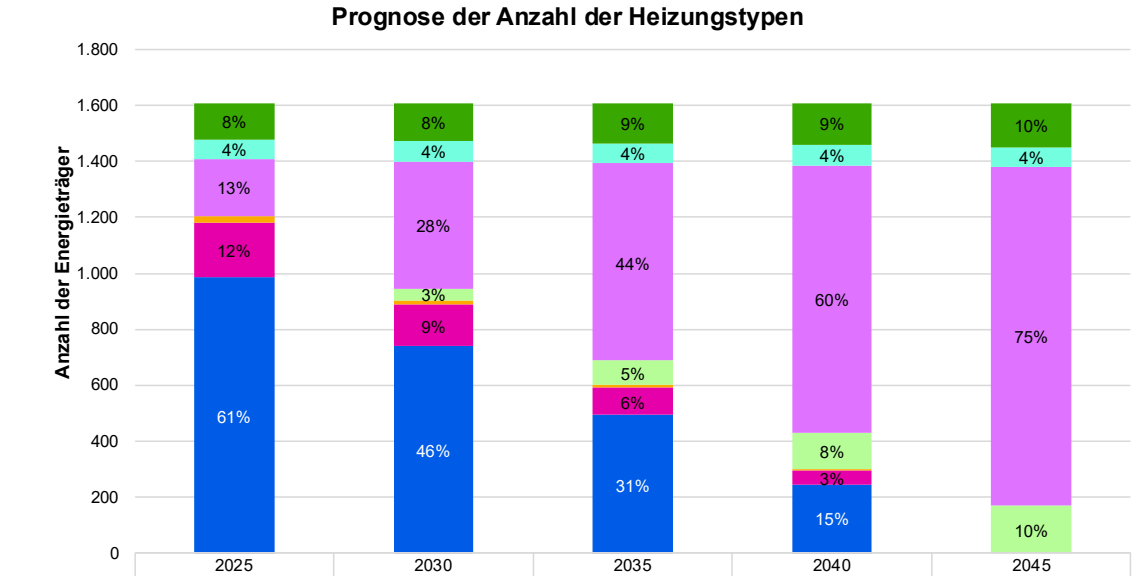



Abbildung 40: Entscheidungsbaum für die Szenarioentwicklung

In Abbildung 41 ist die Entwicklung der Wärmeerzeuger dargestellt. Es ist zu erkennen, dass im Zieljahr 2045 die Hauptheizungsart, die 75 % der Gebäude versorgt, die Wärmepumpe sein wird, gefolgt vom Wärmenetz, welches 10 % der Gebäude versorgen wird. Durch Biomasse könnten 10 % und durch Strom 4 % der Gebäude versorgt werden.



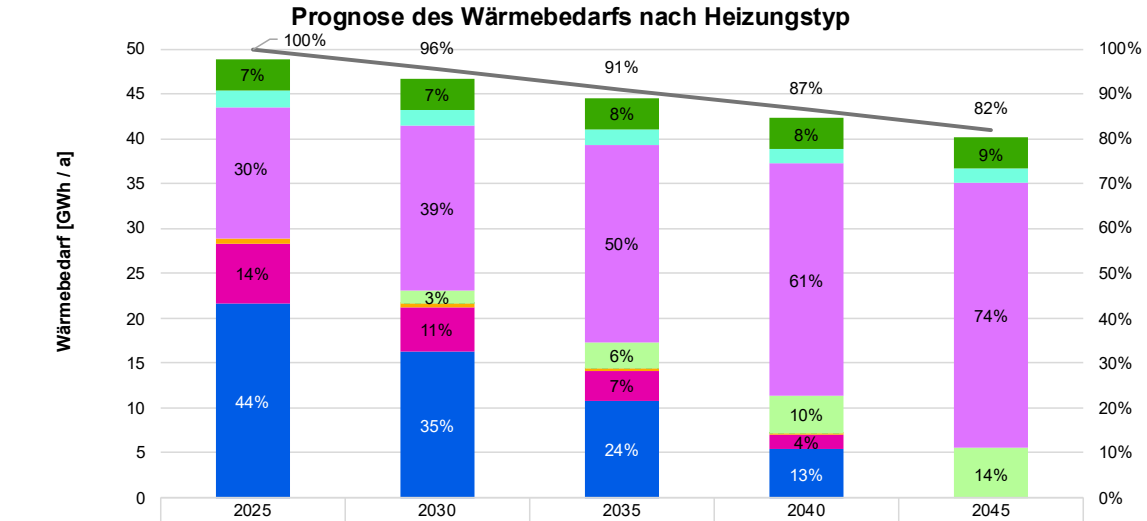

| | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | 1.608 | 1.608 | 1.608 | 1.608 | 1.608 |
| Biomasse | 129 | 136 | 143 | 150 | 157 |
| Strom | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 |
| Wärmepumpe | 202 | 454 | 707 | 959 | 1.212 |
| Wärmenetz | 0 | 42 | 84 | 126 | 168 |
| Gasnetz | 23 | 17 | 12 | 6 | 0 |
| Flüssiggas | 198 | 149 | 99 | 50 | 0 |
| Heizöl | 985 | 739 | 493 | 246 | 0 |

Abbildung 41: Entwicklung Wärmeerzeuger

### 5.5.3 Entwicklung Wärmebedarf / Endenergieverbrauch

Aus der Entwicklung des Wärmebedarfs und der eingesetzten Wärmeerzeuger resultiert die Entwicklung der Endenergieträger und deren Verbrauch.

In Abbildung 42 ist die Entwicklung des Wärmebedarfs getrennt nach Energieträger dargestellt. Während im Bestand Erdgas mit 61 % dominiert, gefolgt von Heizöl mit 20 %, verschwinden die fossilen Energieträger bis 2045. Der Wärmebedarf wird mit 74 % durch Wärmepumpen, mit 14 % durch Wärmenetze und 9 % durch Biomasseheizungen gedeckt.

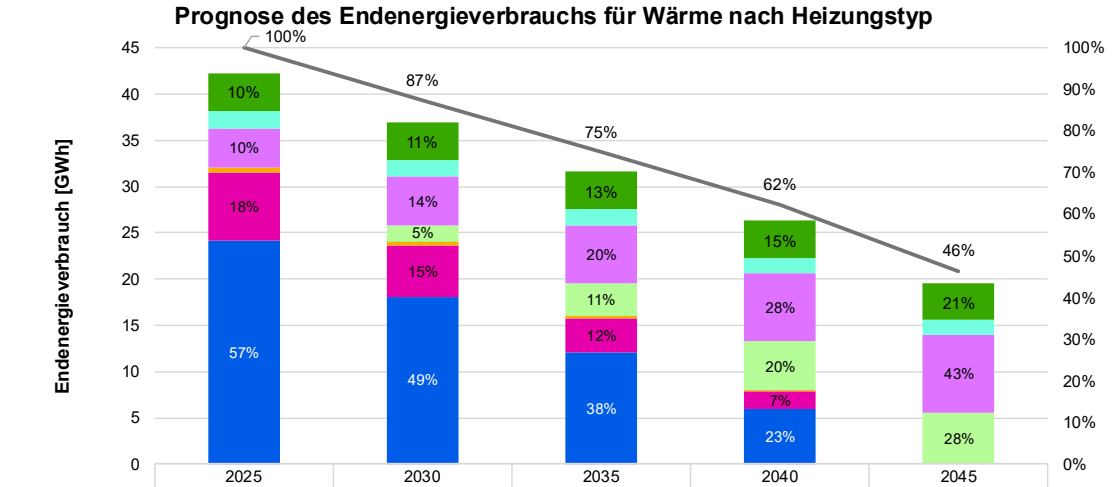



| | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | 48,9 | 46,7 | 44,5 | 42,3 | 40,1 |
| Biomasse | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Strom | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 |
| Wärmepumpe | 14,6 | 18,4 | 22,1 | 25,8 | 29,5 |
| Wärmenetz | 0,0 | 1,4 | 2,8 | 4,2 | 5,6 |
| Biogas | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| Erdgas | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,0 |
| Flüssiggas | 6,7 | 5,0 | 3,3 | 1,7 | 0,0 |
| Heizöl | 21,7 | 16,3 | 10,9 | 5,4 | 0,0 |
| Entwicklung | 100% | 96% | 91% | 87% | 82% |

Abbildung 42: Entwicklung Wärmebedarf nach Energieträger

Der Endenergieverbrauch sinkt deutlich mehr als der Wärmebedarf (vgl. Abbildung 43). Dies liegt v.a. am Einsatz von Wärmepumpen mit einer angenommen JAZ von 3,5. Diese benötigen als Endenergiequelle Strom und erzeugen damit etwa das 3,5-fache an Nutzenergie (Wärme). In Summe können 54 % an Endenergie eingespart werden.

Fossile Energieträger verschwinden komplett. Hauptenergieträger sind mit 43 % die Wärmepumpen, gefolgt von Wärmenetzen mit 28 % und Biomasse mit 21 %.



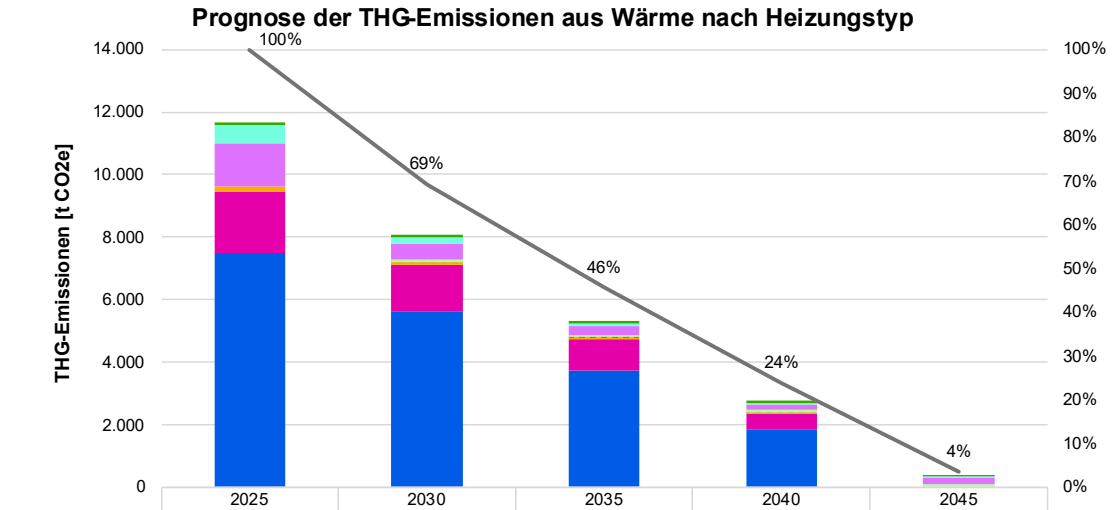

| | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | 42,2 | 36,9 | 31,6 | 26,3 | 19,6 |
| Biomasse | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 |
| Strom | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 |
| Wärmepumpe | 4,2 | 5,2 | 6,3 | 7,4 | 8,4 |
| Wärmenetz | 0,00 | 1,7 | 3,5 | 5,2 | 5,6 |
| Biogas | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| Erdgas | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,0 |
| Flüssiggas | 7,4 | 5,5 | 3,7 | 1,8 | 0,0 |
| Heizöl | 24,1 | 18,1 | 12,1 | 6,0 | 0,0 |
| Entwicklung | 100% | 87% | 75% | 62% | 46% |

Abbildung 43: Entwicklung Endenergieverbrauch

## 5.5.4 Entwicklung Treibhausgasemissionen

Unter Verwendung der spezifischen Emissionsfaktoren aus Tabelle 6 ergibt sich mit der Entwicklung des Endenergieverbrauchs die Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Abbildung 44.

