



Große Kreisstadt
Schwandorf



Kommunale Wärmeplanung der Stadt Schwandorf

Bestandanalyse



Auftraggeberin:



Große Kreisstadt
Schwandorf

Stadt Schwandorf

Spitalgarten 1

92421 Schwandorf

Projektleitung: Dipl.-Ing. BD Reinhard Schade

Projektteam: M.Sc. Maria Pushkareva

Dr. Johannes Stapf

Kontakt: klimaschutz@schwandorf.de

Telefon: +49 (0) 9431 451 237

Auftragnehmerin:



zeitgeist engineering gmbh

Äußere Sulzbacher Straße 29

90491 Nürnberg

Ansprechperson: Herr Markus Rößler

Kontakt: markus.roessler@ib-zeitgeist.de

Telefon: +49 (0) 911 21707-410

Der Abschlussbericht zur kommunalen Wärmeplanung wurde im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative der Bundesregierung unter dem Förderkennzeichen **67K28151** mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Laufzeit: 03.2025 – 08.2026

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



1. Zusammenfassung

In der Bestandsanalyse im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wird die aktuelle Situation in der Wärme- und Stromversorgung aufgezeigt. Dazu wird die Flächennutzung sowie Siedlungsstruktur, die bestehenden Energieversorgungsanlagen und -netze und die Verteilung der Wärmeerzeuger analysiert. Darauf basierend wird eine Energie- und Treibhausgasbilanz erstellt.

Das bebaute Gebiet umfasst circa 17,2 % der Stadtfläche. Der Großteil der Wohnbebauung stammt aus den Jahren 1950-1970. Die Stromerzeugung vor Ort (bilanziert zum Ende 2023) erfolgt durch ca. 2.200 PV-Anlagen (meist kleiner als 30 kWp) mit ca. 49.408 MWh pro Jahr, sieben Biomasseanlagen mit 22.500 MWh/a, mehreren fossilen Anlagen mit ca. 12.600 MWh pro Jahr sowie dem Müllheizkraftwerk (MHKW), welches zwischen 110.000 MWh und 180.000 MWh Strom pro Jahr erzeugt. Darüber hinaus existieren kleine weitere Stromerzeugungsanlagen sowie eine Biomethananlage, welche in das Gasnetz einspeist. Das Gasnetz umfasst die ganze Kernstadt inklusive der Ortsteile Klardorf, Bubach a. d. Naab, Büchelkühn, Naabeck, Gögglbach, Fronberg, Krondorf, Ettmannsdorf-West und Kronstetten. Im Gebiet der Kernstadt, inklusive der Ortsteile Dachelhofen und Ettmannsdorf, existiert ein durch die Abwärme des MHKWs gespeistes Wärmenetz.

Im Bereich Wohnen & Kleinverbraucher stammt 65 % der erzeugten Energiemenge für Raumwärme und Warmwasser aus Erdgas und Heizöl, 16 % aus Biomasse sowie 14 % aus dem Fernwärmenetz. Bei der Verbrauchergruppe Industrie & Großgewerbe werden 66 % der Prozesswärme durch Prozessdampf des MHKWs gedeckt sowie 30 % durch Erdgas. Insgesamt macht Prozesswärme ca. 94 % der benötigten Wärme in der Industrie aus. Raumwärme und Warmwasser zur Versorgung von Öffentlichen Einrichtungen wird bereits zu 51 % durch das Wärmenetz bereitgestellt, 25 % stammen aus der Biomasse (Klärgas) und 21 % aus Erdgas. 81 % des Stromverbrauchs auf dem Stadtgebiet ist auf den Bereich Industrie & Großgewerbe zurückzuführen, 16 % auf Wohnen & Kleinverbraucher und 3 % auf die Öffentlichen Einrichtungen.

Insgesamt summiert sich der thermische Endenergieverbrauch aller Verbrauchergruppen im Stadtgebiet auf ca. 842.100 MWh pro Jahr. Der elektrische Endenergieverbrauch beläuft sich im Stadtgebiet auf 242.200 MWh pro Jahr. Dies entspricht einem Ausstoß von 209.700 t CO₂-Äquivalenten pro Jahr im Bereich Wärme 105.400 t CO₂-Äquivalenten pro Jahr im Bereich Strom 104.300 t CO₂-Äquivalenten pro Jahr.



Inhalt

1. Zusammenfassung.....	3
2. Bestandsanalyse	8
2.1. Datengrundlagen und Verbrauchergruppen	8
2.1.1. Datengrundlagen.....	8
2.1.2. Verbrauchergruppen	9
2.2. Flächennutzung und Siedlungsstruktur	10
2.2.1. Flächennutzung.....	10
2.2.2. Siedlungsstruktur	12
2.3. Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze	15
2.3.1. Energieerzeugungsanlagen.....	15
2.3.2. Analyse dezentraler Wärmeerzeuger	19
2.3.3. Versorgungsnetze der Wärmeversorgung	25
2.3.4. Stromversorgungsnetze	27
2.3.5. Abwasserkanalnetz	28
2.3.6. Glasfasernetz	29
2.4. Energiebilanz Wärme	31
2.4.1. Methodik Energiebilanz des IST-Zustands	31
2.4.2. Wohnen & Kleinverbraucher.....	36
2.4.3. Industrie & Großgewerbe	37
2.4.4. Öffentliche Einrichtungen	39
2.4.5. Zusammenfassung Energiebilanz Wärme	40
2.5. Wärmebedarf auf Baublockebene	43
2.5.1. Absoluter Wärmebedarf	43
2.5.2. Wärmebedarf pro Baublockfläche	46
2.5.3. Wärmelinienichte (WLD)	48
2.6. Energiebilanz Strom	50
2.6.1. Methodik	50
2.6.2. Zusammenfassung Energiebilanz Strom	50
2.7. Treibhausgasbilanz Wärme und Strom.....	52
3. Literaturverzeichnis	55
4. Hinweise	57



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Flächennutzung auf dem Stadtgebiet Schwandorf	11
Abbildung 2: Siedlungsentwicklung der Stadt Schwandorf inklusive anstehender Erschließung und potenzieller Erschließung bis 2040 (letztere lediglich beispielhaft)	12
Abbildung 3: Baublöcke unterschieden nach Hauptnutzungsarten	13
Abbildung 4: Baublöcke unterschieden nach überwiegendem Gebäudetyp	14
Abbildung 5: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen (außer PV) – Stand 15.04.2025	15
Abbildung 6: Standorte größerer PV-Anlagen – Stand 15.04.2025	16
Abbildung 7: Elektrische Leistungen und Erträge von Energieerzeugungsanlagen – Stand Ende 2023	17
Abbildung 8: Thermische Leistungen und Erträge von Energieerzeugungsanlagen – Stand Ende 2023	18
Abbildung 9: Auswertung Kaminkehrer-Daten Zentralheizungen	20
Abbildung 10: Auswertung der Kaminkehrer-Daten auf Baublockebene für den Stadtkern Schwandorf	22
Abbildung 11: Auswertung der Kaminkehrer-Daten auf Baublockebene für das südliche und nördliche Gebiet	22
Abbildung 12: Auswertung der Kaminkehrer-Daten auf Baublockebene für das nordwestliche Gebiet	23
Abbildung 13: Auswertung Zensus 2022 Wärmepumpen, Solar- Geothermieranlagen	24
Abbildung 14: Auswertung Zensus 2022 Stromheizungen	25
Abbildung 15: Leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken	27
Abbildung 16: Umspannwerke im Stadtgebiet	28
Abbildung 17: Kanalnetz mit Durchmesser größer-gleich 600 mm und Regenwasser (geklärtes Abwasser)	29
Abbildung 18: Fernwärme- und Gasverbräuche pro Jahr und Abnehmer witterungsbereinigt	32
Abbildung 19: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Wohnen & Kleinverbraucher ...	36
Abbildung 20: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie & Großgewerbe Raumwärme und Warmwasser	37
Abbildung 21: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie & Großgewerbe Prozesswärme	38
Abbildung 22: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch der Öffentlichen Einrichtungen	39
Abbildung 23: Energieverbrauch für Heiz- und Prozesswärme aufgeteilt auf Verbrauchergruppen	40
Abbildung 24: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen	41
Abbildung 25: Absoluter jährlicher Wärmebedarf Raumwärme und Warmwasser (Heatmap)	44
Abbildung 26: Absoluter jährlicher Wärmebedarf Prozesswärme (Heatmap)	44
Abbildung 27: Standorte von Großverbrauchern	45
Abbildung 28: Jährlicher Wärmebedarf pro Baublockfläche	47
Abbildung 29: Wärmelinien dichte des Nordwestlichen Stadtgebiets	48



Abbildung 30: Wärmeliniendichten des Nordens und Südens des Stadtgebiets	49
Abbildung 31: Wärmeliniendichten des Kernstadtgebiets	49
Abbildung 32: Endenergieverbrauch thermisch und elektrisch.....	53
Abbildung 33: Treibhausgasemissionen in CO ₂ -Äquivalente resultierend aus dem Endenergieverbrauch. Für das ganze Stadtgebiet aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen	54



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Datengrundlagen der Bestandsanalyse	8
Tabelle 2: Flächen nach Nutzungsart auf dem Stadtgebiet der Stadt Schwandorf [2]	10
Tabelle 3: Therm. und elektr. Leistungen und Energiemengen der Energieerzeugungsanlagen - Stand Ende 2023	17
Tabelle 4: Auflistung der Biogasanlagen	18
Tabelle 5: Gaserzeugungsleistung und eingespeiste Gasmenge der Biomethananlage	19
Tabelle 6: Auswertung Kaminkehrer-Daten Zentralheizungen	21
Tabelle 7: Auswertung Kaminkehrer-Daten Einzelraumfeuerstätten	21
Tabelle 8: Angenommene Leistung der Wärmeerzeugungsanlagen einzelner Energieträger	33
Tabelle 9: Thermischer Endenergieverbrauch des Bereichs Wohnen & Kleinverbraucher. Aufgeteilt auf Energieträger	36
Tabelle 10: Thermischer Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe Raumwärme und Warmwasser.	37
Tabelle 11: Thermischer Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe Prozesswärme.	38
Tabelle 12: Thermischer Endenergieverbrauch der öffentlichen Einrichtungen. Aufgeteilt auf Energieträger	39
Tabelle 13: Auf die Stadt summierter thermischer Endenergieverbrauch. Aufgeteilt auf Energieträger für das Jahr 2023	40
Tabelle 14: Kennwerte der Energiebilanz Wärme	41
Tabelle 15: Auflistung der Großverbraucher zu Abbildung 27	46
Tabelle 16: Stromeinspeisung aufgeteilt auf Energieerzeuger	50
Tabelle 17: Stromverbrauch 2023 aufgeteilt auf Verbrauchergruppen	51
Tabelle 18: Kennwerte der Energiebilanz Stromverbrauch	51
Tabelle 19: Emissionsfaktoren mit CO ₂ -Äquivalenten der einzelnen Energieträger	52
Tabelle 20: Kennwerte der Treibhausgasbilanz	54

2. Bestandsanalyse

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

Hierzu wird das Bilanzjahr 2023 als Ist-Zustand der Energieinfrastruktur betrachtet sowie für die Energie- und Treibhausgasbilanz verwendet.

2.1. Datengrundlagen und Verbrauchergruppen

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

2.1.1. Datengrundlagen

Für die Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung sind Daten externer Akteure eine Grundvoraussetzung. In Tabelle 1 sind tabellarisch die Quellen der jeweiligen Daten für die verschiedenen Abschnitte der Bestandsanalyse aufgelistet.

Hervorzuheben sind hierbei die durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (kurz STMWI) und das Landesamt für Statistik bereitgestellten Daten "Kurzgutachten Bayern", die eine bayernweite vereinheitlichte Datengrundlage von Kaminkehrerdaten und Wärmekatastern ermöglichen sollen.

Tabelle 1: Datengrundlagen der Bestandsanalyse

Kapitel	Datengrundlage
Gebäude- und Siedlungsstruktur	ALKIS, Große Kreisstadt Schwandorf, Bayern-Atlas, Zensus 2022, Kurzgutachten Bayern (STMWI)
Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze	Energie-Atlas Bayern, Marktstammdatenregister, lokale Akteure (städtische Wasser und Fernwärme-Versorgung), Kurzgutachten Bayern (STMWI)
Energiebilanz Wärme	Energie-Atlas Bayern, Kehrbuchdaten der Großen Kreisstadt Schwandorf, Fragebogen Industrie & Großgewerbe sowie Bürgerinnen und Bürger, Große Kreisstadt Schwandorf, Bayernwerk Netz GmbH, Städtische Wasser- und Fernwärmeversorgung Schwandorf
Energiebilanz Strombezug	Große Kreisstadt Schwandorf, Bayernwerk Netz GmbH, Energie-Atlas Bayern, Marktstammdatenregister, Fragebogen Industrie & Großgewerbe sowie Bürgerinnen und Bürger
Treibhausgasbilanz Wärme und Strom	Leitfaden und Technikkatalog Wärmeplanung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Emissionsfaktoren aus weiteren Literaturquellen
Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene	Kurzgutachten Bayern (STMWI), Fragebogen Industrie & Großgewerbe, Fragebogen Bürgerinnen und Bürger, Große Kreisstadt Schwandorf, Bedarfssimulation



2.1.2. Verbrauchergruppen

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

- Wohnen & Kleinverbraucher
- Industrie & Großgewerbe
- Öffentliche Einrichtungen

Die tatsächlichen Verbrauchswerte für Strom und Gas werden in Großkunden und Jahreskunden aufgeteilt. Somit sind Industrie & Großgewerbe separat aufgelistet und lassen sich von privaten Haushalten und kleineren Gewerbebetrieben unterscheiden. Die möglichen Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Wärmesektors sind bei Kleingewerbe und privaten Haushalten miteinander vergleichbar, da hier die Wärmeverbräuche in einer ähnlichen Größenordnung liegen und Prozesswärme keine Rolle spielt. Die Daten der Verbrauchergruppe Öffentliche Einrichtungen basieren auf den gebäudescharfen tatsächlichen, durch die Stadt übermittelten, Verbräuchen und lassen sich somit von den anderen beiden Verbrauchergruppen differenzieren. Die Abgrenzung dieser Verbrauchergruppe ist außerdem sinnvoll, da der Kommune bei eigenen Gebäuden und öffentlichen Verbrauchern andere Handlungsmöglichkeiten als den privaten Verbrauchern zur Verfügung stehen.

Definition „Öffentliche Einrichtungen“:

Unter Öffentlichen Einrichtungen werden nur Gebäude und Infrastruktur zusammengefasst, die sich im Eigentum der Kommune befinden. Gebäude, die zum Bund oder Landkreis gehören, werden der Industrie & dem Großgewerbe zugeordnet. Kirchliche Einrichtungen, Pflegeheime oder Sportstätten werden zu der Gruppe Wohnen & Kleinverbraucher gezählt. Die Verbandskläranlage wird den kommunalen Liegenschaften zugeschrieben, genauso wie der Stromverbrauch des städtischen Eigenbetriebs zu Wasser- und Stromversorgung. Die Klärschlamm-trocknungsanlage wurde als überregionale Infrastruktur Industrie & Großgewerbe zugeordnet.

2.2. Flächennutzung und Siedlungsstruktur

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wird die Flächennutzung und die Siedlungsstruktur auf dem Stadtgebiet untersucht. Diese Daten sind unter anderem für die Potenzialanalyse von Bedeutung.

2.2.1. Flächennutzung

Durch Auswertung der von der Kommune zur Verfügung gestellten ALKIS-Daten [1] und des Flächennutzungsplans wird ein Überblick über die Flächennutzung auf dem Stadtgebiet geschaffen. Abbildung 1 zeigt kartografisch die Flächennutzung im Stadtgebiet.

Basierend auf den Daten von Statistik kommunal [2] nimmt die Landwirtschaft circa 42 % der Fläche ein. Etwa ein Drittel des Stadtgebietes ist mit Wald bedeckt. Der Rest der Fläche wird überwiegend für Siedlung und Verkehr genutzt. In Tabelle 2 sind die Flächen nach Nutzungsart in Hektar und prozentual zum gesamten Stadtgebiet aufgelistet. Die Fläche des Stadtgebiets ist mit rund 124 km^2 vergleichbar mit weit größeren Städten, wobei Teile des Gebiets (wie z. B. westlich der Naab) entsprechend der Einwohnerzahl dünn besiedelt sind.

Tabelle 2: Flächen nach Nutzungsart auf dem Stadtgebiet der Stadt Schwandorf [2]

Nutzungsart	Fläche [ha]	Fläche [%]
Siedlungsfläche	1.389	11,2
Davon Wohnbau	583	4,7
Davon Industrie- und Gewerbe	383	3,1
Verkehr	779	6,3
Vegetation	9.640	77,9
Davon Landwirtschaft	5.219	42,2
Davon Wald	3.938	31,8
Gewässer	573	4,6
Gesamtes Gebiet	12.380	100,0

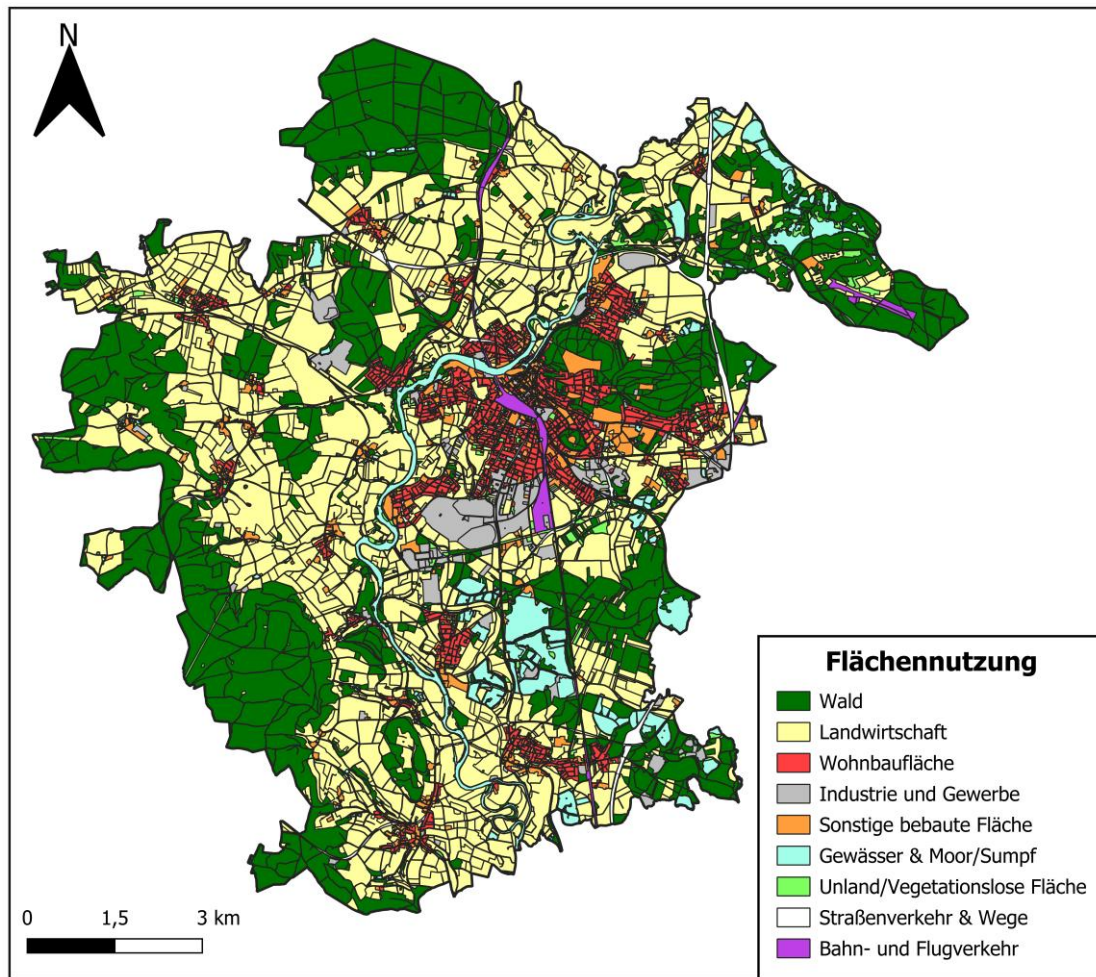


Abbildung 1: Flächennutzung auf dem Stadtgebiet Schwandorf

2.2.2. Siedlungsstruktur

Zur besseren Übersicht und um personenbezogene Daten zu schützen, wurde das bebaute Stadtgebiet in kleinere Baublöcke unterteilt. Die Grenzen der Blöcke folgen vor allem Straßen, Bahngleisen oder auch natürlichen Geländemerkmale wie Flüssen. Zudem wurden Flächen, in denen Gebäude derselben Bauperiode stehen und ähnliche Nutzungen haben, in einem Block zusammengefasst. In Industriegebieten oder in Gebieten mit heterogener Bebauung variieren die Blockgrößen deshalb etwas stärker.