In Summe können die Emissionen von derzeit 11.684 t/a um 96 % auf 409 t/a im Jahr 2045 reduziert werden. Hauptemissionsträger ist dann Wärmepumpen mit 211 t/a, gefolgt von Biomasse mit 81 t/a.




| | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | 11.684 | 8.067 | 5.335 | 2.781 | 409 |
| Biomasse | 81 | 81 | 81 | 81 | 81 |
| Strom | 611 | 183 | 83 | 43 | 38 |
| Wärmepumpe | 1.371 | 540 | 309 | 199 | 211 |
| Wärmenetz | 0 | 54 | 60 | 61 | 79 |
| Biogas | 0 | 10 | 13 | 13 | 0 |
| Erdgas | 148 | 94 | 52 | 15 | 0 |
| Flüssiggas | 1.997 | 1.498 | 998 | 499 | 0 |
| Heizöl | 7.476 | 5.607 | 3.738 | 1.869 | 0 |
| Entwicklung | 100% | 69% | 46% | 24% | 4% |

Abbildung 44: Entwicklung Treibhausgasemissionen

### 5.5.5 Indikatoren zur Erreichung des Zielszenarios

In Tabelle 17 sind die Indikatoren zur Erreichung des Zielszenarios gemäß Wärmeplanungsgesetz dargestellt.

Tabelle 17: Indikatoren Erreichung Zielszenario

| Indikatoren | | Ist | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Endenergieverbrauch leitungsgebunder Wärmeversorgung [kWh/a] | Erdgas | 614.733 | 391.892 | 215.157 | 61.473 | 0 |
| | Biogas | 0 | 69.157 | 92.210 | 92.210 | 0 |
| | Wasserstoff | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Holz | 0 | 436.139 | 872.279 | 1.308.418 | 1.744.557 |
| | Abwärme | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Insgesamt | 614.733 | 897.189 | 1.179.645 | 1.462.101 | 1.744.557 |
| Anteil leitungsgebundener Wärmeversorgung | Erdgas | 100% | 44% | 18% | 4% | 0% |
| | Biogas | 0% | 8% | 8% | 6% | 0% |
| | Wasserstoff | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | Holz | 0% | 49% | 74% | 89% | 100% |
| | Abwärme | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | Insgesamt | 1,5% | 2,4% | 3,7% | 5,6% | 8,9% |
| Anschluss an Wärmenetz | Gebäude | 0 | 42 | 84 | 126 | 168 |
| | Anteil | 0,0% | 2,6% | 5,2% | 7,8% | 10,5% |
| Endenergieverbrauch Gasnetz | Erdgas | 614.733 | 391.892 | 215.157 | 61.473 | 0 |
| | Biogas | 0 | 69.157 | 92.210 | 92.210 | 0 |
| | Wasserstoff | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anteil Gasnetz | Erdgas | 100% | 85% | 70% | 40% | Unb. |
| | Biogas | 0% | 15% | 30% | 60% | Unb. |
| | Wasserstoff | 0% | 0% | 0% | 0% | Unb. |
| Anschluss an Gasnetz | Gebäude | 23 | 17 | 12 | 6 | 0 |
| | Anteil | 1,4% | 1,1% | 0,7% | 0,4% | 0,0% |

### 5.5.6 Kritische Punkte zur Erreichung des Zielszenarios

Im Nachfolgenden werden die größten Hemmnisse bzw. Schwierigkeiten zur Erreichung der Zielszenarien aufgelistet.

#### 1. Rechtliche Rahmenbedingungen:

- Klimaschutzgesetz: Das aktuell rechtskräftige bayerische Klimaschutzgesetz sieht eine Klimaneutralität Bayerns bis zum Jahr 2040 vor. Der Ministerrat hat am 28.04.2026 eine Novellierung des Bayerischen Klimaschutzgesetzes beschlossen, ein entsprechender Gesetzesentwurf wurde in den Bayerischen Landtag eingebracht und befindet sich noch im Gesetzgebungsverfahren. Demnach würde die Klimaneutralität Bayerns erst fünf Jahre später im Jahr 2045 erreicht werden.
- Überwachung und Sanktionen: Es müssen Mechanismen zur Überwachung der Umsetzung und zur Sanktionierung von Ver-stößen oder Nichterreichung der Vorgaben aus Wärmeplanungsgesetz, Gebäudemodernisierungsgesetz und Klimaschutzgesetz etabliert werden.

#### 2. Ideologien:

Ideologien können einen kritischen Punkt zur Erreichung der Ziele der kommunalen Wärmeplanung darstellen, da sie die Art und Weise beeinflussen, wie Entscheidungen getroffen und Maßnahmen umgesetzt werden. Dies ist ein kritischer Punkt, da sie die Richtung, die Akzeptanz und die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung maßgeblich beeinflussen. Ein ausgewogener Ansatz kann dazu beitragen, nachhaltige und breit akzeptierte Lösungen zu finden.

#### 3. Finanzielle Förderung:

- Investitionsbedarf und Finanzierung: Die Modernisierung der Wärmeinfrastruktur und der Ausbau erneuerbarer Energien erfordern erhebliche Investitionen. Es ist wichtig, dass Gebäudeeigentümer Zugang zu staatlichen Förderprogrammen und finanziellen Anreizen haben, um diese Kosten zu decken. Es ist zu hoffen, dass sich die aktuelle Förderkulisse nicht verschlechtert.

#### 4. Technologische Herausforderungen:

- Integration erneuerbarer Energien: Die Umstellung auf nachhaltige Wärmenetze, aber auch auf Technologien zur nachhaltigen Wärmeversorgung für einzelne Gebäude, erfordert die Integration erneuerbarer Energien wie Solarthermie, Geothermie und Biomasse. Dies erfordert wiederum innovative technische Lösungen und die Anpassung bestehender Infrastrukturen, die mitunter sehr aufwendig und komplex sein können. Die Entwicklung und Implementierung neuer Technologien sind notwendig, um die Effizienz und Nachhaltigkeit der Wärmeversorgung zu verbessern. Einen wesentlichen Anteil v.a. bei Einzellösungen spielen zukünftig Wärmepumpen. Damit verbunden sind Herausforderungen in Bezug auf das örtliche, aber auch überörtliche Stromnetz: Integration von erneuerbaren Energien in das Stromnetz, Anpassung von Strombedarf und -angebot, Integration von Speichermöglichkeiten, Netzausbau, Energie- und Lastmanagement, Smartmeter, um nur einige wenige Schlagwörter zu nennen.

## 5. Qualifiziertes Personal:

- Fachkräftebedarf: Es besteht ein hoher Bedarf an qualifizierten Fachkräften, die über das notwendige Wissen und die Fähigkeiten verfügen, um die komplexen Aufgaben der Wärmewende zu bewältigen. V.a. die Geschwindigkeit, mit der die notwendigen Maßnahmen umzusetzen sind, erfordert einen erheblichen Personaleinsatz seitens der Handwerksbetriebe und Baudienstleister. Es ist fraglich, ob die erforderlichen Kapazitäten im benötigten Umfang vorhanden sind.

## 6. Interessenabgleich:

- Stakeholder-Management und Moderation: Die verschiedenen Interessen der beteiligten Akteure, einschließlich kommunaler Vertreter, Energieversoger, Bürger und Unternehmen, müssen moderiert und ausgeglichen werden. Dies erfordert transparente Kommunikationsprozesse und die Einbindung aller relevanten Parteien.
- Konsensbildung und Konfliktlösung: Es ist wichtig, einen Konsens über die Ziele und Maßnahmen der Wärmeplanung zu erreichen und potenzielle Konflikte frühzeitig zu identifizieren und zu lösen.

## 7. Kommunikation und Partizipation:

- Öffentlichkeitsarbeit und Transparenz: Eine effektive Kommunikation mit der Öffentlichkeit ist entscheidend, um die Bürger über die Ziele und Maßnahmen der Wärmeplanung zu informieren und ihre Unterstützung zu gewinnen. Dies umfasst die Nutzung verschiedener Kommunikationskanäle und die Bereitstellung verständlicher Informationen.
- Bürgerbeteiligung und Mitgestaltung: Die Einbindung der Bürger in den Planungsprozess durch Partizipationsformate wie Workshops, Informationsveranstaltungen und Online-Plattformen ist wichtig, um ihre Bedürfnisse und Anliegen zu berücksichtigen und ihre Akzeptanz zu fördern.

Diese detaillierten Punkte sind entscheidend, um die Ziele der kommunalen Wärmeplanung erfolgreich zu erreichen und eine nachhaltige Wärmeversorgung zu gewährleisten.

# 6 Umsetzungsstrategie

## 6.1 Dezentrale Wärmeversorgungsarten

Im Folgenden werden die prinzipiell verfügbaren dezentralen Wärmeversorgungsarten einer vergleichenden Wirtschaftlichkeitsberechnung unterzogen. Das Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG) schreibt bei einer Heizungserneuerung einen steigenden, verpflichtenden Anteil an klimafreundlichen Brennstoffen vor (vgl. Abbildung 45).

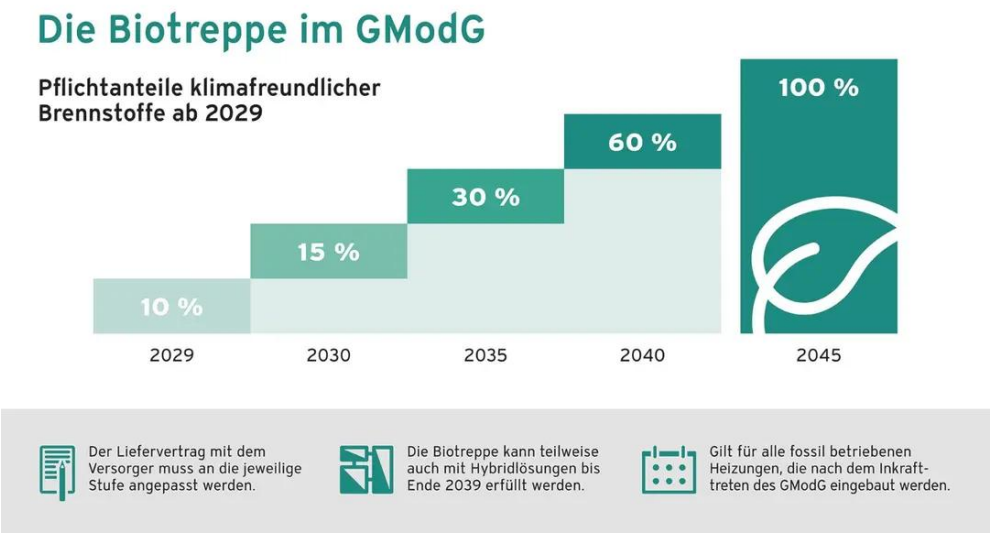



Abbildung 45: Biotreppe im GModG [11]

### 6.1.1 Wirtschaftliche Grundannahmen

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gelten folgende grundsätzlichen Annahmen:

- Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre
- Alle Preise sind Nettopreise
- Kalkulatorischer Zinssatz 8,0 %

#### Kapitalgebundene Kosten

Im jetzigen Stadium kann der Aufwand für die Errichtung der Wärmeversorgungsvarianten nur näherungsweise festgelegt werden, wodurch die kalkulierten Kosten von den realen Kosten abweichen können. Die angenommenen Investitionskosten basieren auf den Richtwerten des Technikkatalogs Kommunale Wärmeplanung [4] und nicht auf konkreten Angebotsvorlagen.

Die angesetzten Kosten wurden gemäß der Annuitätenmethode in Jahreskosten umgerechnet. Dabei wurde ein kalkulatorischer Zinssatz von 8,0 % p.a. angesetzt. Die Nutzungsdauern wurden gemäß Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung [4] bzw. in Anlehnung an VDI 2067 angesetzt.

In Tabelle 18 und Tabelle 19 sind die im Rahmen der Berechnung berücksichtigten aktuellen Förderkonditionen der KfW-Programme 458 [12] und 522 [13] (Stand 05.08.2026) dargestellt.

Tabelle 18: Berücksichtigte Förderungen Wohngebäude [12]

| Förderung KfW 458 | Parameter |
|---|---|
| Förderfähige Kosten* | 30.000 € |
| Grundförderung | 30% |
| Klimageschwindigkeitsbonus | 16% |
| Einkommensbonus | 0% |
| **Gesamt:** | **46%** |

**) 28.000€ für die 1. Wohneinheit, jeweils 15.000€ für die 2. – 6. Wohneinheit und jeweils 8.000€ für jede Weitere*

Tabelle 19: Berücksichtigte Förderungen Nichtwohngebäude [13]

| Förderung KfW 522 | Parameter |
|---|---|
| Förderfähige Kosten* | abhängig von beheizter Nettogrundfläche |
| Grundförderung | 30% |
| **Gesamt:** | **30%** |

**) 28.000€ pauschal für bis 150 m², zusätzlich 197€/m² für 150 – 400 m², zusätzlich 118€/m² für 400 – 1.000 m², zusätzlich 79€/m² ab 1.000 m²*

## Bedarfsgebundene Kosten

Die bedarfsgebundenen Kosten beinhalten insbesondere die Kosten für Brennstoffe und Hilfsenergie sowie $CO_2$-Kosten. Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an die Angaben gemäß Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung [4] bzw. VDI 2067. Folgende Annahmen liegen der Berechnung zu Grunde:

Tabelle 20: Energiekosten für dezentrale Wärmeversorgungsarten nach [14], [15], [16], [17], [18], [19]

| Energieträger | Preis (netto) [ct/kWh] | Preissteigerung |
|---|---|---|
| Strom | 20,0 | 0 % |
| Erdgas | 9,6 | 0 % |
| 10% Biomethan (interpoliert) | 11,7 | 0 % |
| 15% Biomethan | 11,8 | 0 % |
| 30% Biomethan (interpoliert) | 12,0 | 0 % |
| 60% Biomethan (interpoliert) | 12,5 | 0 % |
| 100% Biomethan (interpoliert) | 13,2 | 0 % |
| Heizöl | 8,3 | 0 % |
| Pellets | 6,2 | 0 % |
| Wasserstoff | 25 | -1,1 % |
| Wärmenetz *(abhängig von Abnahmemenge)* | $p(x) = 15{,}79 \times ^{-0{,}018}$ | 0 % |
| $CO_2$-Preis | 50,00 €/t | 9,4 % |

## Betriebsgebundene Kosten

Die Wartungskosten werden in Anlehnung an die Angaben gemäß Technikkatalog kommunale Wärmeplanung [4] bzw. VDI 2067 ermittelt.

### 6.1.2 Einfamilienhaus

Der Berechnung für ein typisches Einfamilienhaus werden die Rahmenparameter gemäß Tabelle 21 zugrunde gelegt.

Tabelle 21: Zugrundeliegende Rahmenparameter Einfamilienhaus

| Parameter | Werte |
|---|---|
| Gebäudetyp | EFH |
| Anzahl Parteien | 1 |
| Wärmebedarf | 17.017 kWh |
| Heizlast | 10 kW |

In Tabelle 22 sind die Investitionskosten sowie die Nutzungsdauern der Komponenten der untersuchten Wärmeversorgungsarten dargestellt. Die Sonden-Wärmepumpe weist die mit Abstand höchsten Investitionskosten auf. Dies ist durch den großen Aufwand für Tiefbau für die Erdsonde(n) begründet. Die Luft-Wärmepumpe sowie die Pellet-Heizung sind deutlich günstiger. Zum Vergleich ist auch eine Heizöl- und Erdgasheizung mit konventionellen Energieträgern dargestellt. Eine Wasserstoffheizung wäre nach Förderung in der Investition am günstigsten.

Tabelle 22: Investitionskosten und Nutzungsdauern Wärmeversorgungsarten Einfamilienhaus

| | Pellets | Heizöl | Erdgas | Was-ser-stoff | Luft-WP | GW-WP | EWS-WP | EWK-WP | Wär-menetz | Biogas GModG |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Heizung [€] | 21.690 | 3.642 | 3.905 | 4.573 | 17.694 | 11.746 | 13.961 | 14.401 | 5.915 | 3.905 |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 20 |
| Geringinv. Maßnahmen* [€] | 1.817 | 1.817 | 1.817 | 1.817 | 1.817 | 1.817 | 1.817 | 1.817 | 1.817 | 1.817 |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Heizflächentausch [€] | | | | | 4.225 | 4.225 | 4.225 | 4.225 | | |
| Nutzungsdauer [a] | | | | | 30 | 30 | 30 | 30 | | |
| Erschließungskosten Wär-mequelle [€] | | | | | | 14.835 | 20.828 | 14.121 | | |
| Nutzungsdauer [a] | | | | | | 40 | 40 | 40 | | |
| Hausanschluss Wärme-netz [€] | | | | | | | | | 8.040 | |
| Nutzungsdauer [a] | | | | | | | | | 40 | |
| Schornsteinertüchtigung [€] | 2.035 | 1.074 | 1.074 | 1.074 | | | | | | 1.074 |
| Nutzungsdauer [a] | 50 | 50 | 50 | 50 | | | | | | 50 |
| Heizöltank [€] | | 2.349 | | | | | | | | |
| Nutzungsdauer [a] | | 30 | | | | | | | | |
| Pelletlager [€] | 3.214 | | | | | | | | | |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | | | | | | | | | |
| Pufferspeicher [€] | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| **Summe vor Förderung [€]** | **35.324** | **15.451** | **13.365** | **14.033** | **30.305** | **39.191** | **47.400** | **41.132** | **22.341** | **13.365** |
| Bundesförderung KfW458 [€] | -12.880 | | | -6.455 | -12.880 | -12.880 | -12.880 | -12.880 | -10.277 | |
| **Summe nach Förderung [€]** | **22.444** | **15.451** | **13.365** | **7.578** | **17.425** | **26.311** | **34.520** | **28.252** | **12.064** | **13.365** |

** beinhalten Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems (hydraulischen Abgleich, Dämmung der Verteilleitungen, Einstellung der Heizkurve, Absenkung der Systemtemperaturen)*

In Tabelle 23 sind die laufenden Kosten bzw. Annuitäten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Luft und Grundwasser-Wärmepumpe aufgrund der geringen bedarfsgebundenen Kosten die mit Abstand geringsten Annuitäten aufweisen. Die höchsten Annuitäten hat Wasserstoff.

Tabelle 23: Laufende Kosten Wärmeversorgungsarten Einfamilienhaus

| | Pellets | Heizöl | Erdgas | Was-ser-stoff | Luft-WP | GW-WP | EWS-WP | EWK-WP | Wär-menetz | Biogas (GModG) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kapitalgebundene Kosten** | | | | | | | | | | |
| **Annuität (Investition) [€]** | **2.259** | **1.543** | **1.347** | **758** | **1.744** | **2.487** | **3.258** | **2.693** | **1.115** | **1.347** |
| | | | | | | | | | | |
| Wirkungsgrad | 0,90 | 0,93 | 0,99 | 0,99 | 3,75 | 5,35 | 4,60 | 4,60 | 0,95 | 0,99 |
| **Bedarfsgebundene Kosten** | | | | | | | | | | |
| Energieaufwand kWh/a | 18.908 | 18.298 | 17.189 | 17.189 | 4.538 | 3.181 | 3.699 | 3.699 | 17.913 | 17.189 |
| Energiekosten [€] | 1.173 | 1.524 | 1.655 | 4.297 | 908 | 636 | 740 | 740 | 2.334 | 1.655 |
| $CO_2$-Kosten [€] | 0 | 284 | 206 | 0 | 74 | 52 | 61 | 61 | 0 | 206 |
| **Annuität (Energie) [€]** | **1.173** | **1.524** | **1.655** | **3.980** | **908** | **636** | **740** | **740** | **2.334** | **1.896** |
| **Annuität ($CO_2$) [€]** | **0** | **605** | **440** | **0** | **50** | **35** | **41** | **41** | **0** | **314** |
| | | | | | | | | | | |
| **Betriebsgebundene Kosten** | | | | | | | | | | |
| Jährliche Fixkosten Wartung und Betrieb [€] | 1.301 | 127 | 117 | 137 | 442 | 294 | 349 | 360 | 177 | 117 |
| **Annuität [€]** | **1.301** | **127** | **117** | **137** | **442** | **294** | **349** | **360** | **177** | **117** |
| | | | | | | | | | | |
| **Summe Annuitäten [€]** | **4.733** | **3.799** | **3.559** | **4.875** | **3.144** | **3.452** | **4.387** | **3.833** | **3.627** | **3.674** |
| **Wärmegestehungskosten [ct/kWh]** | **27,81** | **22,32** | **20,92** | **28,65** | **18,48** | **20,28** | **25,78** | **22,53** | **21,31** | **21,59** |

In Abbildung 46 sind die Wärmegestehungskosten der untersuchten Wärmeversorgungsarten dargestellt.