Abbildung 2 zeigt das durchschnittliche Alter der einzelnen Baublöcke. Jeder Block wird entsprechend der dominierenden Baualtersklasse der darin stehenden Gebäude klassifiziert. Die zugrunde liegenden Daten stammen hauptsächlich aus dem Kurzgutachten Bayern und wurden mit dem Zeitreise-Tool des Bayern Atlas ergänzt. Ein Abgleich mit den der Bauordnung der Stadt vorliegenden Baugenehmigungen erwies sich aufgrund der damit verbundenen Ungenauigkeiten und Lücken als zu fehlerbehaftet.

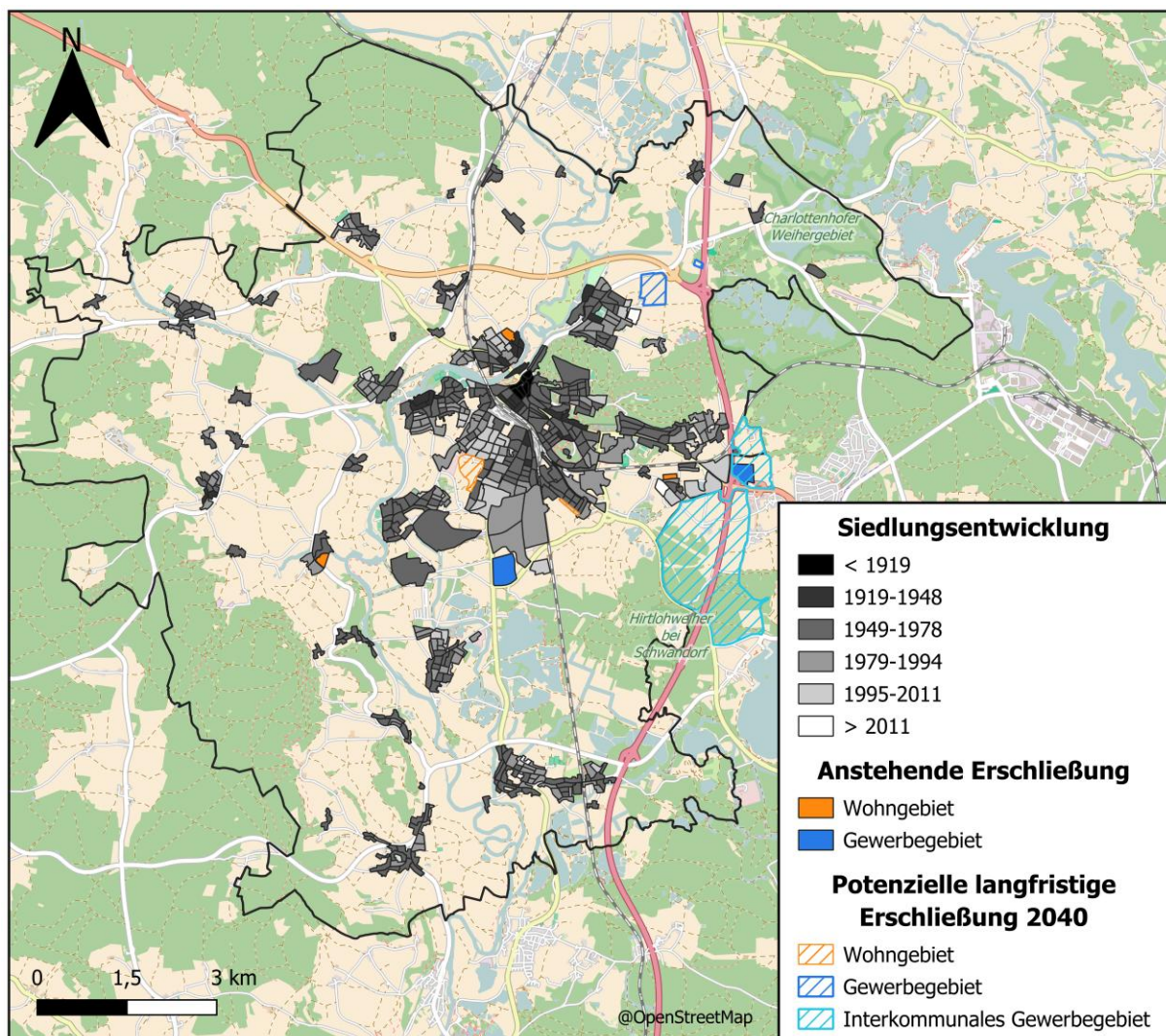


Abbildung 2: Siedlungsentwicklung der Stadt Schwandorf inklusive anstehender Erschließung und potenzieller Erschließung bis 2040 (letzte lediglich beispielhaft)

Deutlich wird, dass die meisten Baublöcke zwischen den 1950er und 1970er Jahren errichtet wurden. Neuere Wohngebiete finden sich vereinzelt, zum Beispiel das Egelseegebiet sowie in den Ortsteilen Fronberg, Klardorf, Büchelkuhn und Niederhof. Neben der Siedlungsentwicklung der vergangenen Jahre sind auch anstehende Entwicklungen aus dem Bestands-Flächennutzungsplan (FNP) sowie vorläufige bei der FNP-Fortschreibung getätigte Abschätzungen der bis in das Jahr 2040 zu erwartende Entwicklung von Wohn- und Gewerbeflächen gekennzeichnet.

In Abbildung 3 sind die Baublöcke nach ihrer Hauptnutzung eingeteilt. Dabei wird unterschieden zwischen:

- **Wohngebiet** (vorwiegend privat genutzte Häuser oder Wohnungen)
- **Industrie & Gewerbe** (Fabriken, Werkstätten, Geschäfte, Dienstleistungsbetriebe, Landwirtschaft)
- **Öffentliche Gebäude** (Schulen, Kindergärten, Kirchen, Rathäuser, Krankenhäuser, Polizei usw.)
- **Mischgebiet** (Flächen, auf denen verschiedene Nutzungen eng beieinander liegen)

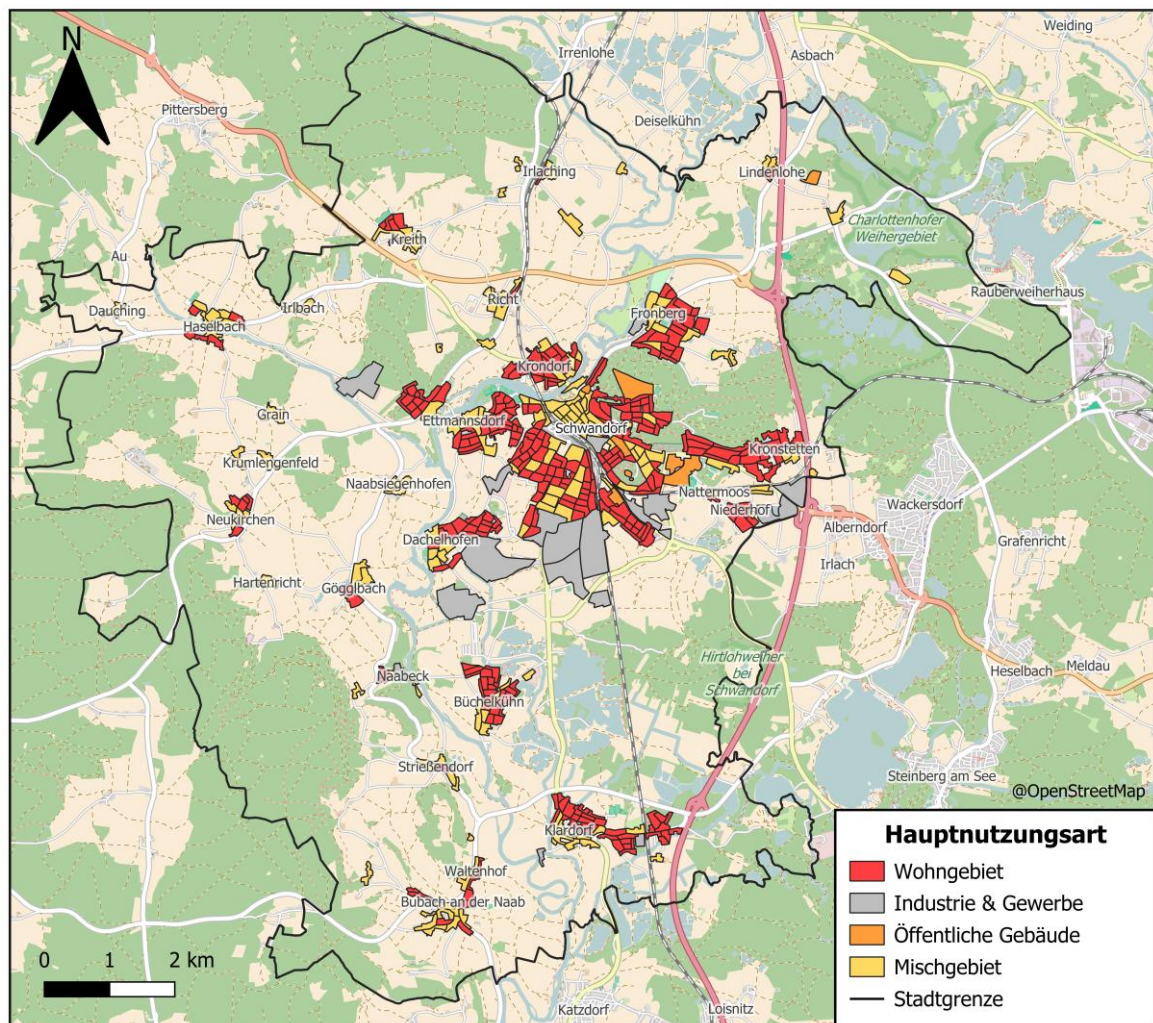


Abbildung 3: Baublöcke unterschieden nach Hauptnutzungsarten

Ein Mischgebiet liegt vor, wenn zum Beispiel im selben Block sowohl Wohnhäuser als auch kleinere Gewerbebetriebe oder öffentliche Einrichtungen stehen, ohne dass eine Nutzung eindeutig dominiert.

Reine Industriegebiete befinden sich vorwiegend im Süden der Stadt. Ansonsten bestehen die meisten Flächen aus Wohngebieten. Öffentliche Einrichtungen können sowohl in klar ausgewiesenen „Öffentliche“-Blöcken als auch in Mischgebieten zu finden sein.

Abbildung 4 zeigt, welche Gebäudetypen in den einzelnen Baublöcken überwiegen. Die Kategorien lauten:

- **EFH (Einfamilienhäuser)**
- **MFH (Mehrfamilienhäuser)**
- **Industrie** (Fabrikhallen, Produktionsstandorte)
- **GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen)**
- **Sonstige** (hierunter fallen öffentliche Gebäude, da sie keinem einheitlichen Gebäudetyp entsprechen)

Wohngebiete wurden in „EFH“ und „MFH“ unterteilt, Industrie- und Gewerbeflächen in „Industrie“ und „GHD“. Öffentliche Gebäude sind in der Legende als „Sonstige“ zusammengefasst. In Mischgebieten wurde jeweils der jeweilige Gebäudetyp farblich markiert, der zahlenmäßig am meisten vertreten ist – meist sind das EFH, MFH oder GHD. Da in Mischgebieten jedoch unterschiedliche Bautypen oft ungefähr gleich stark vorkommen, lässt die Bezeichnung „überwiegend“ dort keine exakte Festlegung zu.

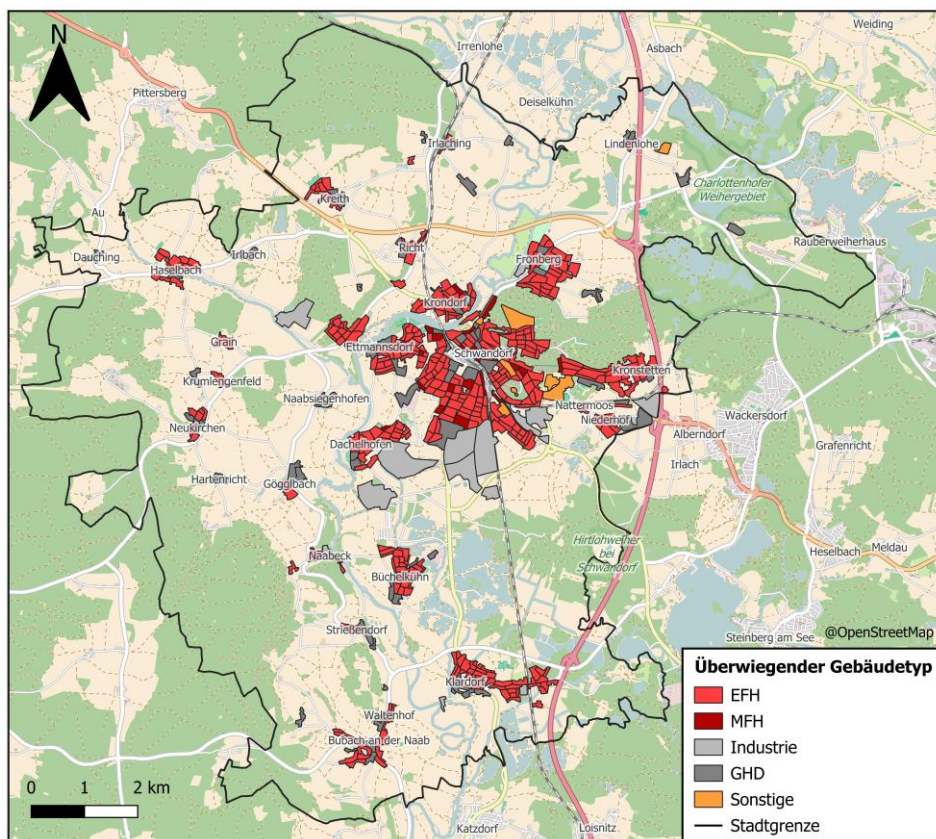


Abbildung 4: Baublöcke unterschieden nach überwiegendem Gebäudetyp

2.3. Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze

Die Potenzialanalyse und die darauf aufbauende Planung der zukünftigen Energieversorgung basiert auf einer genauen Beschreibung und Erfassung der Ist-Situation. Daher werden im folgenden Kapitel die auf dem Stadtgebiet bestehenden Energieerzeugungsanlagen und Energieinfrastruktur untersucht.

2.3.1. Energieerzeugungsanlagen

Die Bestandsanalyse zu Energieerzeugungsanlagen basiert auf den Daten des Marktstammdatenregisters [3], des Energie-Atlas-Bayern [4] sowie der Informationen der Bayernwerk Netz GmbH. Die größten Energieerzeugungsanlagen sowie PV-Anlagen ab 30 kWp, deren Standortdaten nicht vertraulich sind, sind in Abbildung 5 und Abbildung 6 eingezeichnet.

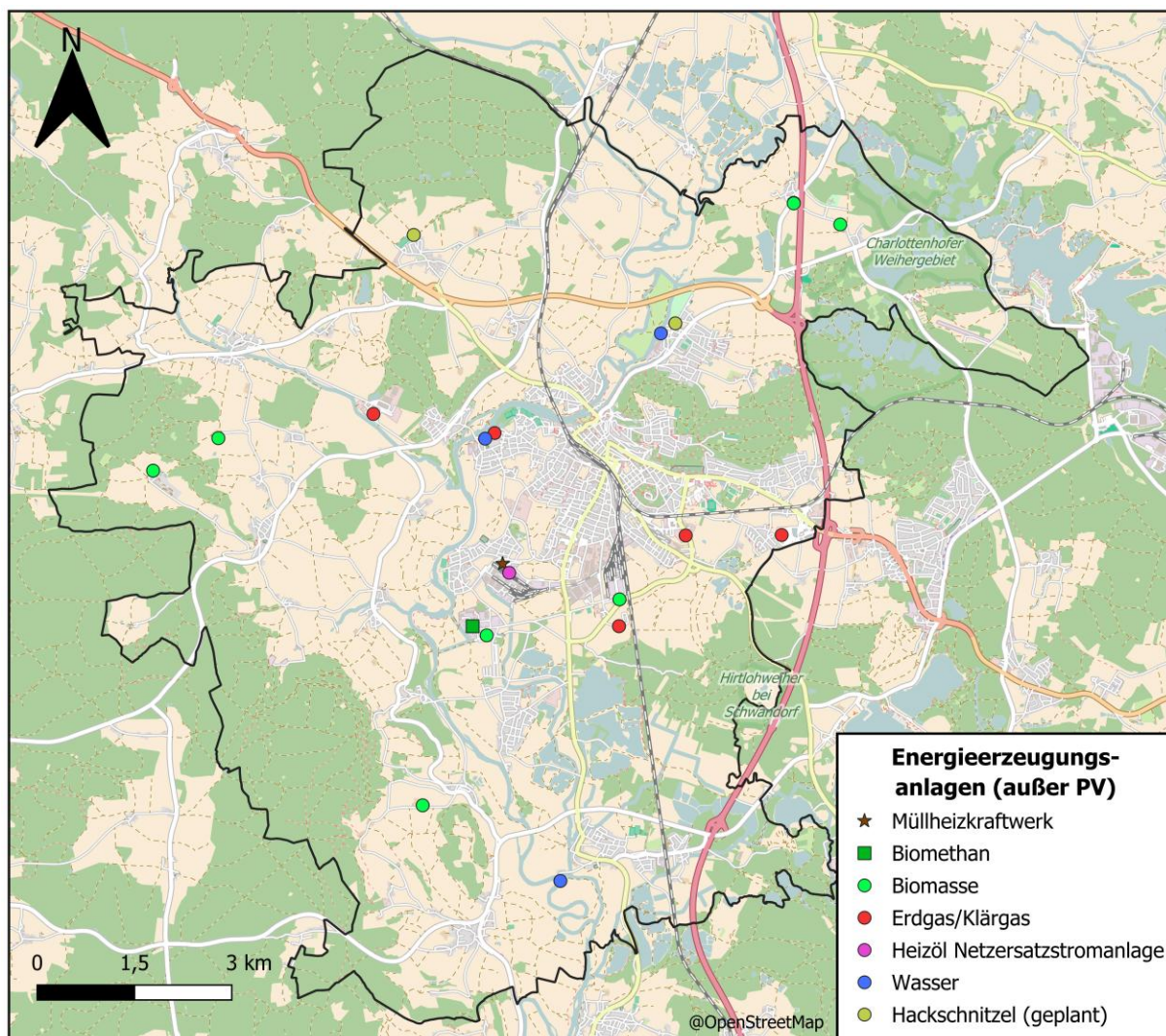


Abbildung 5: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen (außer PV) – Stand 15.04.2025