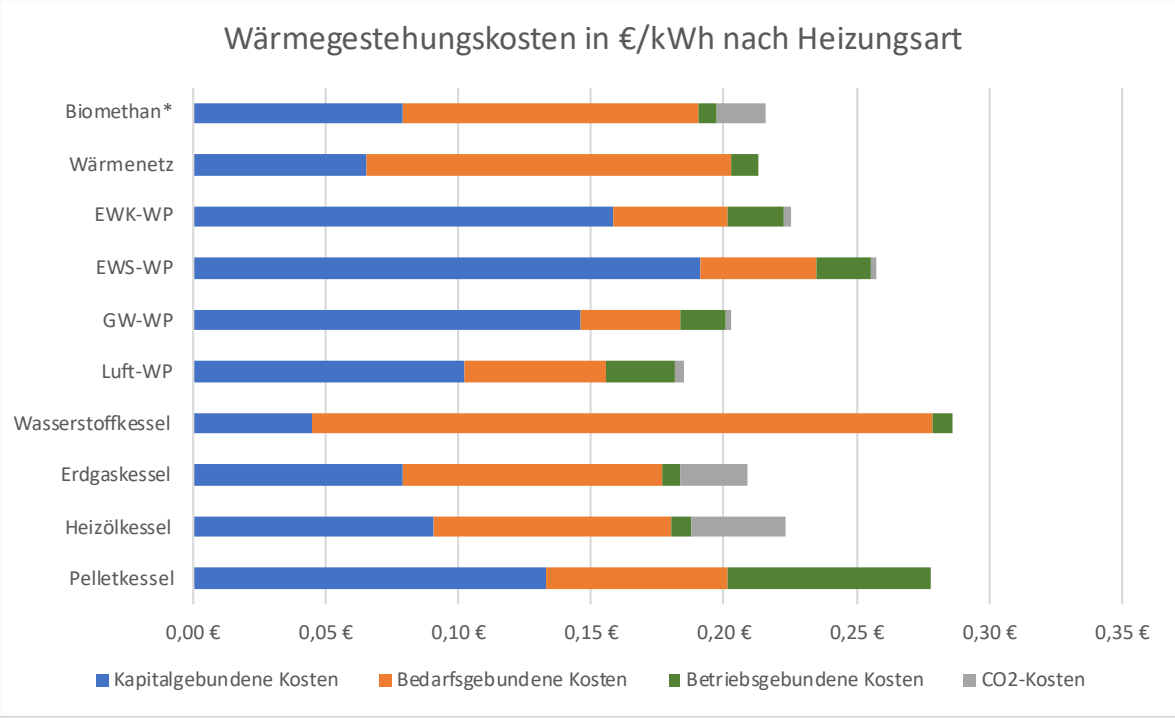



Abbildung 46: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgungsarten Einfamilienhaus

### 6.1.3 Mehrfamilienhaus

Der Berechnung für ein typisches Mehrfamilienhaus werden die Rahmenparameter gemäß Tabelle 24 zugrunde gelegt.

Tabelle 24: Zugrundeliegende Rahmenparameter Mehrfamilienhaus

| Parameter | Werte |
|---|---|
| Gebäudetyp | MFH |
| Anzahl Parteien | 6 |
| Wärmebedarf | 40.746 kWh |
| Heizlast | 23 kW |

In Tabelle 25 sind die Investitionskosten sowie die Nutzungsdauern der Komponenten der untersuchten Wärmeversorgungsarten dargestellt. Die Sonden-Wärmepumpe weist die mit Abstand höchsten Investitionskosten auf. Dies ist durch den großen Aufwand für Tiefbau für die Erdsonde(n) begründet. Die Luft-Wärmepumpe sowie die Pellet-Heizung sind deutlich günstiger. Zum Vergleich ist auch eine Heizöl- und Erdgasheizung mit konventionellen Energieträgern dargestellt. Eine Wasserstoffheizung wäre nach Förderung in der Investition am günstigsten.

Tabelle 25: Investitionskosten und Nutzungsdauern Wärmeversorgungsarten Mehrfamilienhaus

| | Pellets | Heizöl | Erdgas | Was-ser-stoff | Luft-WP | GW-WP | EWS-WP | EWK-WP | Wär-menetz | Biogas (GModG) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Heizung [€] | 30.757 | 6.504 | 5.886 | 6.526 | 34.595 | 19.882 | 24.301 | 26.954 | 8.813 | 5.886 |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 20 |
| Geringinv. Maßnahmen* [€] | 3.206 | 3.206 | 3.206 | 3.206 | 3.206 | 3.206 | 3.206 | 3.206 | 3.206 | 3.206 |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Heizflächentausch [€] | | | | | 7.506 | 7.506 | 7.506 | 7.506 | | |
| Nutzungsdauer [a] | | | | | 30 | 30 | 30 | 30 | | |
| Erschließungskosten Wär-mequelle [€] | | | | | | 30.491 | 44.076 | 30.360 | | |
| Nutzungsdauer [a] | | | | | | 40 | 40 | 40 | | |
| Hausanschluss Wärme-netz [€] | | | | | | | | | 8.280 | |
| Nutzungsdauer [a] | | | | | | | | | 40 | |
| Schornsteinertüchtigung [€] | 2.543 | 1.075 | 1.075 | 1.075 | | | | | | 1.075 |
| Nutzungsdauer [a] | 50 | 50 | 50 | 50 | | | | | | 50 |
| Heizöltank [€] | | 3.210 | | | | | | | | |
| Nutzungsdauer [a] | | 30 | | | | | | | | |
| Pelletlager [€] | 4.594 | | | | | | | | | |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | | | | | | | | | |
| Pufferspeicher [€] | 9.437 | 9.437 | 9.437 | 9.437 | 9.437 | 9.437 | 9.437 | 9.437 | 9.437 | 9.437 |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| **Summe vor Förderung [€]** | **50.537** | **23.432** | **19.604** | **20.244** | **54.745** | **70.522** | **88.526** | **77.464** | **29.736** | **19.604** |
| Bundesförderung KfW458 [€] | -25.268 | | | -10.122 | -27.372 | -35.261 | -44.263 | -38.732 | -14.868 | |
| **Summe nach Förderung [€]** | **25.268** | **23.432** | **19.604** | **10.122** | **27.372** | **35.261** | **44.263** | **38.732** | **14.868** | **19.604** |

** beinhalten Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems (hydraulischen Abgleich, Dämmung der Verteilleitungen, Einstellung der Heizkurve, Absenkung der Systemtemperaturen)*

In Tabelle 26 sind die laufenden Kosten bzw. Annuitäten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Wärmepumpen aufgrund der geringen bedarfsgebundenen Kosten die mit Abstand geringsten Annuitäten aufweisen. Die höchsten Annuitäten hat Wasserstoff.

Tabelle 26: Laufende Kosten Wärmeversorgungsarten Mehrfamilienhaus

| | Pellets | Heizöl | Erdgas | Was-ser-stoff | Luft-WP | GW-WP | EWS-WP | EWK-WP | Wär-menetz | Biogas (GModG) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kapitalgebundene Kosten** | | | | | | | | | | |
| **Annuität (Investition) [€]** | **2.540** | **2.349** | **1.983** | **1.017** | **2.733** | **3.204** | **3.972** | **3.559** | **1.385** | **1.983** |
| | | | | | | | | | | |
| Wirkungsgrad | 0,90 | 0,93 | 0,99 | 0,99 | 3,75 | 5,35 | 4,60 | 4,60 | 0,95 | 0,99 |
| **Bedarfsgebundene Kosten** | | | | | | | | | | |
| Energieaufwand kWh/a | 45.273 | 43.813 | 41.158 | 41.158 | 10.866 | 7.616 | 8.858 | 8.858 | 42.891 | 41.158 |
| Energiekosten [€] | 2.808 | 3.649 | 3.964 | 10.289 | 2.173 | 1.523 | 1.772 | 1.772 | 5.483 | 3.964 |
| $CO_2$-Kosten [€] | 0 | 679 | 494 | 0 | 178 | 125 | 145 | 145 | 0 | 494 |
| **Annuität (Energie) [€]** | **2.808** | **3.649** | **3.964** | **9.530** | **2.173** | **1.523** | **1.772** | **1.772** | **5.483** | **4.539** |
| **Annuität ($CO_2$) [€]** | **0** | **1448** | **1053** | **0** | **120** | **84** | **98** | **98** | **0** | **751** |
| | | | | | | | | | | |
| **Betriebsgebundene Kosten** | | | | | | | | | | |
| Jährliche Fixkosten Wartung und Betrieb [€] | 1.845 | 228 | 177 | 196 | 865 | 497 | 608 | 674 | 264 | 177 |
| **Annuität [€]** | **1.845** | **228** | **177** | **196** | **865** | **497** | **608** | **674** | **264** | **177** |
| | | | | | | | | | | |
| **Summe Annuitäten [€]** | **7.193** | **7.673** | **7.176** | **10.742** | **5.891** | **5.308** | **6.449** | **6.102** | **7.133** | **7.450** |
| **Wärmegestehungskosten [ct/kWh]** | **17,65** | **18,83** | **17,61** | **26,36** | **14,46** | **13,03** | **15,83** | **14,97** | **17,51** | **18,28** |

In Abbildung 47 sind die Wärmegestehungskosten der untersuchten Wärmeversorgungsarten dargestellt.

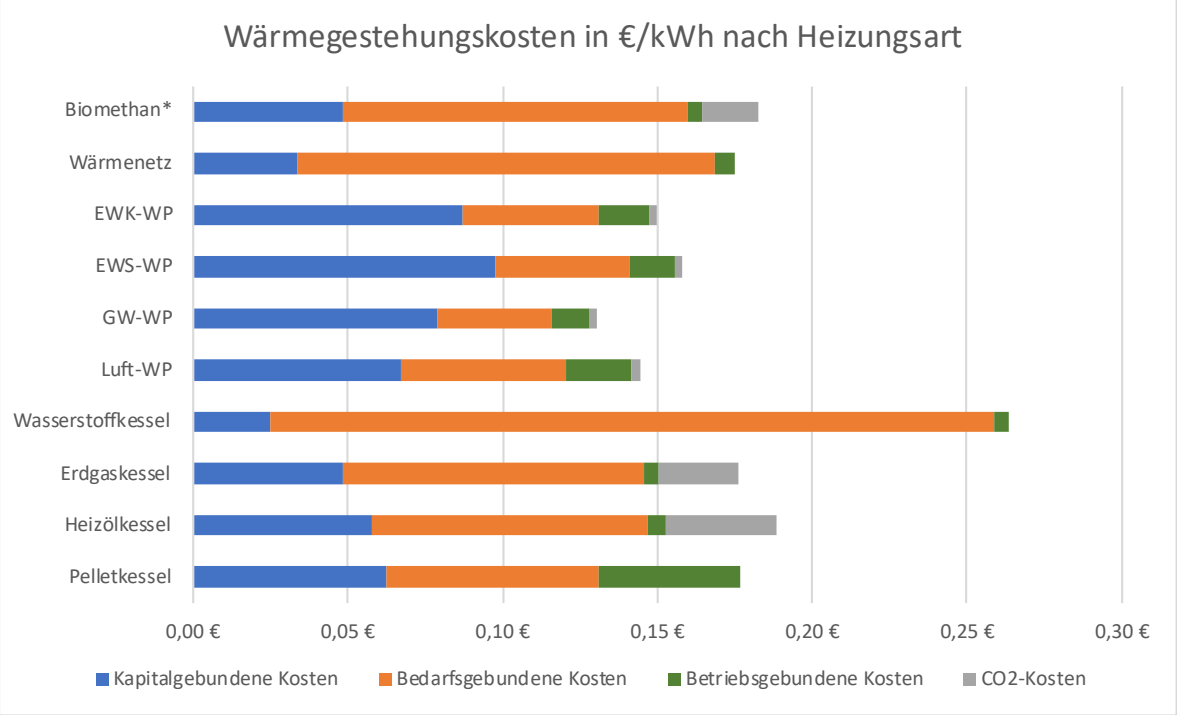



Abbildung 47: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgungsarten Mehrfamilienhaus

### 6.1.4 Gewerbe, Dienstleistung und Handel

Der Berechnung für ein typisches Gebäude für GHD werden die Rahmenparameter gemäß Tabelle 27 zugrunde gelegt.