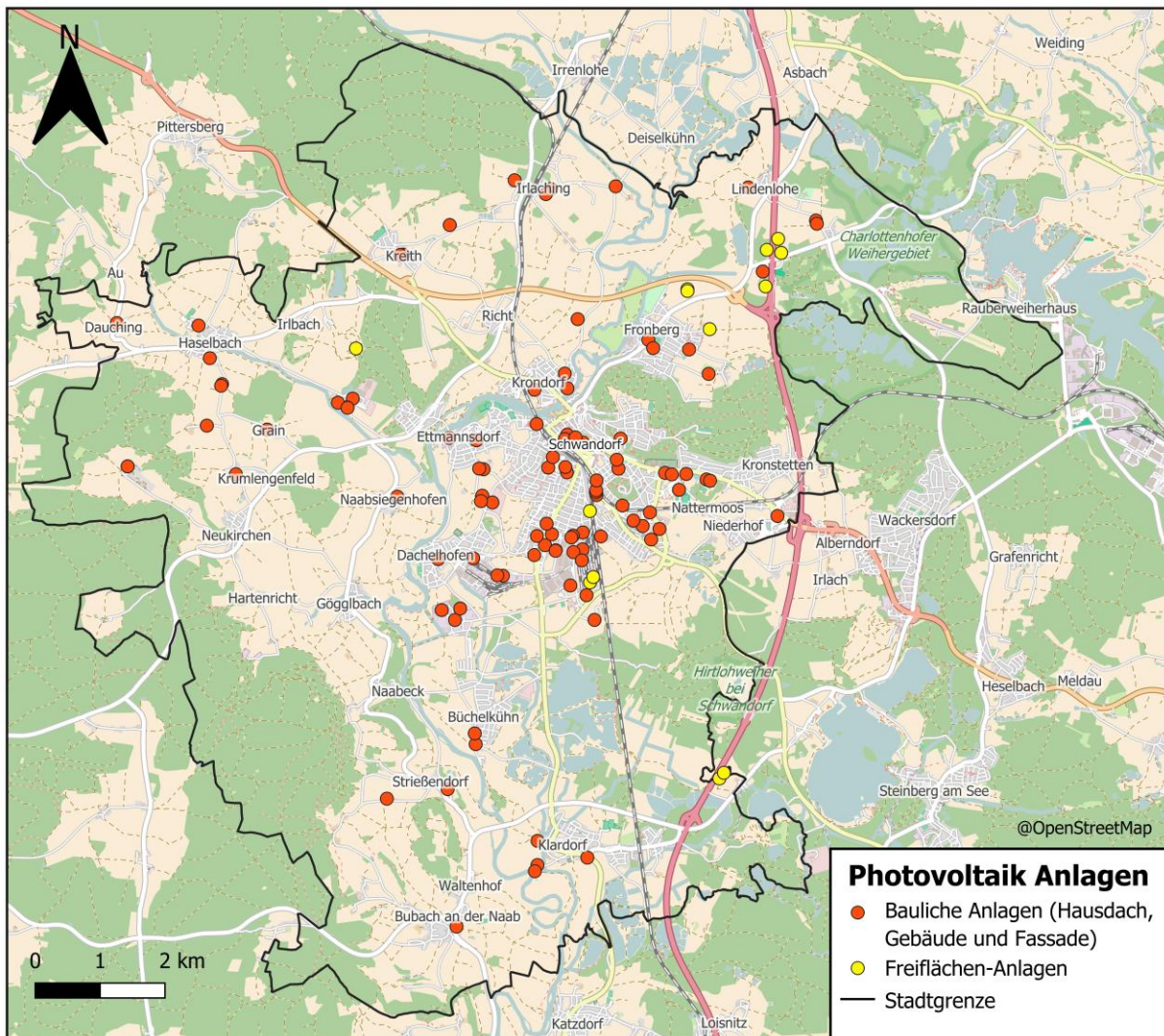


Abbildung 6: Standorte größerer PV-Anlagen – Stand 15.04.2025

Auf dem Stadtgebiet sind zum Ende des Bilanzjahres 2023 ca. 2.200 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 52,01 MW installiert. Etwa 36% der Leistung fallen dabei auf 10 Freiflächen-PV-Anlagen. Die restlichen 64% verteilen sich auf ca. 2.200 Aufdachanlagen auf Wohn- und Industriegebäuden und Balkonsolaranlagen, welche bis auf wenige Ausnahmen eine installierte Leistung pro Anlage von weniger als 100 kWp aufweisen. Es existieren 14 Biogas BHKWs, verteilt auf 7 Standorte, und eine Biomethananlage (in dunkelgrün hervorgehoben), welche in das vorhandene Gasnetz einspeist. Der Kern der städtischen Erzeugungsanlagen bildet das MHKW, welches Prozessdampf, Fernwärme und Strom bereitstellt. Es gibt insgesamt 31 fossile Blockheizkraftwerke mit einer gesamten elektrischen Leistung von 2,34 MW. Zudem sind drei kleinere Laufwasserkraftwerke auf dem Stadtgebiet vorhanden. Größere Elektrolyseure sind laut Fragebogenrückläufer nicht vorhanden oder geplant.

Tabelle 3 listet die thermische und elektrische Leistung sowie die jährlich erzeugte Wärme- und Strommengen aller Energieerzeugungsanlagen auf. Sofern vorhanden, wurden Leistungs- und Wärmemengen aus Fragebögen angegeben, ansonsten wurden die Leistungsangaben aus dem Marktstammdatenregister verwendet und daraus erzeugte Energiemengen berechnet.

Tabelle 3: Therm. und elektr. Leistungen und Energiemengen der Energieerzeugungsanlagen - Stand Ende 2023

Erzeugungsart	Therm. Leistung [kW]	Erzeugte Wärme- menge [MWh/a]	Elektr. Leistung [kW]	Erzeugte Strom- menge [MWh/a]
MHKW	421.000	1.107.600	56.000	144.400
An SWFS abgegeben	36.000	85.200		
KWK-Anlagen (Fossil)	1.240	6.700	740	4.000
Biomasse (Biogas)	5.460	21.200	5.318	21.400
Bellstraße	1.030	2.500	877	3.100
Haarhof	365	1.500	370	2.000
Lindenlohe	594	2.500	560	1.500
Hammer	1.324	5.600	1.250	4.200
Siegenthan	1.402	5.900	1.381	5.300
Schmack	745	3.200	780	4.700
Freihöls	-	-	100	600
Photovoltaik	-	-	52.000	49.400
Wasserkraft	-	-	790	3.900
Klardorf	-	-	390	1.900
Fronberg	-	-	80	400
Ettmannsdorf	-	-	320	1.600
Stromspeicher	-	-	4.630	-

Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen die aufgezählten elektrischen sowie thermischen Leistungen und Energiemengen je Energieträger noch einmal graphisch auf.

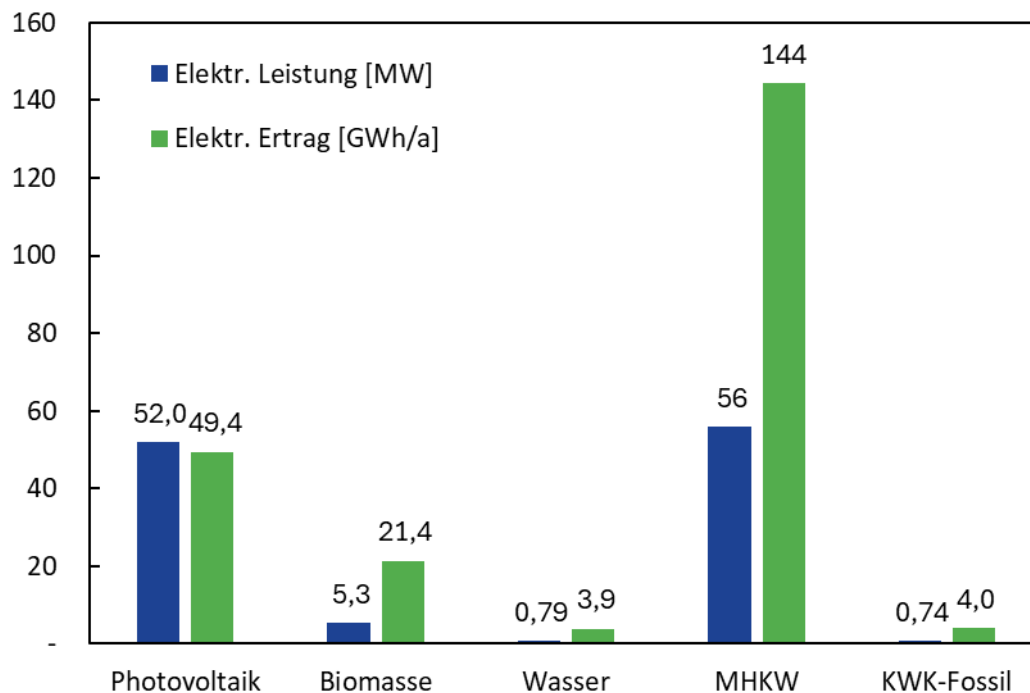


Abbildung 7: Elektrische Leistungen und Erträge von Energieerzeugungsanlagen – Stand Ende 2023

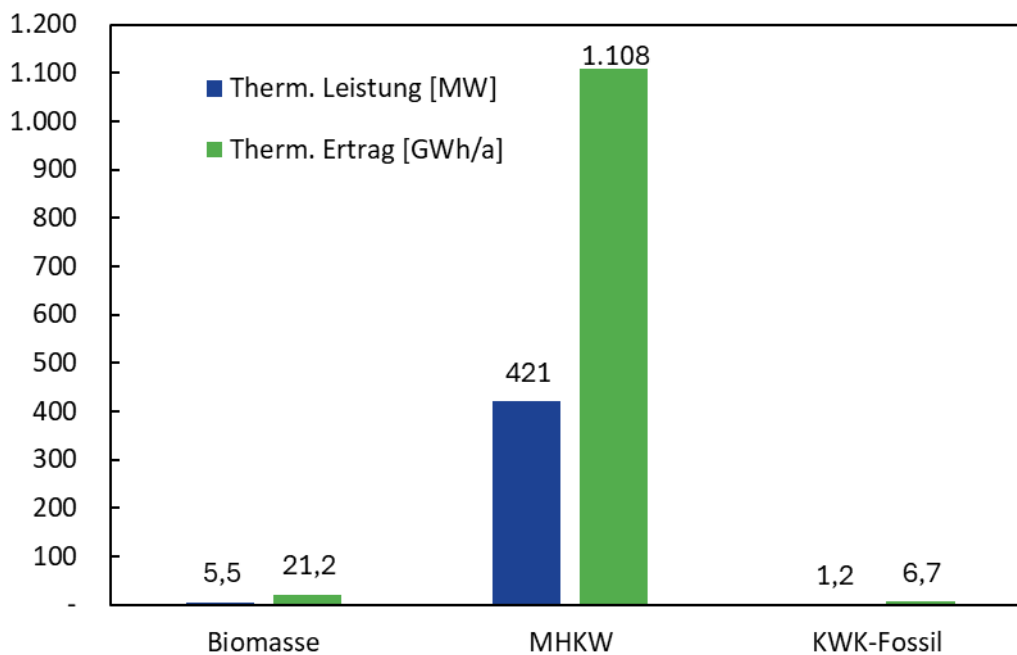


Abbildung 8: Thermische Leistungen und Erträge von Energieerzeugungsanlagen – Stand Ende 2023

Die in der Tabelle 3 beschreiben und in der Abbildung 7 dargestellten Strommengen stellen ausdrücklich die erzeugte Energiemenge dar, welche teilweise Eigenverbräuche beinhaltet (und bei PV-Anlagen auch Abregelung). Die angegebenen Strommengen entsprechen daher nicht den in das Stromnetz eingespeisten Mengen. In der Strombilanz in Kapitel 2.6 wird darauf noch einmal näher eingegangen.

Die Betriebsmodi der Biogasanlagen sind in Tabelle 4 aufgeführt. Gaserzeugungsleistung und erzeugte Gasmenge der vorhandenen Biomethananlage sind in Tabelle 5 aufgezählt.

Tabelle 4: Auflistung der Biogasanlagen

Standort	Betriebsmodus [4]	Gasnetz in der Nähe?	Jahr der Inbetriebnahme
Bellstraße	Strom + Wärme Wärmeabgabe an Kläranlage	Ja	2006
Haarhof	Strom + Wärme; Versorgt Nahwärmenetz in Haselbach (14 Abnehmer); Potenzial bereits ausgereizt	Nein	2009
Lindenlohe	Strom + Wärme Versorgt Nahwärmenetz in Lindenlohe	Ja	2010
Nahe Striessendorf	Strom + Wärme; Interesse an Wärmeabgabe	Ca. 1km entfernt	2006
Siegenthan	Strom + Wärme; Interesse an Biomethan-Einspeisung	Nein	2007
Gewerbegebiet Bayernwerk	Strom + Wärme	Ja	2006
Freihöls	Strom	Ja	2018

Tabelle 5: Gaserzeugungsleistung und eingespeiste Gasmenge der Biomethananlage

Erzeugungsart	Gaserzeugungsleistung [MW]	Erzeugte Gasmenge [MWh/a]
Biomethananlage	11,65	82.000

Müllheizkraftwerk-KWK (betriebliche und technische Grundlagen):

Das 1982 in Betrieb genommene MHKW stellt durch die Verbrennung des anfallenden Abfalls Prozessdampf für naheliegende Industrie und die Klärschlamm Trocknungsanlage sowie Wärme für das Fernwärmenetz der Stadt bereit. Nach der vorrangigen Abgabe von Prozessdampf und Fernwärme wird der verbleibende Dampfüberschuss mittels dreier Dampfturbinen und Generatoren verstromt. Der Biomasseanteil des verbrannten Abfalls beläuft sich im mehrjährigen Mittel auf 52 %.

Obwohl das MHKW durchgängig zu 100 % ausgelastet ist, können die angegebenen Erzeugungsmengen für Strom durch fluktuierende Abnahme von Prozessdampf und Fernwärme und planmäßige Revisionen / Wartungen über das Jahr hinweg stark variieren. Übers Jahr gesehen liegt der Anteil an abgegebenem Prozessdampf von der Gesamtwärmemenge im Schnitt bei ungefähr 28 %, ca. 18 % werden als Eigenbedarf benötigt und rund 6 % der Wärme werden an das Wärmenetz abgetreten. Die restlichen 45 % werden über drei Generatoren in Strom umgewandelt. Eine saisonale Verschiebung der Abfallmengen von Sommer zu Winter ist aufgrund der bereits zu 100 % vorherrschenden Auslastung nicht möglich.

Bis 2031 ist wegen des Austausches der Ofenanlagen durch das Triphönix-Programm mit verringerter Kapazität zu rechnen. So wird zeitweise ein Rückgang der täglich verwertbaren Abfallmengen von 1.500 t auf 950 t pro Tag erwartet [5]. Bis 2028 ist eine Reduzierung der jährlich verwertbaren Abfallmenge von 450.000 t auf 240.000 t pro Jahr eingeplant, zwischen 2028 und 2031 eine Reduzierung auf 360.000 t pro Jahr. Die in Abbildung 7 dargestellte erzeugte Strommenge für 2023 bildet daher nicht die Erzeugung unter „normalen Umständen“ ab.

Nach Beendigung des Triphönix-Programmes 2031 kann wieder mit einer vollen Auslastung von 460.000 t pro Jahr kalkuliert werden. Der Umbau erhöht nicht die tägliche umsetzbare Abfallmenge, da diese durch die Anlieferung und die Kräne im Müllbunker gesteuert wird. Durch den Umbau und die damit einhergehenden verringerten Wartungs- und Revisionsarbeiten soll jedoch die Jahreskapazität etwas gesteigert werden können.

Die maximale thermische Auskoppelleistung an das Fernwärmenetz von 36 MW wird sich ebenso nicht durch die Umbaumaßnahmen des Triphönix-Programms verändern.

2.3.2. Analyse dezentraler Wärmeerzeuger

Zur Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger werden die Kaminkehrer-Daten, welche durch das Bayerische Landesamt für Statistik bereitgestellt werden, ausgewertet. Es sind alle Heizungen kleiner 100 kW Nennleistung dargestellt, um große industrielle Anlagen zur Prozesswärmebereitstellung auszuklammern. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass kleinere industrielle Anlagen weiterhin enthalten sind. Daher weichen diese Leistungen von den für die Energiebilanz der Verbrauchergruppe Haushalte & Kleingewerbe angenommenen Werte ab. Für eine bessere Vergleichbarkeit in Bezug auf die Fortschreibungen des Wärmeplans werden hier die Rohdaten der Kkehrbuchdaten betrachtet. Zusätzlich werden die

Nahwärmeanschlüsse und die Anzahl der Wärmepumpen mitbetrachtet. Abbildung 9 zeigt graphisch die relative Anzahl der dezentralen Zentralheizungen aufgeteilt nach Energieträger inklusive der Übergabestationen des Wärmenetzes in Schwandorf auf. Die absoluten Werte sind in Tabelle 6 dargestellt. Circa die Hälfte der Anlagen ist gasbefeuert. Tabelle 7 zeigt ergänzend die absoluten Werte der Einzelraumfeuerstätten. Hier überwiegt der Energieträger der festen Biomasse insbesondere Scheitholzöfen. Die Datengrundlage der Kkehrbuchdaten lässt lediglich eine Abschätzung des durchschnittlichen Alters über alle dezentralen Wärmezeugeranlagen zu. Das durchschnittliche Alter einer dezentralen Wärmezeugeranlage in Schwandorf beträgt 22,9 Jahre. Damit sollte ein Großteil der Heizungen in den nächsten 10 – 15 Jahren getauscht werden müssen, wobei einzelne Ausreißer hier mitbetrachtet sind. Somit ist diese Einschätzung mit Vorsicht zu genießen und keine eindeutige Aussage zum Heizungstausch in den nächsten 5 Jahren kann getroffen werden. Da von den Nahwärmenetzbetreibern keine detaillierten Angaben zur Abnehmerzahl und abgegebenen Leistung übermittelt wurde, sind hierfür Schätzungen angegeben.

Zusätzlich zu den Kkehrbuchdaten werden die Ergebnisse des Zensus 2022 ausgewertet. Ein Vergleich der Zentralheizungen nach Energieträgern ist aufgrund der abweichenden Datengrundlage des Zensus nicht möglich. Die Gesamtzahl der Zentralheizungen weicht im Zensus im Vergleich zu den Kaminkehrer-Daten um ca. -14 % ab. Somit sind im Zensus weniger Zentralheizungen angegeben als aus den Kaminkehrerdaten abzuleiten sind.

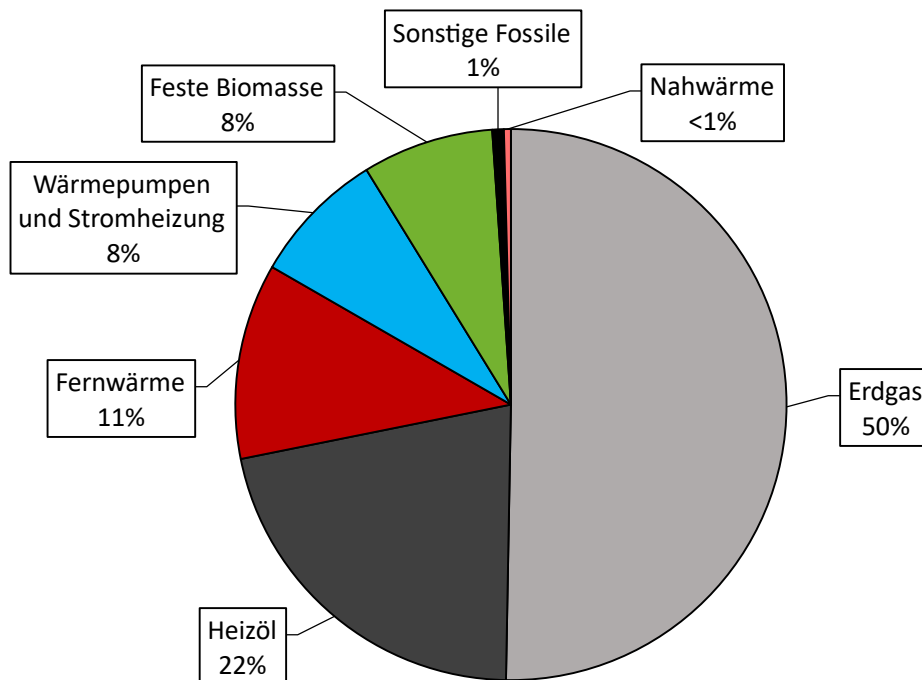


Abbildung 9: Auswertung Kaminkehrer-Daten Zentralheizungen. Relative Anzahl der Zentralheizungen aus den Kaminkehrerdaten 2022.