Tabelle 27: Zugrundeliegende Rahmenparameter GHD-Gebäude

| Parameter | Werte |
|---|---|
| Gebäudetyp | GHD |
| Beheizte Nettogrundfläche | 559 m² |
| Wärmebedarf | 46.523 kWh |
| Heizlast | 26 kW |

In Tabelle 28 sind die Investitionskosten sowie die Nutzungsdauern der Komponenten der untersuchten Wärmeversorgungsarten dargestellt. Die Sonden-Wärmepumpe weist die mit Abstand höchsten Investitionskosten auf. Dies ist durch den großen Aufwand für Tiefbau für die Erdsonde(n) begründet. Die Luft-Wärmepumpe sowie die Pellet-Heizung sind deutlich günstiger. Zum Vergleich ist auch eine Heizöl- und Erdgasheizung mit konventionellen Energieträgern dargestellt. Eine Wasserstoffheizung wäre nach Förderung in der Investition am günstigsten.

Tabelle 28: Investitionskosten und Nutzungsdauern Wärmeversorgungsarten GHD-Gebäude

| | Pellets | Heizöl | Erdgas | Was-ser-stoff | Luft-WP | GW-WP | EWS-WP | EWK-WP | Wär-menetz | Biogas (GModG) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Heizung [€] | 32.363 | 7.038 | 6.227 | 6.851 | 38.115 | 21.363 | 26.226 | 29.439 | 9.346 | 6.227 |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 20 |
| Geringinv. Maßnahmen* [€] | 3.486 | 3.486 | 3.486 | 3.486 | 3.486 | 3.486 | 3.486 | 3.486 | 3.486 | 3.486 |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Heizflächentausch [€] | | | | | 8.169 | 8.169 | 8.169 | 8.169 | | |
| Nutzungsdauer [a] | | | | | 30 | 30 | 30 | 30 | | |
| Erschließungskosten Wär-mequelle [€] | | | | | | 33.902 | 49.218 | 33.981 | | |
| Nutzungsdauer [a] | | | | | | 40 | 40 | 40 | | |
| Hausanschluss Wärme-netz [€] | | | | | | | | | 8.280 | |
| Nutzungsdauer [a] | | | | | | | | | 40 | |
| Schornsteinertüchtigung [€] | 2.628 | 1.075 | 1.075 | 1.075 | | | | | | 1.075 |
| Nutzungsdauer [a] | 50 | 50 | 50 | 50 | | | | | | 50 |
| Heizöltank [€] | | 3.361 | | | | | | | | |
| Nutzungsdauer [a] | | 30 | | | | | | | | |
| Pelletlager [€] | 4.842 | | | | | | | | | |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | | | | | | | | | |
| Pufferspeicher [€] | 9.954 | 9.954 | 9.954 | 9.954 | 9.954 | 9.954 | 9.954 | 9.954 | 9.954 | 9.954 |
| Nutzungsdauer [a] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| **Summe vor Förderung [€]** | **53.273** | **24.914** | **20.742** | **21.366** | **59.723** | **76.874** | **97.052** | **85.028** | **31.066** | **20.742** |
| Bundesförderung KfW522 [€] | -15.982 | | | -6.410 | -17.917 | -23.062 | -28.804 | -25.509 | -9.320 | |
| **Summe nach Förderung [€]** | **37.291** | **24.914** | **20.742** | **14.957** | **41.806** | **53.812** | **68.249** | **59.520** | **21.746** | **20.742** |

** beinhalten Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems (hydraulischen Abgleich, Dämmung der Verteilleitungen, Einstellung der Heizkurve, Absenkung der Systemtemperaturen)*

In Tabelle 29 sind die laufenden Kosten bzw. Annuitäten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Wärmepumpen aufgrund der geringen bedarfsgebundenen Kosten die mit Abstand geringsten Annuitäten aufweisen. Die höchsten Annuitäten hat Wasserstoff.

Tabelle 29: Laufende Kosten Wärmeversorgungsarten GHD-Gebäude

| | Pellets | Heizöl | Erdgas | Was-ser-stoff | Luft-WP | GW-WP | EWS-WP | EWK-WP | Wär-menetz | Biogas (GModG) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kapitalgebundene Kosten** | | | | | | | | | | |
| **Annuität (Investition) [€]** | **3.764** | **2.499** | **2.098** | **1.509** | **4.199** | **5.051** | **6.354** | **5.631** | **2.084** | **2.098** |
| | | | | | | | | | | |
| Wirkungsgrad | 0,90 | 0,93 | 0,99 | 0,99 | 3,75 | 5,35 | 4,60 | 4,60 | 0,95 | 0,99 |
| **Bedarfsgebundene Kosten** | | | | | | | | | | |
| Energieaufwand kWh/a | 51.692 | 50.025 | 46.993 | 46.993 | 12.406 | 8.696 | 10.114 | 10.114 | 48.972 | 46.993 |
| Energiekosten [€] | 3.206 | 4.166 | 4.526 | 11.748 | 2.481 | 1.739 | 2.023 | 2.023 | 6.242 | 4.526 |
| $CO_2$-Kosten [€] | 0 | 775 | 564 | 0 | 203 | 143 | 166 | 166 | 0 | 564 |
| **Annuität (Energie) [€]** | **3.206** | **4.166** | **4.526** | **10.881** | **2.481** | **1.739** | **2.023** | **2.023** | **6.242** | **5.183** |
| **Annuität ($CO_2$) [€]** | **0** | **1653** | **1202** | **0** | **137** | **96** | **112** | **112** | **0** | **858** |
| | | | | | | | | | | |
| **Betriebsgebundene Kosten** | | | | | | | | | | |
| Jährliche Fixkosten Wartung und Betrieb [€] | 1.942 | 246 | 187 | 206 | 953 | 534 | 656 | 736 | 280 | 187 |
| **Annuität [€]** | **1.942** | **246** | **187** | **206** | **953** | **534** | **656** | **736** | **280** | **187** |
| | | | | | | | | | | |
| **Summe Annuitäten [€]** | **8.911** | **8.564** | **8.013** | **12.596** | **7.770** | **7.420** | **9.144** | **8.502** | **8.606** | **8.326** |
| **Wärmegestehungskosten [ct/kWh]** | **19,15** | **18,41** | **17,22** | **27,07** | **16,70** | **15,95** | **19,65** | **18,27** | **18,50** | **17,90** |

In Abbildung 48 sind die Wärmegestehungskosten der untersuchten Wärmeversorgungsarten dargestellt.

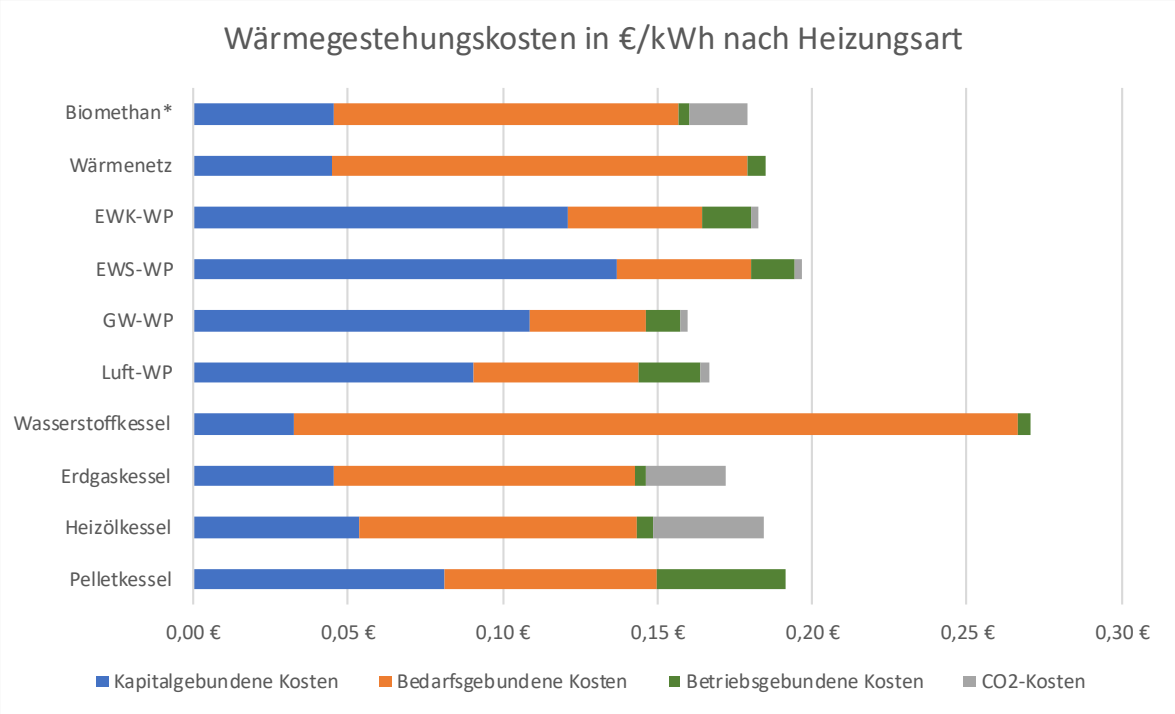



Abbildung 48: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgungsarten GHD-Gebäude

## 6.2 Umsetzungsmaßnahmen

Nachfolgend werden die Umsetzungsmaßnahmen aufgelistet.

### 6.2.1 Sanierung privater Gebäude

**Kurzbeschreibung:**

Um private Gebäudeeigentümer verstärkt für energetische Sanierungen zu gewinnen, wird eine umfassende Strategie zur Information und Motivation entwickelt. Im Mittelpunkt steht eine klare und verständliche Aufklärung über Fördermöglichkeiten, rechtliche Vorgaben sowie die langfristigen ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile von Sanierungsmaßnahmen.

Vorgeschlagen wird eine breit angelegte Informationskampagne, die durch leicht zugängliches Material ergänzt wird, um Sanierungsmöglichkeiten praxisnah zu vermitteln. Gleichzeitig sollen Gebiete mit ähnlichen Gebäudestrukturen ermittelt werden, um gezielte Sanierungsprogramme für ganze Quartiere zu ermöglichen. Erste Untersuchungen zur Identifizierung solcher Schwerpunktgebiete sind bereits im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erfolgt.

In Kapitel 0 sind die Gebiete mit erhöhtem Einsparpotential dargestellt

**Ziele:**

Reduzierung des Energieverbrauchs, Senkung der $CO_2$-Emissionen, Steigerung der Energieeffizienz, Unterstützung der Eigentümer bei der energetischen Sanierung.

**Priorität**

Mittel - niedrig

**Zeitraum für die Umsetzung:**

langfristig

**Geschätzte Kosten und Finanzierung**

Abhängig von individuellen Gegebenheiten und Umfang der Sanierungsmaßnahmen, Nutzung von staatlichen Förderprogrammen (aktuell z.B. BAFA Zuschüsse für Einzelmaßnahmen, KfW Komplettsanierung und Ergänzungskredit, Steuerboni)

**Akteure:**

**Kommunale Verwaltung:** Initiierung, Bewerben, Informationsmanagement.

**Planer und externe Berater, ausführende Betriebe:** Planungsbüros, Handwerksbetriebe o.ä. zur Beratung, Planung und Umsetzung, Energieberater

**Fördermittelgeber:** Antrag, Betreuung, Auszahlung der Fördermittel

**Öffentlichkeit und lokale Akteure:** Lokale Unternehmen zur Durchführung, Bürger als Empfänger der Öffentlichkeitsarbeit und v.a. Umsetzung.

**Empfohlene Handlungsschritte:**

**Identifikation von Schwerpunktgebieten:** Identifikation von Schwerpunktgebieten mit ähnlichen Gebäudetypologien, um kollektive Sanierungsmaßnahmen zu initiieren. Entsprechende Vorarbeiten und Gebiete mit erhöhtem Sanierungspotenzial wurden bereits im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erhoben und ausgewiesen.

**Öffentlichkeitsarbeit:** Organisation von Informationsveranstaltungen für die Eigentümer der privaten Gebäude, um über die Vorteile der Sanierung und die verfügbaren Fördermöglichkeiten zu informieren, Bereitstellung von Informationsmaterialien und Vermittlung von Kontakten zu Beratern und Beratungsangeboten.

**Beratung und Unterstützung:** Umfangreiche Beratung und Unterstützung der Eigentümer durch qualifizierte Berater und Handwerksbetriebe zu den Sanierungsmaßnahmen.

**Sanierungsziele festlegen:** Definition klarer Ziele für die Sanierung, wie z.B. Erreichung eines bestimmten Effizienzhausstandards

**Maßnahmenpakete schnüren:** Entwickelung konkreter Maßnahmenpakete, die die verschiedenen Sanierungsmaßnahmen umfassen.

**Zeitplan erstellen:** Erstellen eines detaillierten Zeitplans für die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen.

**Fördermittel beantragen:** Beantragung staatlicher Fördermittel wie die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), die Zuschüsse und zinsvergünstigte Kredite für Sanierungsmaßnahmen bietet

**Umsetzung der Maßnahmen:** Umsetzung der geplanten Sanierungsmaßnahmen durch qualifizierte Handwerksbetriebe

**Monitoring und Controlling:** Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Fortschritte und Erfolge der Sanierungsmaßnahmen. Dies umfasst die Erfassung der Energieeinsparungen und $CO_2$-Reduktionen, Einarbeitung in den Fortschrittsbericht

### 6.2.2 Sanierung kommunaler Gebäude

**Kurzbeschreibung:**

Eine nachhaltige Sanierungsstrategie für kommunale Gebäude spielt eine zentrale Rolle bei der Erreichung von Energieeinspar- und Klimaschutzzielen. Gerade öffentliche Einrichtungen wie Schulen, Rathäuser, Sporthallen etc. bieten große Möglichkeiten, den Energieverbrauch signifikant zu senken und $CO_2$-Emissionen zu reduzieren.

Durch gezielte Modernisierungsmaßnahmen kann die Kommune nicht nur langfristig Betriebskosten einsparen, sondern auch als Vorbild für klimafreundliches Bauen und Sanieren agieren. Die Strategie beginnt mit einer detaillierten Analyse des Gebäudebestands, um Einsparpotenziale und bauliche Schwachstellen zu identifizieren. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird ein Maßnahmenkatalog entwickelt, der unter anderem den Austausch veralteter Heizsysteme, die Optimierung der Gebäudedämmung und die Integration energieeffizienter Technologien umfasst.

**Ziele:**

Reduzierung des Energieverbrauchs, Senkung der $CO_2$-Emissionen, Steigerung der Energieeffizienz, Senkung der Betriebskosten, Vorbildfunktion, Umsetzung der kommunalen Wärmewendestrategie.

**Priorität**

Mittel

**Zeitraum für die Umsetzung:**

langfristig

**Geschätzte Kosten und Finanzierung**

Abhängig von individuellen Gegebenheiten und Umfang der Sanierungsmaßnahmen, Nutzung von staatlichen Förderprogrammen (aktuell KfW-Zuschuss)

**Akteure:**

**Kommunale Verwaltung:** Beauftragung und Betreuung, Planung, Fördermittel und Umsetzung, Koordination durch Gebäudemanagement, Bauamt.

**Planer und externe Berater, ausführende Betriebe:** Planungsbüros, Handwerksbetriebe o.ä. zur Planung, Beratung und Umsetzung

**Fördermittelgeber:** Antrag, Betreuung, Auszahlung der Fördermittel

**Öffentlichkeit und lokale Akteure:** Lokale Unternehmen zur Durchführung, Bürger als Empfänger der Öffentlichkeitsarbeit hinsichtlich Vorbildfunktion der Kommune.

**Empfohlene Handlungsschritte:**

**Bestandsaufnahme und Potenzialanalyse:** Durchführung einer Bestandsaufnahme der kommunalen Gebäude und Erstellung einer Potenzialanalyse zur Identifikation geeigneter Sanierungsmaßnahmen.

**Entwicklung der Sanierungsstrategie:** Entwicklung einer umfassenden Sanierungsstrategie, die konkrete Maßnahmen zur energetischen Sanierung umfasst. Dies umfasst die Dämmung von Gebäudehüllen, den Austausch veralteter Heizungssysteme und die Integration erneuerbarer Energien.

**Finanzierung und Förderung:** Beantragung von Fördermitteln und Finanzierung der Sanierungsmaßnahmen.

**Planung:** Erstellung Planungsunterlagen durch qualifizierten Planer und Energieberater.

**Ausschreibung und Vergabe:** Durchführung einer Ausschreibung zur Auswahl geeigneter Unternehmen für die Sanierungsmaßnahmen.

**Umsetzung:** Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen durch qualifizierte Handwerksbetriebe und Überwachung der Arbeiten.

**Monitoring und Controlling:** Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Fortschritte und Erfolge der Sanierungsmaßnahmen. Dies umfasst die Erfassung der Energieeinsparungen und $CO_2$-Reduktionen, Einarbeitung in den Fortschrittsbericht

### 6.2.3 Umstellung öffentlicher Gebäude auf erneuerbare Energien

**Kurzbeschreibung:**

Die öffentliche Hand kann als treibende Kraft eine nachhaltige und klimafreundliche Wärmeversorgung aktiv gestalten und dabei eine Vorreiterrolle übernehmen. Durch eine strategische Planung und konsequente Umsetzung zeigt sie, dass eine zukunftsfähige Wärmeversorgung nicht nur machbar, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll ist. Damit nimmt sie ihre Verantwortung wahr und setzt ein starkes Zeichen als Vorbild für andere. Gleichzeitig kann die öffentliche Hand Investitionen in erneuerbare Energien anstoßen, Kooperationen mit lokalen Unternehmen und Energieversorgern stärken und durch innovative Pilotprojekte neue Impulse für die Wärmewende setzen. Neben der Vorbildfunktion muss die Kommune aber auch den gesetzlichen Vorgaben gerecht werden.

**Ziele:**

Vorbildfunktion, Erfüllung gesetzlicher Vorgaben, Umsetzung der Ziele der kommunalen Wärmeplanung in den kommunalen Liegenschaften.

**Priorität**

Hoch - mittel

**Zeitraum für die Umsetzung:**

mittelfristig

**Geschätzte Kosten und Finanzierung**

Abhängig von individuellen Gegebenheiten und Umfang der Sanierungsmaßnahmen, Nutzung von staatlichen Förderprogrammen (aktuell KfW-Zuschuss)

**Akteure:**

**Kommunale Verwaltung:** Beauftragung und Betreuung, Planung, Fördermittel und Umsetzung, Koordination durch Gebäudemanagement, Bauamt

**Planer und externe Berater, ausführende Betriebe:** Planungsbüros, Handwerksbetriebe o.ä. zur Planung, Beratung und Umsetzung

**Fördermittelgeber:** Antrag, Betreuung, Auszahlung der Fördermittel

**Öffentlichkeit und lokale Akteure:** Energieversorger, lokale Unternehmen zur Durchführung, Bürger als Empfänger der Öffentlichkeitsarbeit hinsichtlich Vorbildfunktion der Kommune.

**Empfohlene Handlungsschritte:**

**Bestandsaufnahme und Potenzialanalyse:** Durchführung einer Bestandsaufnahme der bestehenden Wärmeversorgung in den kommunalen Liegenschaften, Erstellung einer Potenzialanalyse zur Identifikation geeigneter erneuerbarer Energiequellen, Nutzung der Ergebnisse der KWP.

**Planung:** Erstellung Planunterlagen und Beantragung von Fördermitteln.

**Ausschreibung und Vergabe:** Durchführung einer Ausschreibung zur Auswahl geeigneter Unternehmen für die Umsetzung.

**Umsetzung:** Bau und Installation der erneuerbaren Energieanlagen.

**Monitoring: und Controlling** Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Fortschritte und Erfolge der Umstellungsmaßnahmen. Dies umfasst die Erfassung der Energiemengen und $CO_2$-Reduktionen, Einarbeitung in den Fortschrittsbericht.

### 6.2.4 Kommunikation der Ergebnisse an die relevanten Akteure

**Kurzbeschreibung:**

Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung, insbesondere zur Potenzialanalyse, Szenarienentwicklung und der Betrachtung der Fokusgebiete, sollen zielgruppengerecht aufbereitet und über geeignete Kanäle kommuniziert werden. Dies umfasst v.a. die für Wärmenetze geeigneten Gebiete. Die betrachteten Fokusgebiete machen v.a. die wirtschaftlichen Vorteile deutlich. Über geeignete Austauschformate (Runde Tische, Informationsveranstaltungen) sind die betroffenen Akteure einzubinden und zu informieren.