Tabelle 6: Auswertung Kaminkehrer-Daten Zentralheizungen

Energieträger	Anzahl Anlagen	Mittlere Leistung [kW]
Erdgas (inkl. Etagenheizungen)	4.537	24,8
Heizöl	1.944	29,1
Feste Biomasse	694	29,1
Sonstige Fossile	61	23,7
Fernwärme	1.036	54,76
Nahwärme	Ca. 37	Keine Angaben
Wärmepumpen und Stromheizungen	713	10,58
Gesamt	9.072	

Tabelle 7: Auswertung Kaminkehrer-Daten Einzelraumfeuerstätten

Energieträger	Anzahl Anlagen	Mittlere Leistung [kW]
Scheitholz	5.611	8,2
Pellets	313	9,2
Hackschnitzel	-	-
Sonstige Biomasse	6	7,5
Kohle	23	6,8
Gesamt	5.953	

Abbildung 10, Abbildung 11 und Abbildung 12 zeigen für die einzelnen Stadtgebiete die Kaminkehrer-Daten aufgeteilt in die jeweiligen Baublöcke. Hierbei handelt es sich um den Anteil der Energieträger an der Anzahl an Wärmeerzeugern im Baublock. Aufgrund der geringen Datenqualität der Ausgangsdaten kann die Leistung hier nicht dargestellt werden. Auch sind hier Einzelraumheizungen, wie Kaminöfen, mit betrachtet, welche die hohe Zahl an fester Biomasse in den Randgebieten der Stadt und den außerhalb liegenden Dörfern erklärt und die Statistik etwas verzerren. Da die Kaminkehrer-Daten lediglich straßenzugsweise vorhanden sind, hat die Graphik eine gewisse Ungenauigkeit. Dennoch lässt sich die Heizstruktur, sowie der Versorgungsbereich der Fernwärme der Stadt Schwandorf erkennen.

Zu sehen sind neben dem großen Fernwärmenetz der Stadt außerdem kleiner Wärmenetze in Haselbach und Lindenlohe, welche ihre Wärme durch anliegende Biogasanlagen erhalten.

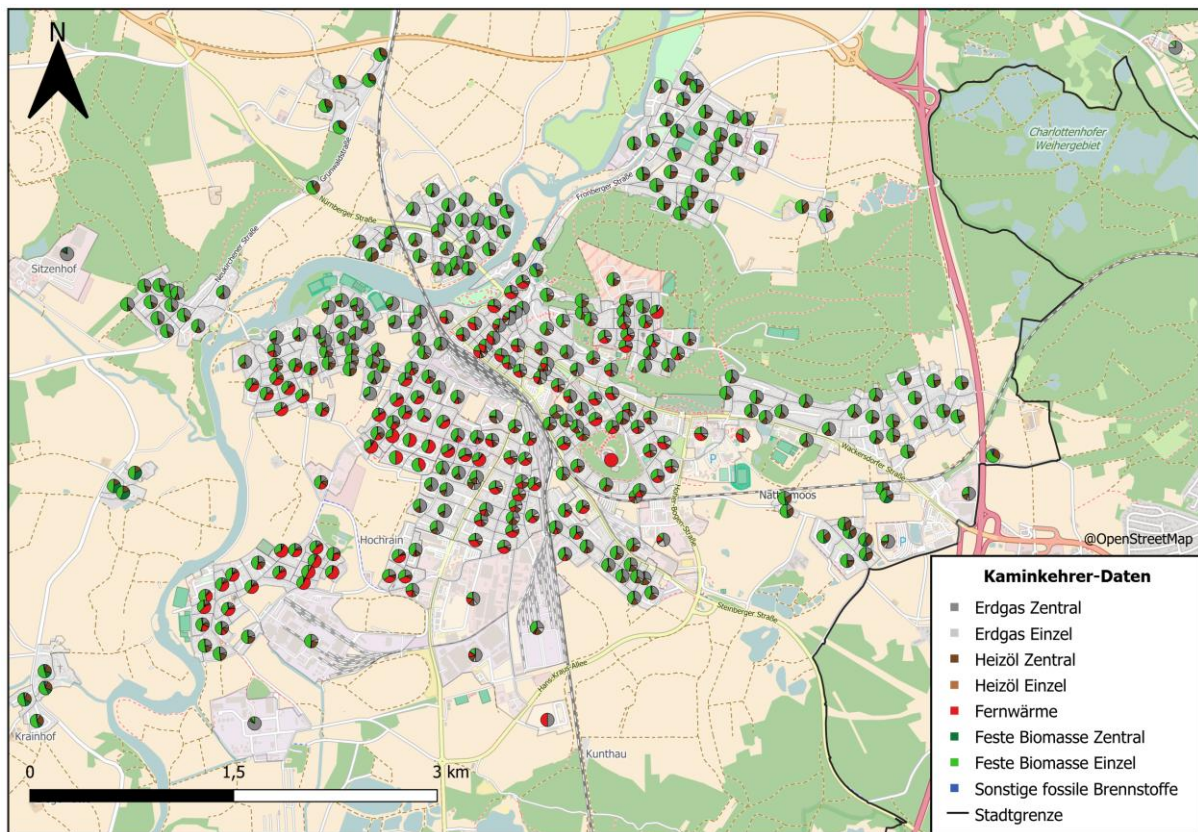


Abbildung 10: Auswertung der Kaminkehrer-Daten auf Baublockebene für den Stadtkern Schwandorf. Anzahl der Heizungsarten relativ pro Baublock.

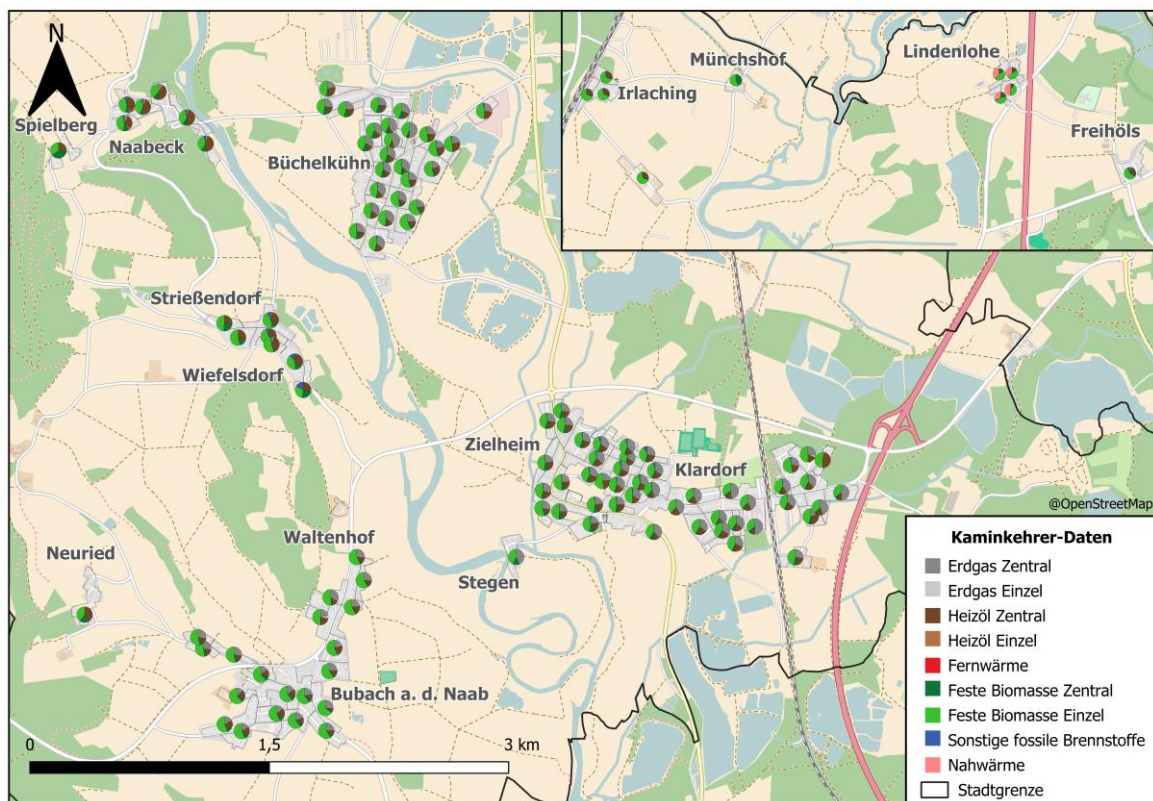


Abbildung 11: Auswertung der Kaminkehrer-Daten auf Baublockebene für das südliche und nördliche Gebiet. Anzahl der Heizungsarten relativ pro Baublock.

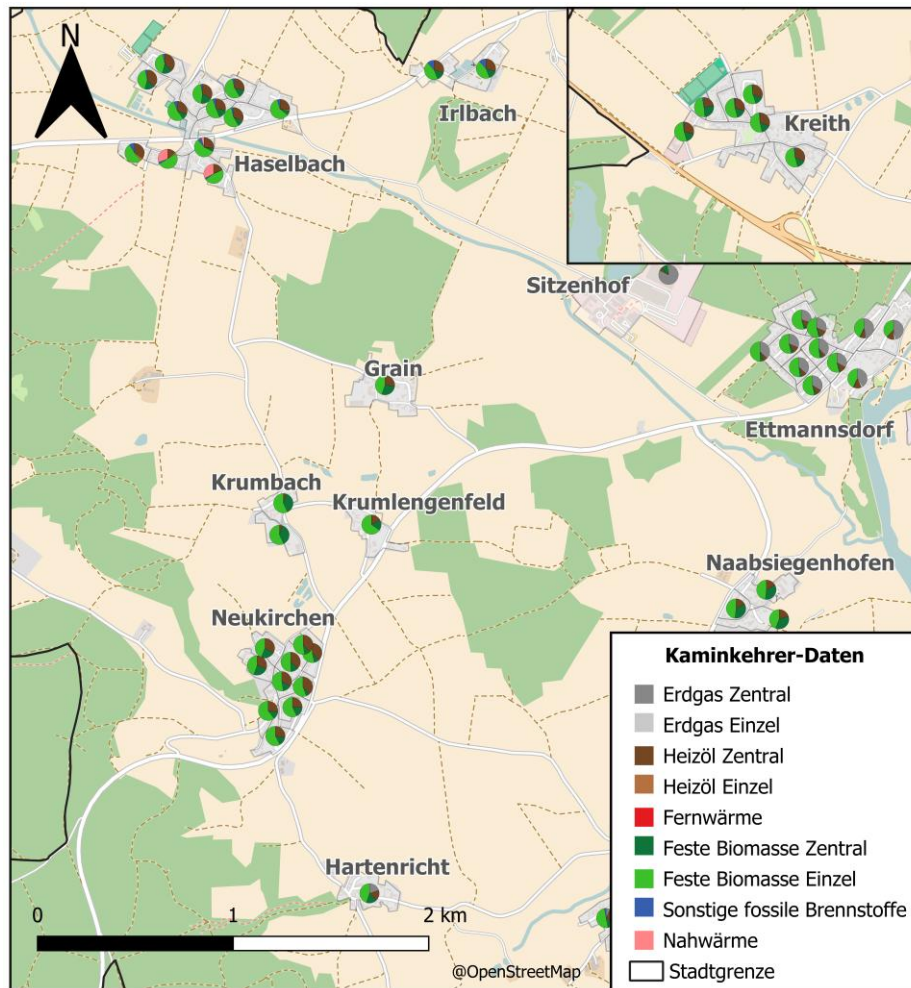


Abbildung 12: Auswertung der Kaminkehrer-Daten auf Baublockebene für das nordwestliche Gebiet. Anzahl der Heizungsarten relativ pro Baublock.

Wärmepumpen, Solarthermie und Stromspeicherheizungen:

Zur Darstellung von Gebieten mit hohem Anteil an Wärmepumpen sowie Solar- und Geothermie-Anlagen und Stromheizungen werden die Daten des Zensus 2022 ausgewertet. Die Ergebnisse der Auswertung liegen mit einer Auflösung von 100x100 Metern vor und sind in Abbildung 13 und Abbildung 14 dargestellt. Über die Stadt verteilt befinden sich vereinzelt Wärmepumpen, Solar- und Geothermieanlagen sowie Stromheizungen. Der Anteil an Wärmepumpen und Stromspeicheranlagen bezogen auf die Anzahl der Wärmeerzeugungsanlagen für Raumwärme und Warmwasser, bekannt durch den Stromversorger, liegt bei etwa 3 %.

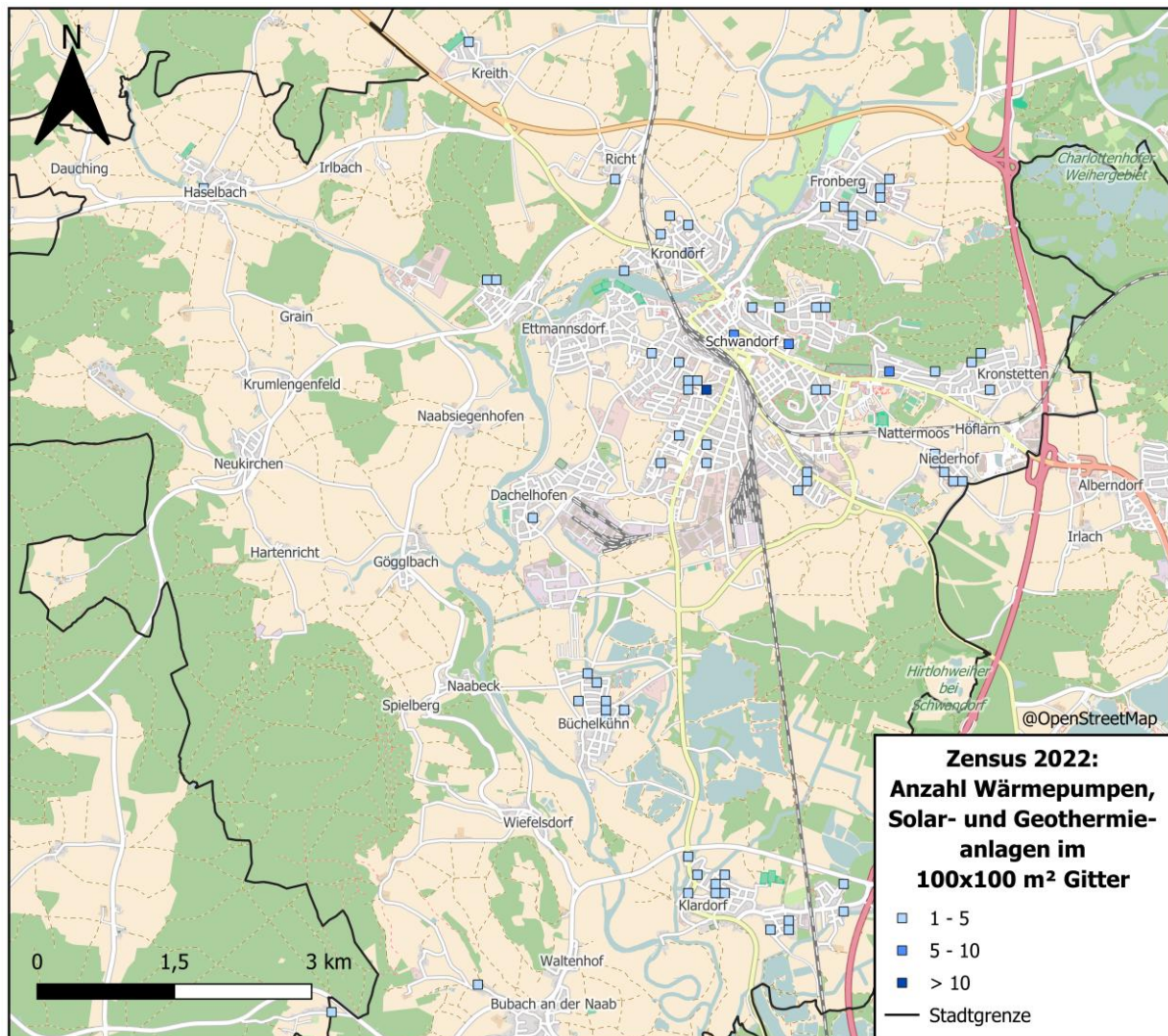


Abbildung 13: Auswertung Zensus 2022 Wärmepumpen, Solar- Geothermieranlagen. Die Anzahl bezieht sich auf alle drei Erzeugungsvarianten. Diese können nicht voneinander unterschieden werden.

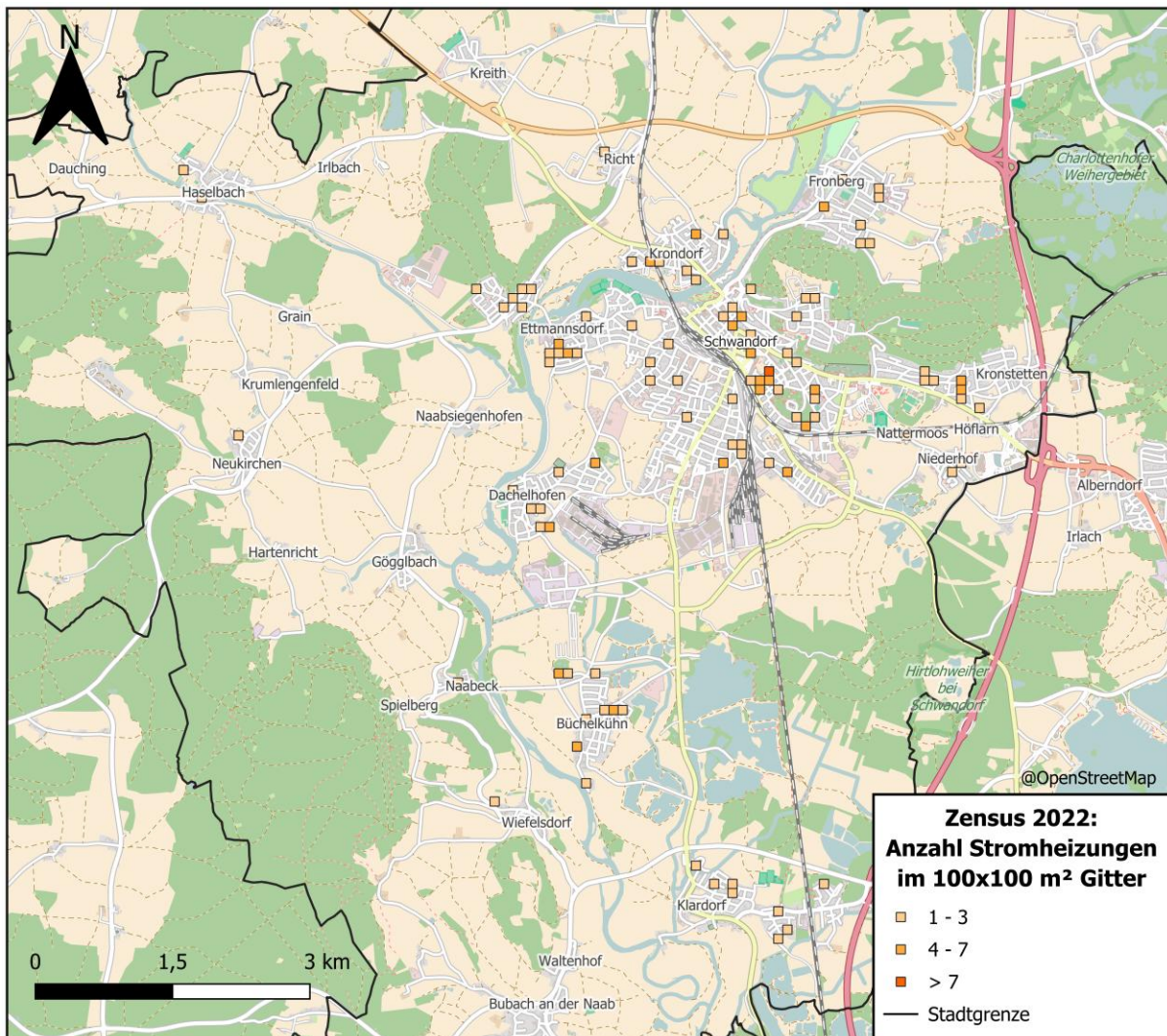


Abbildung 14: Auswertung Zensus 2022 Stromheizungen

2.3.3. Versorgungsnetze der Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung eines Gebäudes kann laut Wärmeplanungsgesetz zentral oder dezentral erfolgen. Eine zentrale Wärmeversorgung liegt vor, wenn ein Gebäude entweder an einem Wärme- oder einem Gasnetz angeschlossen ist. Falls keine leitungsgebundene Energieversorgung vorhanden ist, handelt es sich um eine dezentrale Wärmeversorgung.