**Ziele:**

Sicherstellung, dass alle relevanten Akteure – insbesondere Bürger, Energieversorger, Verwaltung und weitere Stakeholder – über die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung informiert und aktiv eingebunden werden. Förderung der aktiven Mitwirkung und Verbesserung der Umsetzungsfähigkeit durch frühzeitige Kommunikation

**Priorität:**

Hoch

**Zeitraum für die Umsetzung:**

kurzfristig, fortlaufend

**Geschätzte Kosten und Finanzierung**

Personalaufwand, abhängig vom geplanten Umfang, Kosten gering

**Akteure:**

**Kommunale Verwaltung:** Unterstützung aus der Verwaltung, Zusammenarbeit mit dem Landkreis (Abteilung Klimaschutzmanagement)

**Planer und externe Berater:** Unterstützung, Informationsbereitstellung, Diskussionspartner, Erfahrungsaustausch.

**Öffentlichkeit und lokale Akteure:** Unterstützung durch Handwerksbetriebe, lokale Unternehmen, Energieversorger; Einbindung der Bürger zur Sicherstellung der Akzeptanz und der Umsetzung, speziell die Gebäudebesitzer und Ankerkunden in den Fokusgebieten.

**Empfohlene Handlungsschritte:**

**Zielgruppenanalyse:**
Identifikation und Priorisierung relevanter Zielgruppen (z. B. Bevölkerung, Wohnungswirtschaft, Energieversorger, Verwaltung, Politik).

Ermittlung der jeweiligen Informationsbedarfe und Kommunikationskanäle.

**Kommunikationsstrategie entwickeln:**
Festlegung von Kommunikationszielen je Zielgruppe.

Auswahl geeigneter Formate und Kanäle (z. B. Veranstaltung, Flyer, Website).

Entwicklung eines Zeit- und Maßnahmenplans für die Kommunikation.

**Inhalte zielgruppengerecht aufbereiten:**

Erstellung verständlicher und visuell ansprechender Informationen (z. B. Infografiken, Steckbriefe, Präsentationen).

Übersetzung technischer Inhalte in eine allgemein verständliche Sprache.

Auswahl praxisnaher Beispiele und Nutzenargumente.

Kommunikationsmaterialien erstellen und bereitstellen:
Präsentation aus der KWP für die Vorstellung der Fokusgebiete nutzbar

Erstellung von Flyern, Broschüren, Präsentationen und Online-Content.

Fortführung und Aktualisierung der Website oder Unterseite.

Bereitstellung der Materialien als Download

Öffentlichkeitsarbeit & Dialogformate umsetzen:
Organisation und Durchführung von Infoveranstaltungen, Bürgerversammlungen und themenspezifischen Workshops.

Nutzung lokaler Medien (Presse, Gemeindeblatt) zur Bekanntmachung.

Ansprache von Schlüsselakteuren persönlich oder im Rahmen von Fachgesprächen.

Kommunikation fortlaufend pflegen und aktualisieren:
Regelmäßige Aktualisierung von Informationen bei Fortschritten oder neuen Maßnahmen.

Verstetigung der Kommunikation über bestehende Kanäle (z. B. Newsletter, Social Media, Infokästen)

Regelmäßige Austauschformate (Runder Tisch, Infoveranstaltungen, Infoschreiben etc.)

### 6.2.5 Niedrigschwelliges Informationsangebot für Bürger schaffen

**Kurzbeschreibung:**

Die Entwicklung eines barrierefreien Informationsangebots für die Bürger hat das Ziel, die Bevölkerung auf einfache und verständliche Weise über die Chancen und Vorteile der Wärmewende zu informieren. Dazu gehört die Bereitstellung von zugänglichen und leicht verständlichen Informationen zu Themen wie Energieeinsparung, Nutzung erneuerbarer Energien und verfügbaren Förderprogrammen. Das Hauptziel ist, das Bewusstsein und die Akzeptanz der Bürger für die Wärmewende zu steigern und sie zu ermutigen, aktiv an der Umsetzung mitzuwirken.

**Ziele:**

Erhöhung der Akzeptanz und Beteiligung der Bürger an der Wärmewende, Förderung des Bewusstseins für Energieeinsparung und erneuerbare Energien, Unterstützung der Bürger bei der Umsetzung von Maßnahmen.

**Priorität**

Niedrig

**Zeitraum für die Umsetzung:**

mittelfristig

**Geschätzte Kosten und Finanzierung**

gering

**Akteure:**

**Kommunale Verwaltung:** Initiierung, Bewerben, Informationsmanagement, Koordination durch verantwortliche Stellen Umweltamt, städt. Energieberatung.

**Planer und externe Berater, ausführende Betriebe:** Planungsbüros, Handwerksbetriebe, Energieberater o.ä. zur Beratung und Planung

**Öffentlichkeit und lokale Akteure:** Lokale Unternehmen für die Beratung, Bürger als Empfänger des Informationsangebots.

**Empfohlene Handlungsschritte:**

**Bedarfsanalyse und Zielsetzung:** Durchführung einer Bedarfsanalyse zur Ermittlung der Informationsbedürfnisse der Bürger und Festlegung konkreter Ziele für das Informationsangebot.

**Entwicklung des Informationsangebots:** Erstellung von leicht verständlichen Informationsmaterialien zu Themen wie Energieeinsparung, Nutzung erneuerbarer Energien und Fördermöglichkeiten. Dies kann in Form von Broschüren, Flyern, Online-Ressourcen und interaktiven Tools erfolgen. Nutzung von Best-Practise-Beispielen und bereits bestehenden Informationsangeboten.

**Einrichtung von Informationsstellen:** Einrichtung von Informationsstellen in öffentlichen Gebäuden (z.B. Rathaus), wo Bürger sich persönlich beraten lassen können, Einrichten einer Informationsseite auf der Homepage, Nutzung von sozialen Medien, Flyern etc.

**Öffentlichkeitsarbeit und Sensibilisierung:** Durchführung von Informationsveranstaltungen, Workshops und Sensibilisierungskampagnen, um die Bevölkerung über die Wärmewende zu informieren und zu motivieren.

**Online-Plattformen und digitale Tools:** Entwicklung und Bereitstellung von Online-Plattformen und digitalen Tools, die den Bürgern helfen, Informationen zu finden und Maßnahmen zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien umzusetzen.

### 6.2.6 Kontinuierliche Neubewertung der Versorgungslage mit Wasserstoff und Gasnetzumstellung

**Kurzbeschreibung:**

Die Energienetze Bayern GmbH treiben die Planung für die vollständige Umstellung Ihres Gasnetzes auf Wasserstoff voran. Die Gemeinde Inning liegt weitab vom geplanten Kernnetz und bis zum Jahr 2035 ist mit keinem Wasserstoffverteilnetz bis zur Gemeinde Inning zu rechnen. Daher ist die physische Verfügbarkeit von Wasserstoff vor 2045 realistischerweise nicht zu erwarten. Die Reihenfolge und Zeitschiene kann sich durch politische und Marktentwicklungen (insbes. Wasserstoffverfügbarkeit) noch ändern.

**Ziele:**

Kontinuierliche Neubewertung der Versorgungslage mit Wasserstoff in enger Abstimmung mit dem Gasnetzbetreiber Energienetze Bayern GmbH und Prüfung der möglichen Einbindung von Wasserstoff in die zukünftige Wärmversorgungsinfrastruktur der Gemeinde.

**Priorität**

Hoch

**Zeitraum für die Umsetzung:**

fortlaufend

**Geschätzte Kosten und Finanzierung**

Vorläufig gering, Verwaltungs- und Abstimmungsaufwand

**Fördermöglichkeiten:**

-

**Akteure:**

**Kommunale Verwaltung:** Abfragen von Sachständen und Neubewertung der Versorgungslage.

**Gasnetzbetreiber:** Energienetze Bayern GmbH, Datenbereitstellung und Sachstandsberichte

**Lokale Akteure:** Lokale Unternehmen insbesondere Großabnehmer Erdgas, unternehmerische Strategieentwicklung und Energiemanagement, Austausch mit öffentlichen Stellen.

**Empfohlene Handlungsschritte:**

**Regelmäßiger Austausch**: Jährliches Update des Gasnetzbetreibers zum Sachstand der Wasserstoff-Netzentwicklung einholen.

**Umsetzung**: Einbindung der Sachlage in laufende Umsetzungsplanung und Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung.

### 6.2.7 Regelmäßige Erstellung eines Controlling-Berichts

**Kurzbeschreibung:**

Der Controlling-Bericht dient dazu, die Fortschritte und Erfolge der kommunalen Wärmeplanung kontinuierlich zu überwachen, zu evaluieren und transparent zu dokumentieren. Dieser Bericht ist ein wesentliches Instrument, um eine fundierte Entscheidungsbasis für die weitere Planung und Umsetzung

von Maßnahmen im Rahmen der Wärmewende zu schaffen. Dabei werden nicht nur der aktuelle Energieverbrauch und die $CO_2$-Emissionen erfasst, sondern auch die konkreten Einsparungen, die durch bereits umgesetzte Maßnahmen erzielt wurden. Der Controlling-Bericht bietet somit eine umfassende Übersicht über den Stand der Umsetzung und hilft dabei, notwendige Anpassungen oder neue Ziele für die kommenden Jahre festzulegen.

### Ziele:

Systematische Überwachung und Dokumentation der Fortschritte der Wärmewende, Bereitstellung einer fundierten Entscheidungsgrundlage, Identifikation von Optimierungspotenzialen.

### Priorität

Niedrig

### Zeitraum für die Umsetzung:

langfristig, fortlaufend

### Geschätzte Kosten und Finanzierung

Kosten gering, relevanter Verwaltungsaufwand

### Akteure:

**Hauptakteure:** Kommunale Verwaltung

**Unterstützende Akteure:** Energieversorger, Energieberater.

**Einfluss Kommune:** Die Kommune hat direkten Einfluss.

### Empfohlene Handlungsschritte:

**Einrichtung eines Controlling-Systems:** Entwicklung und Implementierung eines Controlling-Systems zur systematischen Erfassung und Analyse der relevanten Daten.

**Datenerhebung und -aufbereitung:** Systematische Erhebung und Aufbereitung der relevanten Daten. Dies umfasst die Zusammenarbeit mit Energieversorgern, Schornsteinfegern und anderen relevanten Akteuren.

**Erstellung des Controlling-Berichts:** (Jährliche) Abfragen von Energieverbräuchen und Kaminkehrerdaten zur Erstellung eines Controlling-Berichts, der die Fortschritte und Erfolge der Wärmewende dokumentiert. Der Bericht sollte eine Analyse der Daten, eine Bewertung der umgesetzten Maßnahmen und Empfehlungen für weitere Schritte enthalten.

**Präsentation und Kommunikation:** Präsentation des Controlling-Berichts an die kommunale Verwaltung und die Entscheidungsträger. Durchführung von Informationsveranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit, um die Bevölkerung über die Fortschritte der Wärmewende zu informieren.

Monitoring und Evaluation: Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Wirksamkeit des Controlling-Systems und der erstellten Berichte. Dies umfasst die Anpassung und Optimierung des Systems basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen.

### 6.2.8 Durchführung einer Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 für Wärmenetzgebiete

**Kurzbeschreibung:**

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wurden zwei Gebiete als Wärmenetzgebiete mit hoher Eignung ausgewiesen. Um die Realisierbarkeit, Ausgestaltung und den Umfang potentieller Wärmenetze fundiert zu prüfen, sollte eine Machbarkeitsstudie gemäß den Vorgaben der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) durchgeführt werden. Diese Untersuchung umfasst eine detaillierte Analyse der bestehenden Infrastruktur sowie eine Bewertung des zukünftigen Potenzials für ein Wärmenetz. Dabei werden zentrale Rahmenbedingungen geprüft und verschiedene Versorgungsoptionen hinsichtlich ihrer technischen Machbarkeit und wirtschaftlichen Tragfähigkeit betrachtet sowie unterschiedliche Betreibermodelle oder Business-Cases untersucht. Auf Basis dieser Erkenntnisse sollen konkrete Erzeugungskonzepte entwickelt und optimiert werden. Die Gemeinde Inning sollte hier als Schnittstelle fungieren.

**Ziele:**

Bewertung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit eines neuen Wärmenetzes, Untersuchung von potenziellen Betreibermodellen und Business-Cases, Erstellung einer fundierten Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung. Der Abschluss von BEW Modul 1 eröffnet den Zugang zu Förderungen nach Modul 2- 4 (Netzausbau, Einzelmaßnahmen, Betriebskostenförderung).

**Priorität**

Hoch

**Zeitraum für die Umsetzung:**

kurzfristig, 1-2 Jahre

**Geschätzte Kosten und Finanzierung**

Bis ca. 100.000 €, abzgl. Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

**Fördermöglichkeiten:**

Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), bis zu 50 %

**Akteure:**

**Kommunale Verwaltung:** Beantragung Fördermittel, Ausschreibung von Dienstleistungen, Unterstützung und Koordination bei der Durchführung, Kommunikation mit Industrie, Abnehmer.

**Planer und externe Berater:** Durchführung der Untersuchungen und Studie

**Fördermittelgeber:** Antrag, Betreuung, Auszahlung der Fördermittel

**Lokale Akteure:** Gebäudeeigentümer, öffentliche Liegenschaften und GHD als Ankerkunden

**Empfohlene Handlungsschritte:**

**Ist-Analyse:** Durchführung einer Ist-Analyse des Wärmenetzgebiets. Hierzu können die auch die Erhebungen des Wärmeplans (Wärmekataster) herangezogen werden.

**Soll-Analyse:** Erstellung einer Soll-Analyse zur Identifikation der Potenziale für Neubau eines zentralen, leitungsgebundenen Wärmenetzes, unter Berücksichtigung regenerativer Energiequellen und Abwärme und Festlegung des zu betrachtenden Umgriffs.

**Bewertung der Wärmeversorgungskonzepte:** Ökologisch-ökonomische Bewertung verschiedener Wärmeversorgungskonzepte, einschließlich der Nutzung von Solarthermie, Wärmepumpen, Biomasse und Abwärme.

**Erstellung der Machbarkeitsstudie:** Zusammenführung der Ergebnisse der Ist- und Soll-Analyse sowie der Bewertung der Wärmeversorgungskonzepte in einer umfassenden Machbarkeitsstudie.

**Öffentlichkeitsarbeit:** Durchführung von Informationsveranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit, um die Bevölkerung über die geplanten Maßnahmen zu informieren und Akzeptanz zu schaffen.

**Entscheidungsfindung:** Präsentation der Machbarkeitsstudie und der empfohlenen Maßnahmen an die kommunale Verwaltung und Entscheidungsträger und Bevölkerung zur weiteren Umsetzung.

### 6.2.9 Vorbereitung und Begleitung des Aufbaus von Wärmenetzen

**Kurzbeschreibung:**

Für mögliche neue Wärmenetze sind Wärmenetzneubaugebiete und Prüfgebiete im kommunalen Wärmeplan ausgewiesen

Um mehr private Gebäudeeigentümer für den Anschluss an das Wärmenetz zu gewinnen, sollten ausführliche Werbekampagnen durchgeführt werden. Im Mittelpunkt steht eine klare und verständliche Aufklärung über Fördermöglichkeiten, rechtliche Vorgaben sowie die langfristigen ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile der Wärmenetzversorgung. Die Werbe- und Informationskampagne hat federführende durch neue Wärmenetzbetreiber zu erfolgen und sollte durch die Gemeinde Inning begleitet werden.

Gleichzeitig sollte der Kontakt zu Institutionen, Wärmenetzbetreibern, Dienstleistern und weiteren Dritten gehalten oder vertieft werden, um die Umsetzung neuer Wärmeerzeugungsanlagen durch mögliche Kooperationspartner, Investoren und fachliche Beratungsexpertise wahrscheinlicher zu machen. Die Verwaltung dient als kommunale Anlaufstelle für Anliegen der Wärmversorgung zur Vernetzung/Vermittlung von Abnehmern und Akteuren.

Die zukünftigen, neuen Wärmenetzbetreiber sind verantwortlich für die Umsetzung und den Betrieb von Wärmenetzen.

**Ziele:**

Aufbau erneuerbarer Wärmenetze im Gemeindegebiet und Erhöhung der Anschlussquoten an die Wärmenetze. Effizienzsteigerung, Senkung der $CO_2$-Emissionen, Erreichung der Ziele der KWP und der gesetzlichen Klimaschutzziele.

**Priorität**

Hoch

**Zeitraum für die Umsetzung:**

Mittel - langfristig

**Geschätzte Kosten und Finanzierung**

Siehe Machbarkeitsstudie für das Zielszenario

**Akteure:**

**Kommunale Verwaltung:** Unterstützung der Informationskampagne, Schnittstelle zu Institutionen, Dienstleistern und Dritten.

**Wärmenetzbetreiber:** Beratung, Planung, Umsetzung, Betrieb

**Fördermittelgeber:** Antrag, Betreuung, Auszahlung der Fördermittel

**Öffentlichkeit und lokale Akteure:** Gebäudeeigentümer als Empfänger der Öffentlichkeitsarbeit und Anschluss an das Wärmenetz.

**Empfohlene Handlungsschritte:**

**Öffentlichkeitsarbeit:** Organisation von Informationsveranstaltungen für die Eigentümer der privaten Gebäude, um über die Vorteile der Wärmenetzversorgung zu informieren, Bereitstellung von Informationsmaterialien. Zentrale Anlaufstelle Wärmenetzbetreiber.

**Beratung, Planung, Umsetzung und Betrieb:** Umfangreiche Beratung und Unterstützung der Eigentümer durch die Wärmenetzbetreiber, Angebotslegung, Umsetzung und Betrieb, zentrale Anlaufstelle für Fragen.

**Monitoring und Controlling:** Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Fortschritte und Erfolge der Nachverdichtung. Dies umfasst die Erfassung der Energiemengen und $CO_2$-Reduktionen, Einarbeitung in das Fortschrittsbericht

# 7 Anlagen

## 7.1 Quellenverzeichnis

[1] „Statistik kommunal für Bayern“. Zugegriffen: 8. November 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.statistik.bayern.de/produkte/statistik_kommunal/index.html
[2] Bayerisches Landesamt für Statistik, „Kehrbuchdaten 2023“.
[3] N. Langreder, F. Lettow, M. Sahnoun, S. Kreidelmeyer, A. Wünsch, und S. Lengning, „Technikkatalog Wärmeplanung“. [Online]. Verfügbar unter: https://api.kww-halle.de/fileadmin/user_upload/Technikkatalog_W%C3%A4rmeplanung_Version_1.1_August24.xlsx
[4] Deutsche Energie-Agentur GmbH, „KWW-Technikkatalog Wärmeplanung“. Dezember 2025.
[5] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, C. Voigtländer, M. Ebert, und P. Krause, „Energiedaten.Bayern - Schätzbilanz“, Aug. 2025.
[6] „Solarkataster / Landratsamt Starnberg Online“. Zugegriffen: 3. Februar 2026. [Online]. Verfügbar unter: https://www.lk-starnberg.de/B%C3%BCrgerservice/Umwelt-Natur-Klimaschutz/Energie-und-Klimaschutz/Solarenergie/Solarpotentialkataster/
[7] „Energie-Atlas Bayern – der Kartenviewer des Freistaats Bayern zur Energiewende“. Zugegriffen: 5. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.karten.energieatlas.bayern.de/
[8] Energie-Agentur KLIMA$^3$, „Seethermie in Bayern - Checkliste zur Vorprüfung für Kommunen und Vorhabenträger“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/publikationen/pdf/Seethermie-in-Bayern.pdf
[9] S. Ortner *u. a.*, „Leitfaden Wärmeplanung“, *Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*, 2024, [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/wohnen/leitfaden-waermeplanung-lang.html
[10] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V., „Klimaneutral mit Biomethan: Welche Regionen in Deutschland umsteigen könnten - Eine Kurzstudie“. Bonn, 04.20226. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/klimaneutral-biomethan-kurzstudie.pdf
[11] „Das neue Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG) | Vaillant“. Zugegriffen: 5. August 2026. [Online]. Verfügbar unter: https://www.vaillant.de/ratgeber/gesetze-verordnungen/gebaeude-modernisierungsgesetz/
[12] „Heizungsförderung für Privatpersonen – Wohngebäude (458) | KfW“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Förderprodukte/Heizungsförderung-für-Privatpersonen-Wohngebäude-(458)/
[13] „Heizungsförderung für Unternehmen – Nichtwohngebäude (522) | KfW“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-und-Umwelt/Förderprodukte/Heizungsförderung-für-Unternehmen-–-Nichtwohngebäude-(522)/
[14] C. Thelen *u. a.*, „Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem: Bundesländer im Transformationsprozess“, *Fraunhofer ISE*, Bd. 19, 2024, [Online]. Verfügbar unter: https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/wege-zu-einem-klimaneutralen-energiesystem.html
[15] „Statistischer Bericht - Daten zur Energiepreisentwicklung“, Statistisches Bundesamt. Zugegriffen: 2. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/statistischer-bericht-energiepreisentwicklung-5619001.html
[16] „Marktpreisvergleich“, C.A.R.M.E.N. e.V. Zugegriffen: 2. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick-erneuerbare-energien/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/
[17] M. Wietschel *u. a.*, *Preiselastische Wasserstoffnachfrage in Deutschland: Methodik und Ergebnisse*. Fraunhofer ISI, 2023.
[18] „waermepreise.info“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.waermepreise.info/wp-content/uploads/2026/04/Tabelle_Transparenzplattform_Stichtag-1-03-2026.csv
[19] „Gaspreise: Biogas-Tarife meist deutlich teuerer als Erdgas“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.zfk.de/energie/gas/gaspreise-biogas-tarife-meist-deutlich-teuerer-als-erdgas