Abbildung 15 zeigt die leitungsgebundene Wärmeversorgung der Stadt Schwandorf. Das Fernwärmenetz ist straßenbezogen dargestellt, aus Gründen des Datenschutzes ist das Gasnetz auf Baublöcke projiziert. Ist ein Baublock in blau dargestellt, bedeutet dies allerdings nicht, dass jedes Gebäude innerhalb des Baublocks an das Gasnetz angeschlossen ist. Das Gasnetz erstreckt sich über die Kernstadt von Schwandorf sowie auch teilweise in außerhalb liegenden Gebiete. Ein Teil der Stadt sowie Haselbach und Lindenlohe sind außerdem an ein Wärmenetz angeschlossen. Das Wärmenetz der Stadt wird durch das MHKW versorgt, das Wärmenetz in Haselbach und in Lindenlohe durch eine nahegelegene Biogasanlage. In den außerhalb liegenden, grau eingefärbten, Ortsteilen gibt es weder Wärme- noch Gasnetze. Eine zentrale Kältenetzinfrastruktur ist nicht vorhanden.



Fernwärmenetz:

Die Gesamtlänge des 1996 in Betrieb genommenen Fernwärmenetzes der Stadt inklusive Hausanschlüsse beträgt ca. 72 km. Das verwendete Medium Wasser hat eine Vorlauftemperatur von bis zu 90 °C im Sommer und 125 °C im Winter. Es sind zwei hydraulisch getrennte Sekundärnetze vorhanden, welche eine niedrigere Vorlauftemperatur aufweisen. Die Druckebene ist 12 bar und zurzeit sind ca. 1.100 aktive Anschlüsse vorhanden. Die gemessene Spitzenleistung der Anschlüsse beläuft sich auf ca. 27 MW (Februar 2025 bei -10 °C). Die Netzverluste belaufen sich nach Angaben des Wärmenetzbetreibers im Jahr 2023 auf circa 20 %. Die limitierte thermische Auskoppelleistung des Müllheizkraftwerks beläuft sich auf 36 MW. Aktuell befinden sich keine größeren Wärmespeicher auf dem Stadtgebiet in Betrieb.

Abnehmerspezifische Rücklauftemperaturen, Wärmemengen und trassenspezifische Kennwerte für Druck/Temperaturen können dem erstellten Netzmodell des Ingenieurbüros Fischer-Uhrig entnommen werden. Auch die hydraulischen Limitationen in den Hauptleitungen (>100 Abnehmer) sind in dem bestehenden Modell aufgezeigt. Die hydraulische Bewertung des Bestandsnetzes für die Wärmeverteilung (<100 Abnehmer) erfolgt in Form der direkten Gegenüberstellung mit der bestehenden Simulation exemplarisch für das Versorgungsgebiet Ettmannsdorf in STANET. Hierbei werden ebenfalls die im Rahmen der bestehenden Simulation berechneten Anschlussleistungen mit den vertraglich zugesicherten Leistungen sowie den durch zeitgeist engineering ermittelten Anschlussleistungen gegenübergestellt. Detaillierte Untersuchungen und Berichte werden der Stadt separat zur kommunalen Wärmeplanung übergeben.

Gasnetz:

Die aktuelle Gesamtlänge des seit 1978 bestehenden Erdgasnetzes ohne Hausanschlüsse beträgt auf der Hochdruckebene ca. 41,6 km und auf der Mitteldruckebene ca. 165 km. Die 4.677 Anschlüsse werden über Mitteldruckleitungen mit Druckebenen zwischen 0,1 und 5 bar mit Methan und Biomethan versorgt. Die Gesamtleistung der Anschlüsse beträgt knapp 195 MW. Aktuell speisen drei Biomethananlagen in das Erdgasverteilnetz ein, wobei sich eine davon in Schwandorf befindet (siehe Abbildung 5). Die Biomethananlage in Schwandorf speist mit einer Produktionsleistung von 900 Nm³/h eine jährliche Energiemenge von 82 GWh in das Erdgasnetz ein. Aktuell befinden sich keine größeren Gasspeicher auf dem Stadtgebiet in Betrieb. Weitere mögliche Biogasanlagen zur Methaneinspeisung in das Gasnetz inklusive deren Antworten aus dem Fragebogen diesbezüglich sind in Kapitel 2.3.1 dargestellt.

Aktuell befinden sich keine Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen mit einer Kapazität von mehr als 1 MW installierter Elektrolyseleistung auf dem Stadtgebiet in Betrieb bzw. in Überlegung.

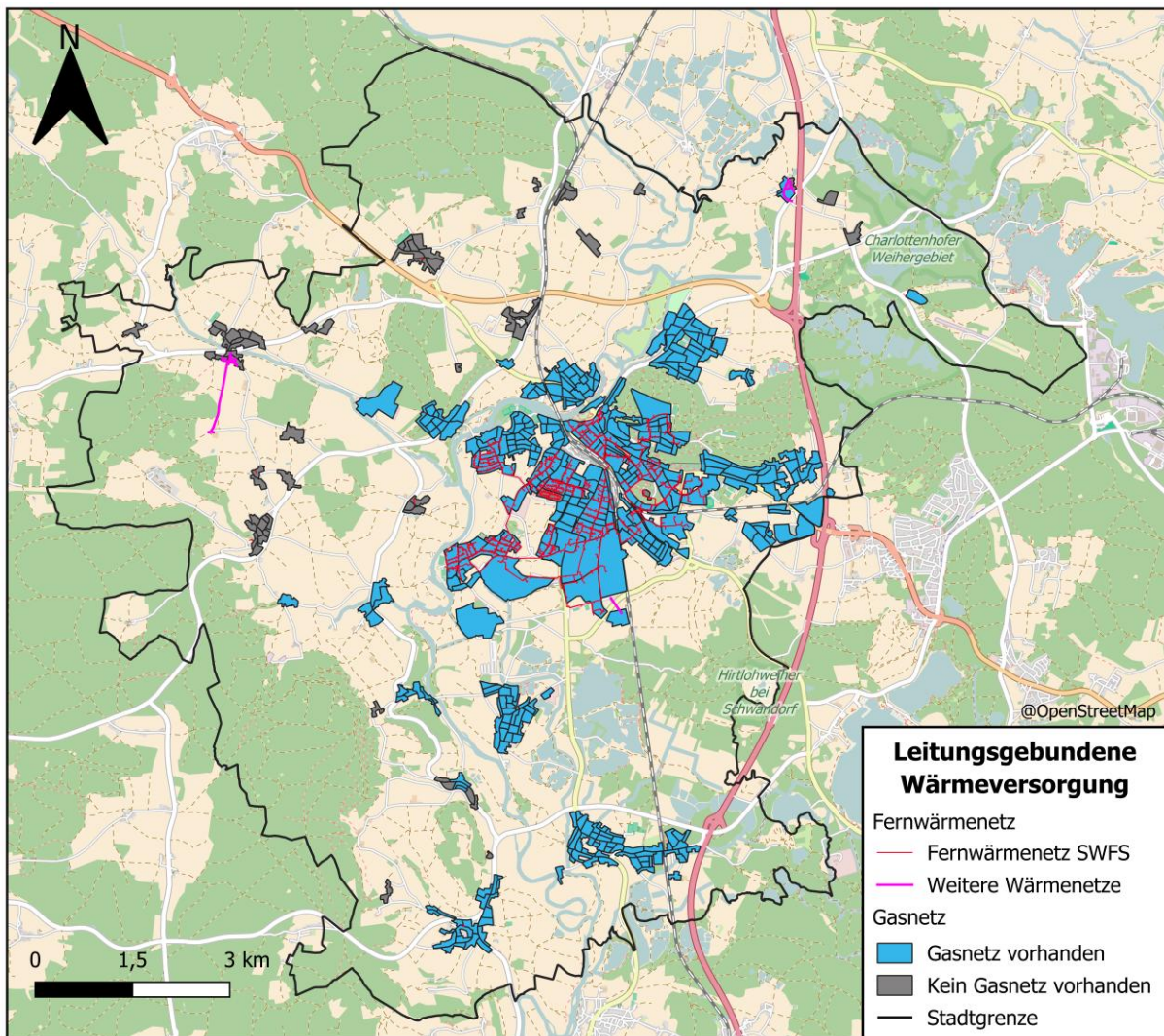


Abbildung 15: Leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken

2.3.4. Stromversorgungsnetze

Die Idee der Sektorenkopplung sollte bei jedem Energiekonzept mitbedacht werden. Da voraussichtlich in naher Zukunft die Nutzung von Strom zur Wärmergewinnung (primär durch den Einsatz von Wärmepumpen) sowie für die Elektromobilität stärker in Anspruch genommen wird, sind in Abbildung 16 die aktuell in Betrieb befindlichen Umspannwerke zu sehen. Die Leitungsverläufe liegen der Stadt vor, werden aber hier nicht veröffentlicht. Eine zentrale Kälteinfrastruktur ist aktuell nicht vorhanden und nicht in Planung.

Laut Aussage des Stromnetzbetreibers Bayernwerke Netz GmbH werden Optimierungs-, Erneuerungs- und Ausbaumaßnahmen auf Niederspannungsebene im Regelfall anlassbezogen und kurzfristig geplant. In dem Kapitel der Zielszenarien wird auf dieses Thema detaillierter eingegangen.

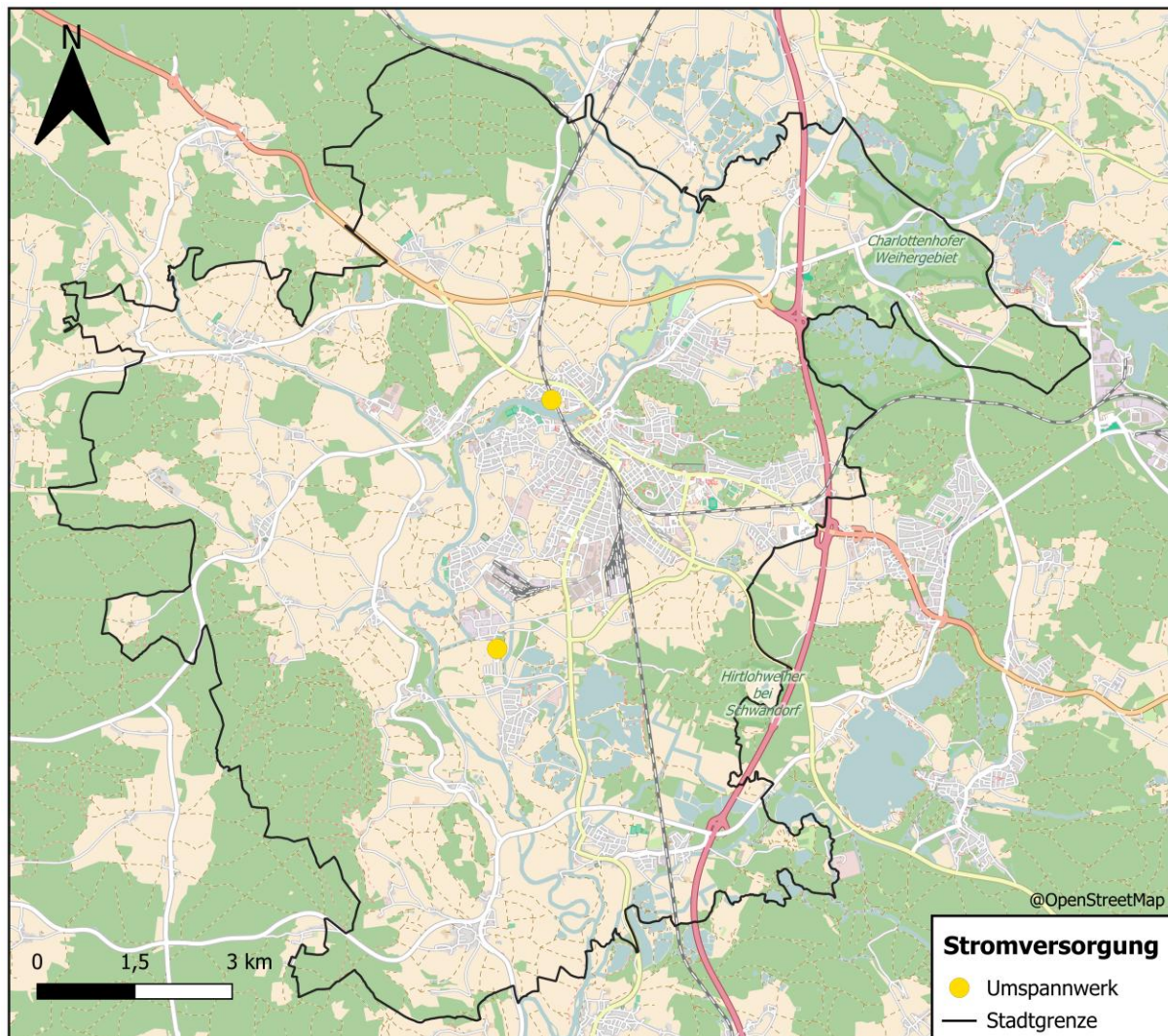


Abbildung 16: Umspannwerke im Stadtgebiet

2.3.5. Abwasserkanalnetz

Abwärme aus Abwasser stellt ein großes Potenzial dar. Allerdings muss dafür ein bestimmter Volumenstrom gegeben sein. Daher wird in Abbildung 17 nur das Kanalnetz mit einem Durchmesser von größer als 600 mm angezeigt. Bei den hier betrachteten Kanälen handelt es sich um Mischwasserkanäle. Leitungen für ausschließlich Regenwasser werden nicht aufgezeigt, da ein konstanter Volumenstrom für die Gewinnung von Wärme aus Abwasser notwendig ist. Standorte von Sammel- und Rückhaltebecken wurden zur Verfügung gestellt.

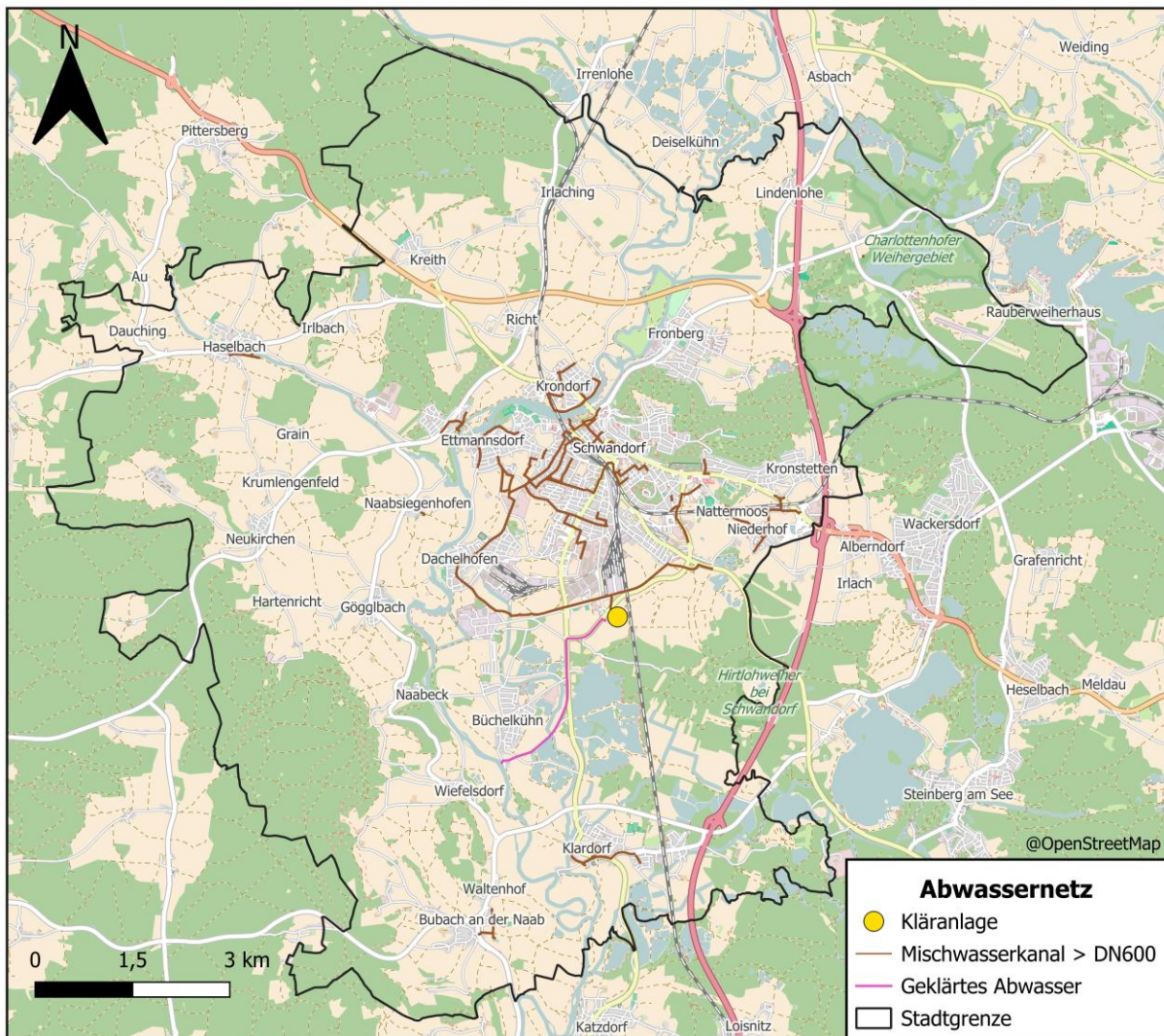


Abbildung 17: Kanalnetz mit Durchmesser größer-gleich 600 mm und Regenwasser (geklärtes Abwasser)

2.3.6. Glasfasernetz

Um Ressourcen bei einem möglichen Ausbau des Fernwärmenetzes zu sparen und Synergien zu nutzen, ist es sinnvoll, andere Bauarbeiten an der Straße, wie zum Beispiel den Glasfasernetzausbau, zu betrachten. Daher wurde im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung bei der für den Glasfaserausbau zuständigen Firma Leonet GmbH die Ausbaupläne abgefragt. Für Schwandorf ist für Büchelkühn ein Glasfaserausbau im Quartal 3 im Jahr 2025 vorgesehen – andere Pläne sind aktuell nicht vorhanden.

Laut dem Breitbandatlas der Bundesnetzagentur [6] sind in Schwandorf nahezu alle Stadtteile – mit Ausnahme von Dauching, Haselbach, Irlbach, Lindenlohe und Freihöls – bereits im Ausbaustand FTTC (Fibre to the Curb) erschlossen. Das bedeutet, dass Glasfaserkabel bis zu den Kabelverzweigern, also z. B. den Verteilerkästen am Straßenrand, verlegt wurden. Eine Glasfaseranbindung bis direkt in die Gebäude ist in diesem Ausbaustadium jedoch nicht enthalten. Der Ausbaustand FTTB (Fibre to the Building) beschreibt hingegen, welche Gebäude bereits direkt an das Glasfasernetz angeschlossen sind. Dies ist in Schwandorf bereits in den Ortsteilen Bubach, Klardorf, Ettmannsdorf sowie im Hochreingebiet weitgehend umgesetzt. In diesen bereits vollständig erschlossenen Gebieten ist im Hinblick auf einen möglichen



Wärmenetzausbau nicht von Synergien auszugehen. In den FTTC-Gebieten hingegen könnten beim Ausbau von Gebäudeanschlüssen potenzielle Synergien entstehen – allerdings gilt dies nicht für die Haupttrassenbereiche, in denen derzeit ebenfalls keine gemeinsamen Erschließungsvorteile erkennbar sind.

2.4. Energiebilanz Wärme

Im Folgenden werden die Wärmeverbräuche für die verschiedenen Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher, Industrie & Großgewerbe sowie Öffentliche Einrichtungen analysiert. Zuerst wird die Methodik der Energiebilanz erläutert.

2.4.1. Methodik Energiebilanz des IST-Zustands

Für die Analyse der bestehenden Wärmeerzeugungsstruktur und der jährlichen Wärmeverbräuche werden sowohl die Daten der Kaminkehrer, übermittelt durch das Landesamt für Statistik, sowie die durch den Netzbetreiber Bayernwerk Netz GmbH übergebenen Erdgas- und Stromverbräuche, die von der Städtischen Wasser- und Fernwärmeversorgung Schwandorf übermittelten Fernwärmeverbräuche sowie die Verbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften bereitgestellt durch die Kommune ausgewertet. Die tatsächlichen Verbräuche der Energieversorger sind auf die ganze Stadt jährlich aufsummiert und in Verbrauchergruppen aufgeteilt (Industrie, Gewerbe, Wohnen, öffentliche Gebäude). Es werden zusätzlich die Fragebogen der Industrie ausgewertet und falls nicht vorhanden für Großverbraucher ein standardisierter Verbrauch für Wärme und Strom ermittelt [7].

Auswahl des Bilanzjahres – zeitliche Trends und Einflüsse:

Die Gas- sowie Fernwärmedaten für Wohngebäude & Kleinverbraucher sind je Abnehmer und Jahr in Abbildung 18 dargestellt. Zwei zusätzliche Verläufe zeigen die beiden Datenreihen bereinigt durch den Klimafaktor (KF) des jeweiligen Jahres.

Während der Gasverbrauch in den Jahren 2018 bis 2020 relativ konstant war, konnte für das Jahr 2021 ein deutlich erhöhter Verbrauch und in den beiden folgenden Jahren ein fallender Verbrauch beobachtet werden. Dadurch dass 2021 im Vergleich zu den vorherigen Jahren einerseits etwas kühler war und die Bewohner zusätzlich als Auswirkung der Corona-Pandemie u.a. mehr im Home-Office waren und mehr lüften mussten, lassen sich die erhöhten Werte nachvollziehbar erklären. Der sinkende Verbrauch in den Jahren danach lässt sich auf die damalige Gas-Krise sowie die hohe Inflation zurückführen, aufgrund dieser das Heizverhalten der Bewohner etwas sparsamer ausfiel.

Die Fernwärmedaten zeigen einen ähnlichen Peak für das Jahr 2021 und ebenso einen anschließend sinkenden Verbrauch. Für 2021 können die gleichen Gründe wie beim Gasverbrauch zugrunde gelegt werden. Da der Fernwärmepreis in den Jahren danach unverändert und von der Gas-Krise unberührt geblieben ist, liegt der rückläufige Verbrauch vermutlich an einem größeren Bewusstsein der Bürgerinnen und Bürger bezüglich der Verbräuche.

Dieser stetige Rücklauf ist sowohl für Gas als auch Fernwärme in den durch die Klimafaktoren bereinigten Verbrauchsverläufen zu erkennen.

Auch wenn die Werte der letzten Jahre von einigen Ausnahmen geprägt waren und keine eindeutige Tendenz aufzeigen, wird das Jahr 2023 als Bilanzjahr gewählt, da die Jahre 2018-2020 bereits zu weit in der Vergangenheit liegen und die Daten aus 2019 außerdem bereits als Grundlage für den vorhandenen Energienutzungsplan gedient haben.

Zusätzlich zu beachten ist, dass das Jahr 2023 eines der bisher wärmsten Jahre laut Deutschem Wetterdienst war, was Auswirkung auf die Raumwärmeverbräuche hat [8].

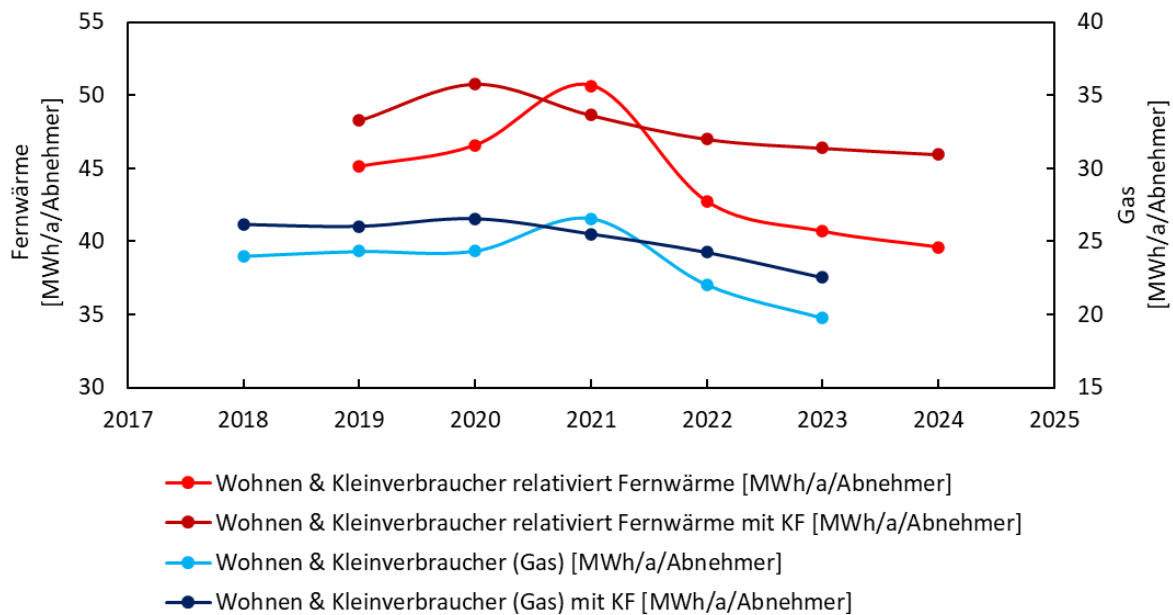


Abbildung 18: Fernwärme- und Gasverbräuche pro Jahr und Abnehmer witterungsbereinigt durch Klimafaktoren bereitgestellt durch den Deutschen Wetterdienst

Verarbeitung der Kkehrbuchdaten:

Bei den Kkehrbuchdaten werden für jede Straße folgende Angaben aufgeführt:

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

Ebenfalls aufgezeigt sind die Anlagen in folgenden beiden Energieträgerkategorien: „Sonstige Erneuerbare Energien“ und „Sonstige (Keine Zuordnung nach 1. BImSchV, Keine Angaben etc.)“. Für beide Kategorien wird für die Anzahl der Anlagen pro Straße entweder 0 angegeben oder ist verschlüsselt. Da die Gesamtzahl der sonstigen erneuerbaren Energien vernachlässigbar klein ist (6) und die Kategorie „Sonstige (Keine Zuordnung nach 1. BImSchV, Keine Angaben etc.)“ nicht genauer definierte Anlagen enthält, welche keiner Erzeugertechnologie zuzuordnen ist, werden beide Kategorien nicht weiter betrachtet.

Aus Datenschutzgründen werden Straßen in den Kaminkehrer-Daten, in denen nur eine oder zwei Anlagen eines Energieträgers vorkommen, teilweise verschlüsselt. Das bedeutet, dass neben dem betroffenen Energieträger auch andere Werte der Straße wie z.B. die Gesamtanzahl der Heizungen und die Anzahl der Zentralheizungen verschlüsselt werden, so dass nicht auf den zu schützenden Wert zurückgeschlossen werden kann. Um die Daten dennoch

auswerten zu können, müssen Annahmen für das verschlüsselte Energieträgerfeld getroffen werden und damit dann die anderen Felder berechnet werden, was zwangsläufig zu Ungenauigkeiten führt.

Annahmen der Wärmebilanz:

Aus den Kehrbuchdaten geht nicht hervor, wie sich die Anlagen pro Energieträger jeweils auf Zentral- und Einzelraumheizungen aufteilen. Unter anderem nicht angegeben sind die jeweilige mittlere Leistung jedes Energieträgers, da lediglich ein Gesamtwert pro Straße für alle Energieträger zusammen aufgelistet ist. Daher werden folgende Annahmen in Tabelle 8 für die mittlere Leistung der Wärmeerzeugungsanlagen der jeweiligen Energieträger über alle Straßen gemittelt getroffen:

Tabelle 8: Angenommene Leistung der Wärmeerzeugungsanlagen einzelner Energieträger

Haushalte & Kleingewerbe	Energieträger	Leistung in kW
Zentralheizung	Feste Biomasse [9]	22,9
	Gas	22,76
	Öl	25
	Sonstige fossile	30
Einzelraumheizung	Feste Biomasse	8
	Gas	22,76
	Öl	10
	Sonstige fossile	15

Hierbei wird für zentrale Biomasseanlagen auf den im Biomasseatlas angegebenen Mittelwert der seit 2001 durch das Marktanreizprogramm geförderter Biomasseheizungen in der Kommune zurückgegriffen [9]. Die Werte für Öl, Sonstige Fossile und Einzelraumheizung Biomasse basieren auf Erfahrungswerten.

Die Werte für Gasheizungen sind für beide Heizungstypen gleich, da eine Unterscheidung aufgrund der Kehrbuchdaten nicht möglich ist und der Leistungswert als Stellschraube verwendet wird, um insgesamt eine ähnliche mittlere Leistung zu erhalten im Vergleich zu den tatsächlichen Werten bereitgestellt durch den Gasnetzbetreiber. Um diese Validierung der Kehrbuchdaten durchzuführen, muss für Zentral- und Einzelraumheizungen der gleiche Wert verwendet werden. In Wirklichkeit unterscheidet sich dieser. Für diese Validierung wird zuerst ein Leistungswert für Gas ausgerechnet, indem die tatsächlichen Gasverbräuche der Standardkunden durch die Anlagenanzahl in der Kategorie Wohnen & Kleinverbraucher sowie die hier im Allgemeinen verwendete Vollbenutzungsstundenzahl von 1.200 h/a geteilt wird. Dieser Wert wird anschließend mit dem mittleren Wert aus den Straßen der Verbrauchsgruppe Wohnen & Kleinverbraucher verglichen. Danach kann der berechnete Wert noch minimal nach oben oder unten korrigiert werden, um die reale Situation vor Ort abzubilden. Die Volllaststundenanzahl wird so angesetzt, dass multivalente Systeme wie z.B. eine Zentralheizung in Verbindung mit Kaminen, Solarthermie, Brauchwasserwärmepumpe etc. berücksichtigt sind. Der Gasverbrauch, errechnet durch die Kaminkehrer-Daten für die Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher, weicht durch diese Berechnungsmethode um <3 % von den tatsächlichen Verbräuchen der Energieversorger ab.

Die mit den oben aufgelisteten Annahmen errechnete mittlere Nennleistung aller Wärmezeuger für die Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher weicht zur angegebenen mittleren Nennleistung der Kaminkehrer-Daten um -15 % ab. Dies ist anhand der Überdimensionierung der Anlagen und der steigenden durchschnittlichen Außentemperatur zu erklären. Die Überdimensionierung der Anlagen wird anhand der niedrigeren Vollbenutzungsstunden als Stellschraube für die Energiebilanz ausgeglichen. Somit ist die Richtigkeit der Ergebnisse der Energiebilanz durch Auswertung der Kkehrbuchdaten sichergestellt. Verbleibende Abweichungen sind schwer bis gar nicht zu verhindern und entsprechen der zu erwartenden Planungsunschärfe von Konzepten auf der Detailebene einer kommunalen Wärmeplanung.

Unterscheidung Vorgehensweise verschiedener Verbrauchergruppen:

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

Bei den Straßen mit industriellen Verbrauchern wird im Falle von Mischnutzung abgeschätzt, wie viele Gebäude und damit Heizungsanlagen den jeweiligen Verbrauchergruppen zugeordnet werden können. Bezüglich der Aufteilung der eingesetzten Energieträger müssen ebenfalls Annahmen getroffen werden. So werden zum Beispiel Zentral- und Einzelfeuerungsanlagen Biomasse in der Regel dem Bereich Wohnen & Kleinverbraucher zugeordnet (z.B. Pelletheizungen und Kamine), während der Energieträger „Sonstige Fossile“ überwiegend der Industrie zugewiesen wird. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Prozesswärme mehrheitlich mit Erdgas erzeugt wird. Die installierte Leistung von Biomasse, Heizöl und Sonstige Fossile aufgeteilt in Zentral- und Einzelraumheizung werden errechnet, indem die jeweilige Anlagenzahl mit der entsprechenden Leistung aus Tabelle 8 multipliziert wird. Im Bereich Wohnen & Kleingewerbe wird nach derselben Vorgehensweise verfahren. Anlagen der Industrie und öffentlicher Einrichtungen müssen abgezogen werden.

Ableitung Wärmebedarf Zentralheizungen:

Aus der errechneten Leistung wird der Verbrauch dann anhand eines angenommenen Kesselwirkungsgrades von 90 % (Erfahrungsmittelwert Wirkungsgrad Verbrennungsheizung zur Berücksichtigung der auftretenden Bereitstellungsverluste) und einer Volllaststundenzahl von 1200 h/a bestimmt. Da industrielle Prozesse sehr heterogen sind und der Einsatz von Energieträgern von Prozess zu Prozess stark schwanken kann, ist eine pauschale Annahme von Volllaststunden für die Industrie schwierig. Allerdings wird davon ausgegangen, dass die Prozesswärme überwiegend mit Erdgas erzeugt wird. Es wird angenommen, dass die restlichen Energieträger (sofern im Fragebogen durch die Unternehmen nicht anders angegeben) mehrheitlich zur Erzeugung von Raumwärme eingesetzt werden und damit eine einheitliche Volllaststundenzahl mit den anderen Verbrauchergruppen von 1200 h/a angesetzt werden kann.

Ableitung Wärmebedarf Einzelraumheizungen:

Eine Ausnahme stellen die Einzelraumheizungen Biomasse dar, die mit einer niedrigeren Volllaststundenzahl betrieben werden, es wird der Wert von 570 h/a verwendet [10]. Die Volllaststundenzahl wird so angenommen, dass multivalente Systeme wie z.B. eine Zentralheizung in Verbindung mit Kaminen, Solarthermie, Brauchwasserwärmepumpe etc. berücksichtigt sind.

Tatsächliche Gasverbräuche:

Die Wärmeverbräuche aus dem Energieträger Gas werden jeweils anhand der von dem Energieversorger übermittelten Gasverbräuche und Ergebnissen aus der Befragung der Industrieunternehmen berechnet. Die Aufteilung der Verbrauchergruppen findet zumeist anhand der überwiegenden Nutzung der Straße statt. Zur Validierung der Volllaststundenzahl wird ein Vergleichswert der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleingewerbe mittels der Leistungen aus den Kkehrbuchdaten für Erdgasheizungen berechnet. Da die Anlagenleistung für Gas bereits aus den tatsächlichen Verbräuchen stammt, ist hier eine Berücksichtigung des Verbrennungswirkungsgrades nicht notwendig. Die Abweichung beträgt lediglich $< 3 \%$, was die Richtigkeit der Annahmen unterstreicht.

Tatsächliche Verbräuche Fern- und Nahwärme:

Es fließen die Energieverbräuche des Fernwärmenetzbetreibers (SWFS), aufgeteilt in die einzelnen Verbrauchergruppen, in die Energiebilanz mit ein. Da für die Nahwärmenetze aus den Fragebögen lediglich die ungefähre Anzahl an Abnehmer bekannt ist, wird dieser Wert mit einem exemplarischen Wert von 25 MWh/a für ein Einfamilienhaus verrechnet. Mit einem Anteil von $< 3 \%$ stellt die Nahwärme nur einen geringen Anteil der Wärmenetzversorgung im Stadtgebiet Schwandorf dar.

Strombasierte Heizungen und Solarthermie:

Zur Berechnung der strombasierten Wärmeerzeugungsanlagen wird auf die Daten der Bayernwerk Netz GmbH zurückgegriffen. Die Verbräuche für Wärmepumpen und Speicherheizungen haben jeweils einen ungefähren Anteil von 50 % am Heizstromverbrauch. Die jährlich durch Solarthermie erzeugte Wärmemenge wird errechnet mittels einer im Solaratlas [11] angegebenen Kollektorfläche multipliziert mit einem im Energie-Atlas Bayern [4] verzeichneten repräsentativen Wert für die jährliche Wärmeerzeugung pro Fläche.

Wärmeverbrauch kommunaler Liegenschaften:

Für die öffentlichen Einrichtungen liegen über die Stadt die tatsächlichen Verbrauchsdaten vor, so dass nicht auf andere Datenquellen zurückgegriffen werden muss.

Somit liegen die Wärmeverbräuche aufgeteilt nach Energieträgern und Verbrauchergruppen für das ganze Stadtgebiet vor, die im folgenden Unterkapiteln analysiert werden.

2.4.2. Wohnen & Kleinverbraucher

Tabelle 9 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern von der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher auf. In Abbildung 19 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

*Tabelle 9: Thermischer Endenergieverbrauch des Bereichs Wohnen & Kleinverbraucher.
Aufgeteilt auf Energieträger*

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	114.000
Heizöl	76.800
Sonstige Fossile	4.600
Biomasse	45.800
Solarthermie	2.300
Fernwärme	39.600
Nahwärme	900
Wärmepumpen und Stromheizung	8.800
Gesamt	292.800

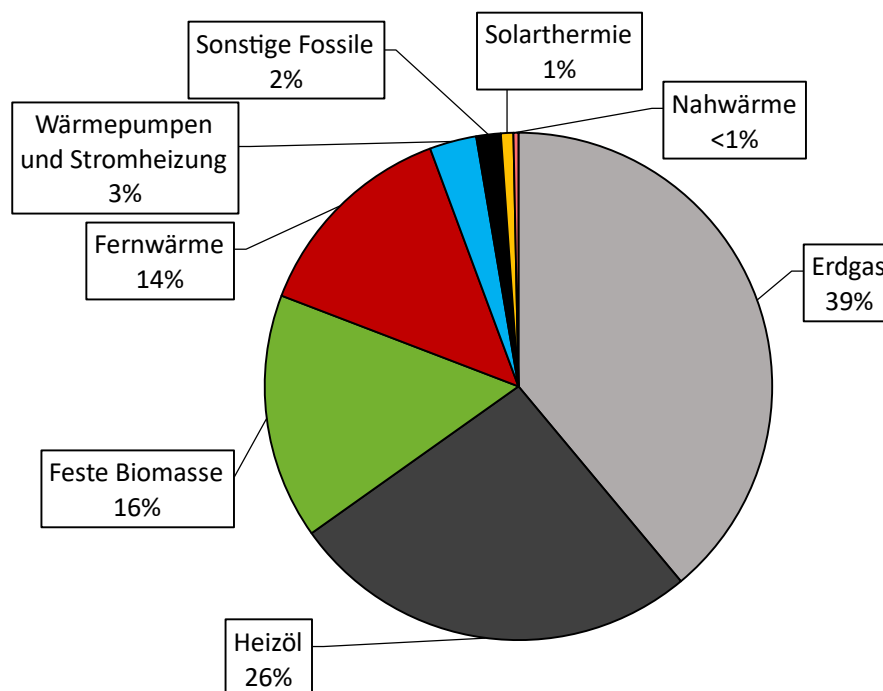


Abbildung 19: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Wohnen & Kleinverbraucher

Zu erkennen ist, dass Erdgas und Heizöl zusammen 65 % der bereitgestellten Energie für Raumwärme und Warmwasser in dieser Verbrauchergruppe darstellt. Biomasse hat einen Anteil von 16 % am Energieverbrauch. Das Fernwärmenetz deckt ca. 14 % des Wärmeverbrauchs. Wärmepumpen und Speicherheizungen, Sonstige Fossile sowie Solarthermie und Nahwärme stellen den übrigen Verbrauch dar.

2.4.3. Industrie & Großgewerbe

Tabelle 10 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern von Industrie & Großgewerbe für Raumwärme und Warmwasser auf. In Abbildung 20 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 10: Thermischer Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe Raumwärme und Warmwasser. Aufgeteilt auf Energieträger

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	7.700
Heizöl	700
Wärmepumpen und Stromheizung	2.200
Fernwärme	21.700
Solarthermie	< 100
Gesamt	32.300

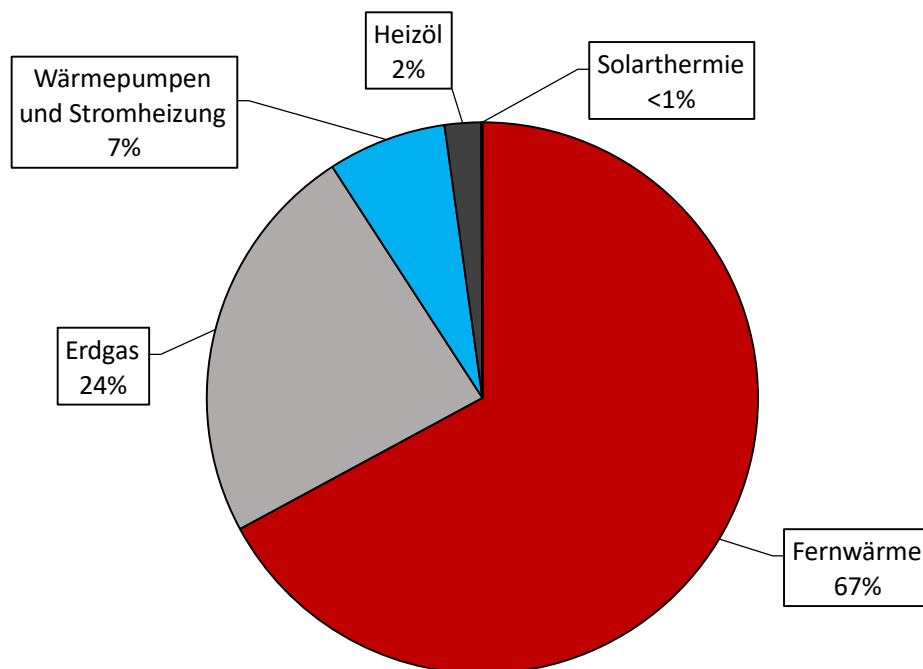


Abbildung 20: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie & Großgewerbe Raumwärme und Warmwasser

Mit einem Anteil von 67 % ist Fernwärme der mit Abstand wichtigste Energieträger für Raumwärme und Warmwasser der Verbrauchergruppe Industrie- und Großgewerbe. Weitere 24 % des Wärmebedarfs werden durch Erdgas gedeckt. Strombasierte Heizsysteme, Heizöl und Solarthermie ergänzen die Energieträgerstruktur. Die Auswertung basiert überwiegend auf den Rückmeldungen der Fragebögen, die von Unternehmen ausgefüllt wurden. Unter den teilnehmenden Betrieben befinden sich die größten und energieintensivsten Unternehmen der Stadt. Es ist zudem nicht auszuschließen, dass Abwärme aus Produktionsprozessen intern zu Heizzwecken genutzt wird. Dieser Anteil ist in der vorliegenden Darstellung jedoch nicht enthalten.

Tabelle 11 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern von Industrie & Großgewerbe für Prozesswärme auf. In Abbildung 21 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 11: Thermischer Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe Prozesswärme. Aufgeteilt auf Energieträger für das Jahr 2023

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	150.000
Prozessdampf	330.800
Strom	10.500
Heizöl	7.200
Strom (Kälte)	5.100
Gesamt	503.600

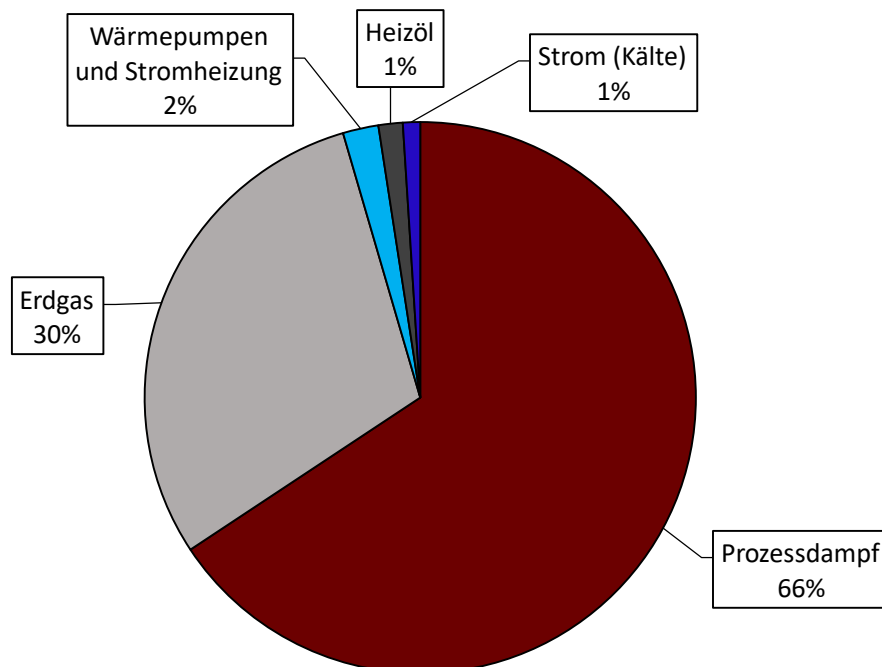


Abbildung 21: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie & Großgewerbe Prozesswärme im Jahr 2023

Prozessdampf und Erdgas stellen den Großteil der benötigten Prozesswärme dar. Vor allem der benachbarte Industriebetrieb und die Klärschlamm-trocknungsanlage sind Abnehmer von Prozessdampf aus dem Müllheizkraftwerk [12]. Hervorzuheben ist, dass produktionsbedingt Schwankungen im Prozessdampfbedarf von bis zu 20 % auftreten können. Der Erdgasverbrauch enthält den Direktverbrauch großer Abnehmer aus dem übergeordnetem Erdgasnetz.

Kältebedarf:

Der Kühl-Strombedarf beträgt laut Fragebogenrückläufer 5.100 MWh/a. Da dafür lediglich Daten der Industrie vorhanden sind, ist von einem größeren Verbrauch auszugehen. Die Kühlung von Büro- und Wohngebäuden konnte nicht separat ermittelt werden. Dieser Bedarf wird sich in Zukunft aufgrund höherer Temperaturen im Sommer voraussichtlich ändern.

2.4.4. Öffentliche Einrichtungen

Tabelle 12 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern der Öffentlichen Einrichtungen inklusive der Verbandskläranlage auf. In Abbildung 22 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 12: Thermischer Endenergieverbrauch der öffentlichen Einrichtungen. Aufgeteilt auf Energieträger für das Jahr 2023

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	2.800
Heizöl	< 100
Biomasse (Klärgas)	3.400
Wärmepumpen und Stromheizung	300
Fernwärme	6.900
Nahwärme	0
Solarthermie	< 10
Gesamt	13.400

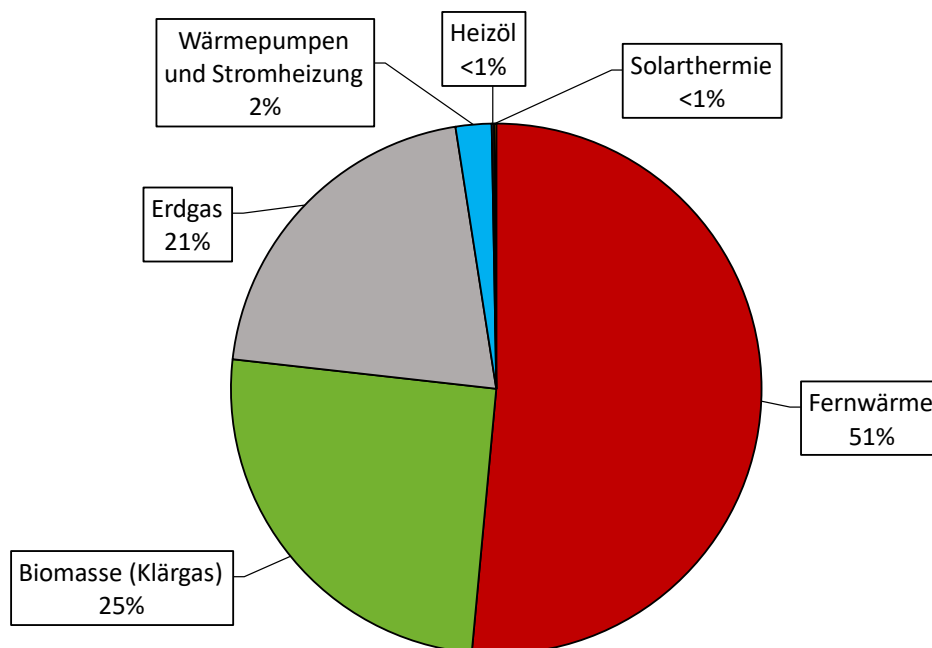


Abbildung 22: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch der Öffentlichen Einrichtungen im Jahr 2023

Fernwärme stellt mit 51 % den größten Anteil am Verbrauch der öffentlichen Einrichtungen dar, gefolgt von Biomasse mit 25 % (Klärgas) und Erdgas mit 21 %. Einen kleinen Anteil haben strombasierte Heizungen, welche insbesondere in speziellen Gebäuden wie kleinen Feuerwehrhäusern und Veranstaltungsräumen als Stromdirektheizungen eingesetzt werden. Der Einsatz von Wärmepumpen beschränkt sich auf einen Kindergarten. Heizöl und Solarthermie liegen bei unter 1 % und werden nur in wenigen speziellen Liegenschaften verwendet. Der Biomasseanteil wird vollständig durch das in der Kläranlage anfallende und dort verwendete Klärgas eingenommen. Der Nahwärmeverbrauch, durch die Kläranlage, lag im Jahr 2023 bei 0 MWh/a. Für wenige Liegenschaften sind keine Verbrauchsdaten für das Jahr 2023 vorhanden. Hier wurde der Bedarf anhand der Grundfläche des Gebäudes abgeschätzt. Der jeweilige verwendete Energieträger ist bekannt.

2.4.5. Zusammenfassung Energiebilanz Wärme

In Abbildung 23 ist die Verteilung des Energiebedarfs von Raumwärme, Warmwasserbereitstellung und Prozesswärme aufgeteilt auf die drei Verbrauchergruppen zu sehen. Industrie & Großgewerbe ist mit 64 % des Gesamtwärmebedarfs die größte Verbrauchsgruppe. Es folgt Wohnen & Kleinverbraucher mit 35 %, öffentliche Einrichtungen liegen bei < 2 %. Der Gesamtwärmebedarf beträgt 842.100 MWh/a.

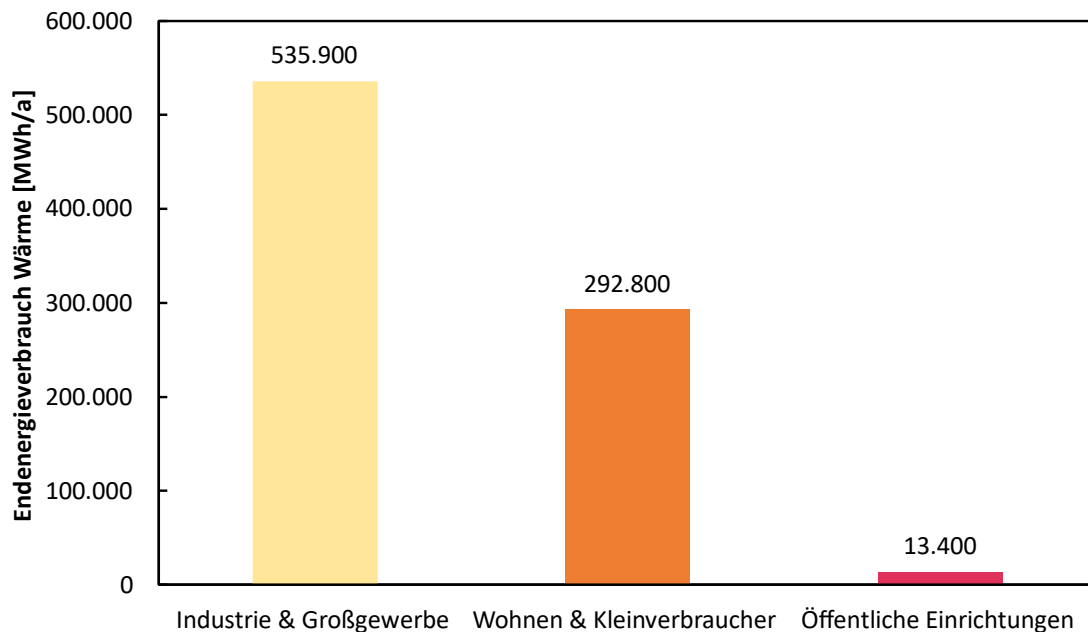


Abbildung 23: Energieverbrauch für Heiz- und Prozesswärme aufgeteilt auf Verbrauchergruppen für das Jahr 2023 in Höhe von 842.100 MWh

Tabelle 13 und Abbildung 24 zeigen die bereitgestellten Energiemengen je Energieträger für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen auf. Der Anteil leitungsgebundener Wärme (Gas und Fernwärme/Prozessdampf) am Endenergieverbrauch beträgt 80 %. Davon fallen 47 % auf die unvermeidbare Abwärme des MHKWs, womit die Fernwärme und der Prozessdampf bereitgestellt werden. Bilanziell entfallen 82 GWh/a des Gasbezugs auf Biomethan durch die Einspeiseanlage auf dem Stadtgebiet.

Tabelle 13: Auf die Stadt summierter thermischer Endenergieverbrauch.
Aufgeteilt auf Energieträger für das Jahr 2023

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Prozessdampf	330.800
Erdgas	274.500
Heizöl	84.700
Fernwärme	68.200
Biomasse (inkl. Klärgas)	49.200
Wärmepumpen und Stromheizungen	21.800
Strom (Kälte)	5.100
Sonstige Fossile	4.600
Solarthermie	2.300
Nahwärme	900
Gesamt	842.100

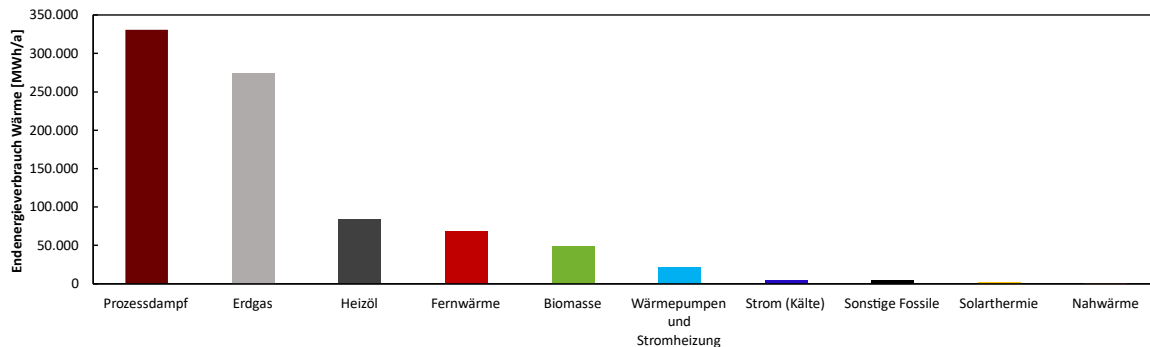


Abbildung 24: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen

Tabelle 14 listet die Kennwerte der Energiebilanz Wärme auf. Wie auch die Energiebilanz des Strombezugs und die Treibhausgasbilanz sollen diese einheitlichen Kennwerte einen Vergleichswert für die nächste Fortschreibung der Wärmeplanung darstellen. Somit kann die Ist-Situation und der Fortschritt in der Wärmewende auf dem Stadtgebiet überprüft und beurteilt werden. Außerdem können Trends bei der Nutzung von KWK-Anlagen und dem Ausbau von Wärmenetzen festgestellt werden. [13]

Tabelle 14: Kennwerte der Energiebilanz Wärme

Kennzahl	Wert	Einheit
Endenergieverbrauch Wärme gesamt pro Einwohner	27.950	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	9.700	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Wärme Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	450	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro m ² Wohnfläche	199	kWh/(a*Einwohner*m ²)
Endenergieverbrauch Wärme Industrie & Großgewerbe pro Einwohner	17.800	kWh/(a*Einwohner)
Einsatz erneuerbarer Energien (im Bereich Wärme) Wohnen & Kleinverbraucher pro Kopf	1.900	kWh/(a*Einwohner)
Anteil erneuerbarer Energien Wohnen & Kleinverbraucher an lokaler Wärmeerzeugung	33	% inkl. Fernwärme
Installierte thermische KWK-Leistung pro Kopf	4,9	kW/Einwohner
Anzahl Hausanschlüsse Wärmenetz	1.100	-
Anzahl Hausanschlüsse Gasnetz	4.677	-
Länge Wärmenetzleitung	72	km
Länge Gasnetzleitung	206,6	km
Anteil Biomasse am Endenergieverbrauch	5,8	%
Anteil strombasierte Wärme am Endenergieverbrauch	2,6	%
Anteil Solarthermie am Endenergieverbrauch	0,3	%

Anteil Fernwärme am Endenergieverbrauch	8,1	%
Anteil Nahwärme am Endenergieverbrauch	0,1	%
Anteil unvermeidbare Abwärme am Endenergieverbrauch	47,5	%
Anteil Gas am Endenergieverbrauch	32,6	%
Anteil Strom (Kälte) am Endenergieverbrauch	0,6	%

Die Kennzahl für den flächenbezogenen Endenergieverbrauch Wärme wird anhand der Einwohnerzahl der Stadt und der Wohnfläche der Wohnungen berechnet [14]. Da hier auch der Energieverbrauch der Kleinverbraucher miteinbezogen ist, ist der Wert höher als bei einer ausschließlichen Betrachtung der Wohngebäude. Der Anteil erneuerbarer Energie Wohnen & Kleinverbraucher an lokaler Wärmeerzeugung in Höhe von 33 % beinhaltet die Fernwärme, welche durch unvermeidbare Abwärme gespeist wird.

Einordnung Vergleich Energienutzungsplan 2019:

Die im Rahmen des Energienutzungsplans des Landkreis Schwandorf erstellten Energie- und Treibhausgasbilanzen für die Stadt Schwandorf mit dem Bilanzjahr 2019 lassen sich nur schwer mit den hier dargestellten Werten vergleichen. Einerseits unterliegen unterschiedliche Jahre generell Schwankungen im Wärmeverbrauch (Wetterlage, wirtschaftliche Lage, etc.), andererseits steigt jährlich die Energieeffizienz der Wärmeerzeugungsanlagen sowie der Anteil an erneuerbaren Energien im Wärme- und Stromsektor. Da die Industrie den Großteil des Wärmeverbrauchs ausmacht, hängt der Gesamtwärmeverbrauch der Stadt stark von der wirtschaftlichen Lage der einzelnen Unternehmer ab. Äußere Einflüsse wie die Corona-Pandemie mit evtl. Teilzeitarbeit und hohe Gaspreise aufgrund der Gaskrise wirken sich intensiv auf den Wärmeverbrauch aus. Unterschiedliche Herangehensweisen, Annahmen und Methodiken zur Berechnung der Energie- und Treibhausgasbilanzen führen zusätzlich zu abweichenden Ergebnissen.

2.5. Wärmebedarf auf Baublockebene

Da aus den Wärmeerzeugerleistungen der Kaminkehrer-Daten, welche straßenzugsweise vorliegen, nicht auf den Wärmebedarf eines einzelnen Gebäudes geschlossen werden kann, wird ein gebäudescharfes Wärmekataster erstellt. Als Grundlage standen ein Wärmekataster aus dem Energienutzungsplan von 2019, das Wärmekataster des Kurzgutachten Bayern sowie der simulierte gebäudescharfer Bedarf aus dem Simulationstool nPro zur Verfügung. Nach detaillierter Auswertung wird das Wärmekataster des Kurzgutachten als Hauptquelle verwendet und mit den Daten aus dem Simulationsprogramm als auch stellenweise dem Energienutzungsplan ergänzt. Wenn vorhanden, wurden Fernwärme- sowie Gasverbräuche eingepflegt. Die vorhandenen tatsächlichen Verbrauchsdaten aus der Befragung von Bürgerinnen und Bürgern, der Industrie und der Öffentlichen Einrichtungen wurden zusätzlich eingearbeitet. Alle kommunalen Gebäude wurden im Kataster mit den tatsächlichen Verbräuchen versehen. Mit einer Abweichung von +16 % zu den Ergebnissen der Energiebilanz stellt das Wärmekataster den Energieverbrauch für Wärme der Stadt Schwandorf ausreichend exakt dar.

Wie bereits erwähnt wird die Stadt aus Datenschutzgründen und zur besseren Veranschaulichung in Baublöcke aufgeteilt. Die Bedarfe der einzelnen Gebäude in einem Baublock werden aufsummiert. Größere Industriegebiete/ Gewerbe werden zudem in separate Blöcke eingeteilt, damit diese die Werte der Haushalte nicht verfälschen. Baublöcke mit nur einem Abnehmer werden zusätzlich aus Datenschutzgründen in den Karten unkenntlich gemacht.

2.5.1. Absoluter Wärmebedarf

Abbildung 25 zeigt den absoluten jährlichen Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser in Form einer Heatmap auf, Abbildung 26 den absoluten jährlichen Wärmebedarf für Prozesswärme. Je dunkler die Fläche, desto größer ist der absolute Wärmebedarf. Es ist zu sehen, dass die Innenstadt, die Industrie- und Gewerbegebiete und Gebiete mit großen kommunalen Abnehmern (Schwimmbad, Landratsamt) einen hohen Wärmebedarf aufweisen. Dieser erhöhte Wärmebedarf ergibt sich einerseits durch hohe Bebauungsdichten und andererseits auch durch hohe Verbräuche größerer Gebäude (wie Industrie und Großgewerbe).

So ist es möglich, mit dieser Karte schnell und einfach Gebiete, und somit auch Großverbraucher, mit einem hohen Wärmebedarf zu identifizieren.

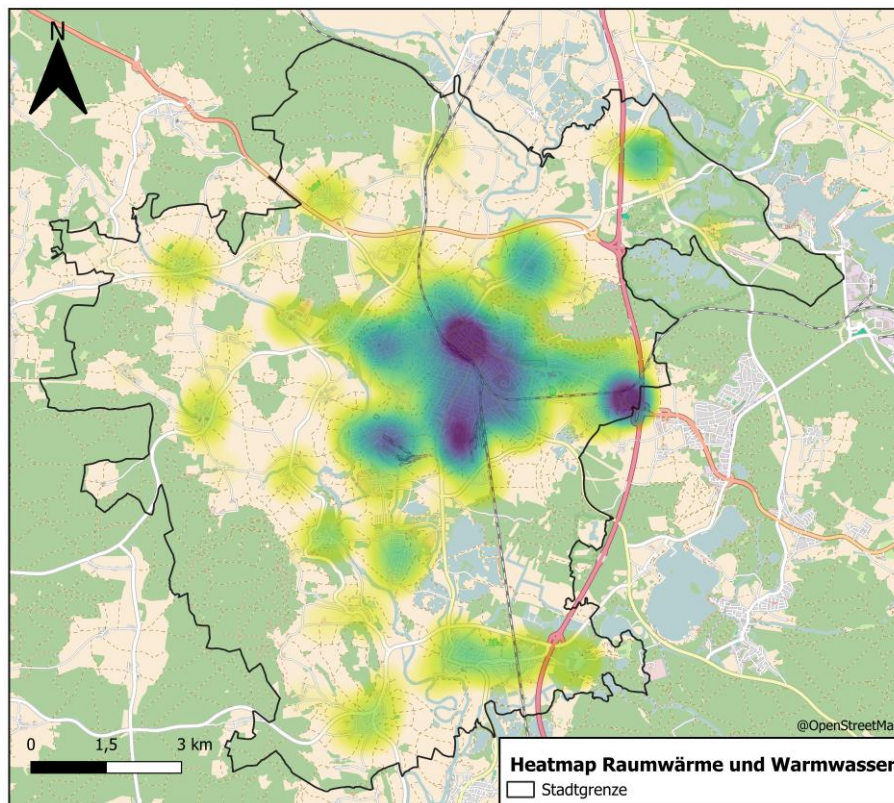


Abbildung 25: Absoluter jährlicher Wärmebedarf Raumwärme und Warmwasser (Heatmap) ohne Einheit. Je dunkler die Farbe, desto größer der Bedarf

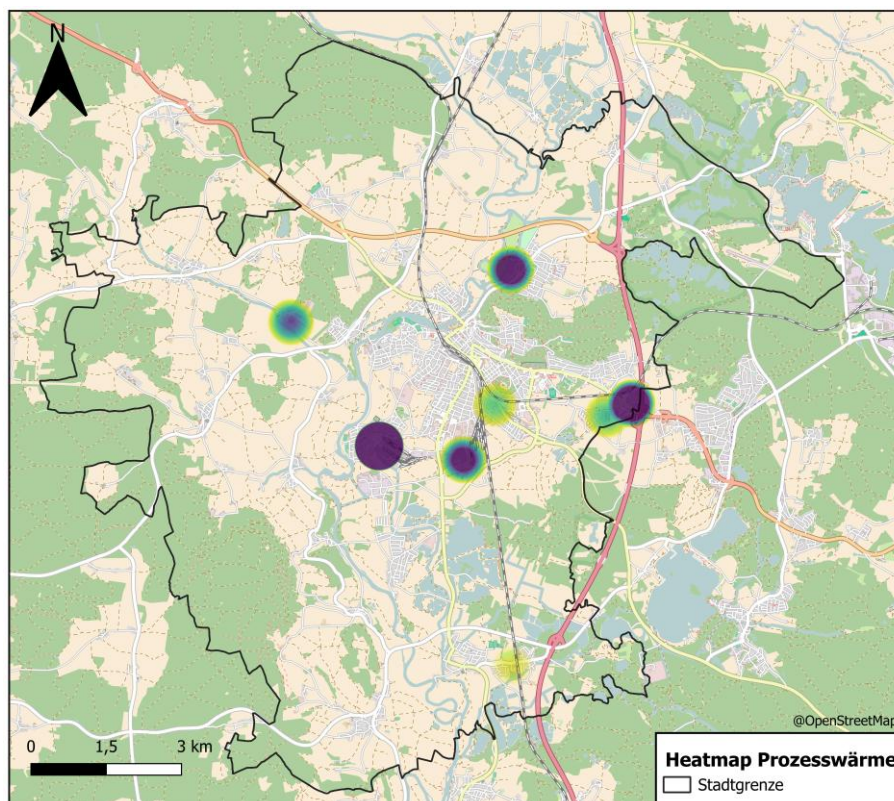


Abbildung 26: Absoluter jährlicher Wärmebedarf Prozesswärme (Heatmap) ohne Einheit. Je dunkler die Farbe, desto größer der Bedarf

Betrachtet man den Gesamtwärmebedarf für Warmwasser, Raumwärme und Prozesswärme, fallen mehrere Großverbraucher ins Auge. Diese können unter anderem als Ankerkunden einen großen Pluspunkt für ein Wärmenetz darstellen.

In Abbildung 27 sind diese Großverbraucher aufgezeigt, in Tabelle 15 sind diese namentlich aufgelistet.

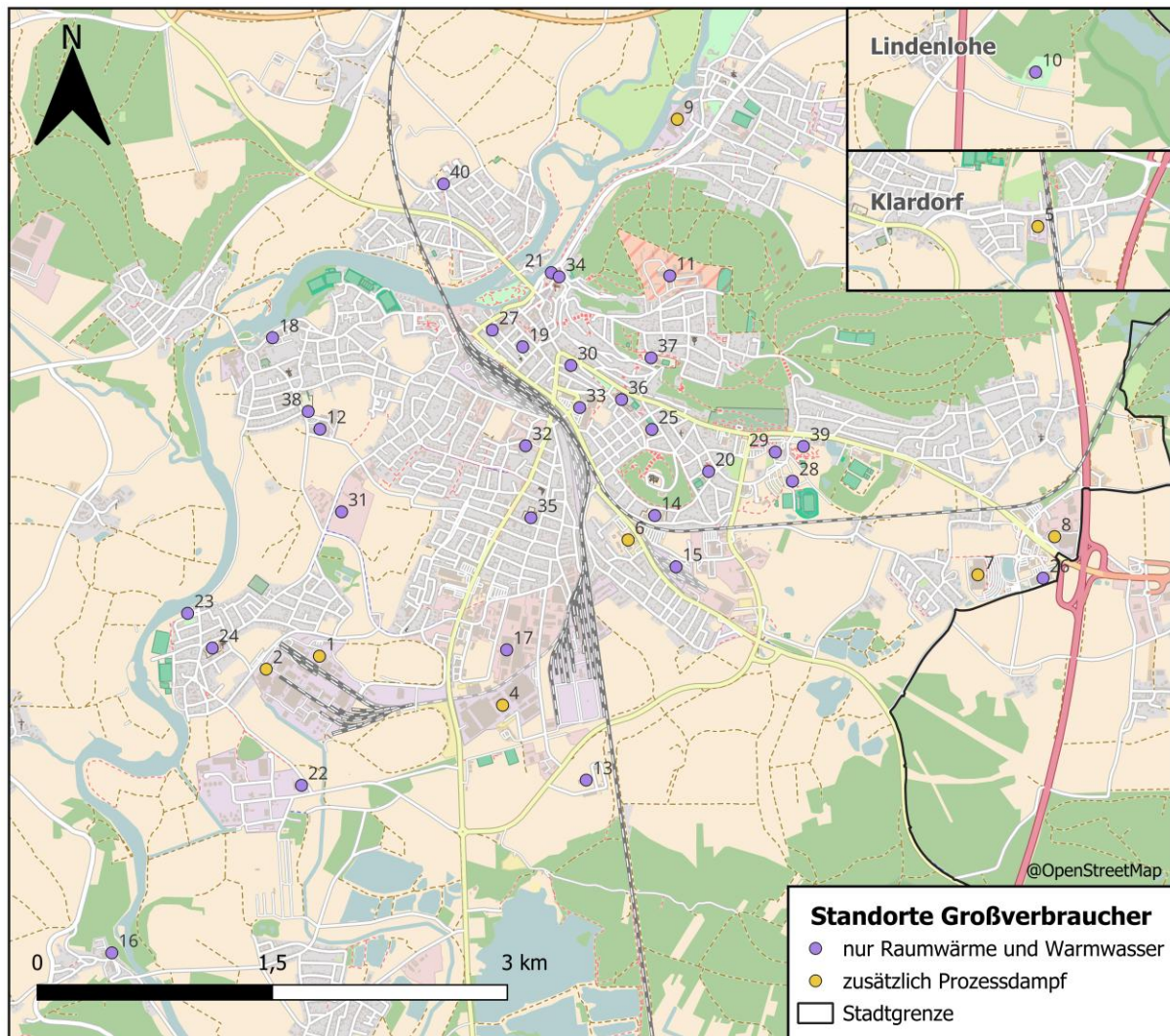


Abbildung 27: Standorte von Großverbrauchern

Tabelle 15: Auflistung der Großverbraucher zu Abbildung 27

Nummer	Großverbraucher
1	Zweckverband Müllverwertung Schwandorf (ZMS)
2	Nabaltec AG
3	Horsch Maschinen GmbH
4	Benteler Automobiltechnik GmbH
5	Metallverarbeitungs GmbH Rana-Werk
6	Krankenhaus St. Barbara
7	Globus Schwandorf
8	Wolf Echter Essgenuss
9	Fronberg Guss
10	Asklepios Orthopädische Klinik
11	Bundespolizei
12	Naab-Werkstätten GmbH
13	Verbandskläranlage
14	Berufsschulzentrum Oskar von Miller
15	Die Länderbahn GmbH DLB
16	Schlossbrauerei Naabeck GmbH & Co. KG
17	Paragon Group Limited
18	Haus des guten Hirten
19	Elisabethenheim
20	Kreuzbergsschule
21	Rathaus
22	Heimerl Metall
23	Hallenbad
24	Grund- und Hauptschule Dachelhofen
25	Karl-Friedrich-Gauß-Gymnasium
26	Obi Markt
27	Caritas Alten- und Pflegeheim Marienheim
28	Oberpfalzhalle
29	Landratsamt
30	Agentur für Arbeit
31	Kleeblatt Werkstätte
32	Mega-Möbel Uschold Möbel GmbH
33	TWF Gelände
34	Gerhardinger Schule
35	Lindenschule
36	Mädchenschule St. Josef
37	Konrad-Max-Kunz-Realschule
38	Sonderpädagogisches Förderzentrum
39	Erlebnisbad Schwandorf
40	St. Anna Kindergarten

2.5.2. Wärmebedarf pro Baublockfläche

In Abbildung 28 ist der jährliche Wärmebedarf pro Baublockfläche zu sehen. Die Wärmedichte entsteht, indem der Wärmebedarf aller Gebäude eines Baublocks auf die Fläche des Baublockes bezogen wird, wodurch sich je Baublock ein Wert in MWh pro Jahr und Hektar ergibt. Die Intervalle orientieren sich am Leitfaden des Bundes. Sie können eine erste Orientierung zur Wärmenetzeignung liefern [15]. Je geringer die Wärmedichte, desto weniger wirtschaftlich lohnend ist ein Wärmenetz in den meisten Fällen. Es ist zu erkennen, dass auch hier die

Innenstadt und die Industrie einen hohen Wert aufweisen. In den Siedlungsgebieten haben die meisten Baublöcke einen ähnlichen Wert, da sich die Verbräuche von Wohnhäusern nur in geringem Maße unterscheiden. Vereinzelt sind Siedlungsgebiete mit höherer Wärmedichte vorhanden, was auf einen höheren Verbrauch oder eine höhere Bebauungsdichte hinweist. Ein paar Baublöcke sind aus Datenschutz-Gründen ausgegraut.

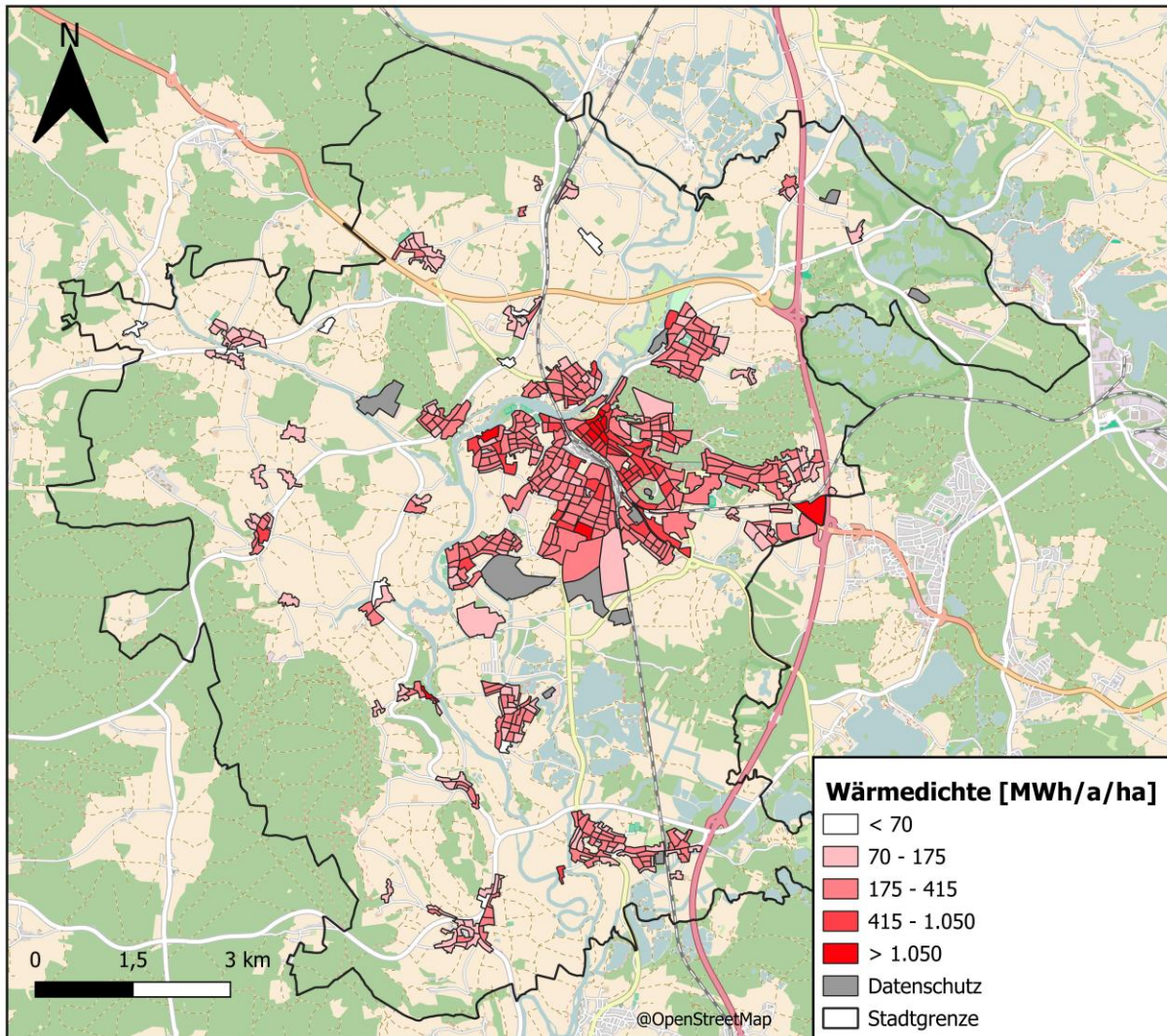


Abbildung 28: Jährlicher Wärmebedarf pro Baublockfläche

Für die umliegenden Dörfer kann die Wärmedichte bereits ein erster Indikator für deren Wärmenetzeignung sein. Sie muss allerdings nicht der alleinige Ausschlaggeber für eine Einordnung sein. Betrachtet man beispielsweise den Ort Haselbach, dessen südlicher Teil bereits durch ein Wärmenetz von nahegelegener Biogasanlage versorgt wird, fällt auf, dass die dortigen Baublöcke mit 70 – 175 MWh/a/ha eine eher geringe Wärmedichte aufweisen. Ist Wärme, wie in diesem Fall, zu einem günstigen Preis verfügbar, kann der Anschluss trotz geringer Wärmedichte wirtschaftlich sein.

2.5.3. Wärmeliniendichte (WLD)

Ein wichtiges Kriterium hinsichtlich der Eignung für die Versorgung durch ein konventionelles Wärmenetz stellt die Wärmeliniendichte mit der Einheit kWh pro Jahr und Meter dar. Hiermit lassen sich grob die Wärmemengen für einen Straßenabschnitt abschätzen, welche durch ein Wärmenetz zur Verfügung gestellt werden müssten. Je höher dieser Wert ist, umso geringer sind die anteiligen Wärmeverluste während des laufenden Betriebs eines Wärmenetzes und umso wirtschaftlicher ist der Bau der Leitungen. Abbildung 29, Abbildung 30 und Abbildung 31 zeigen die Wärmeliniendichten je Straßenzug.

Straßenabschnitte mit kleineren Häusern und geringer Dichte weisen einen geringeren Wert der Wärmeliniendichte auf. In Straßenzügen mit Großverbrauchern und dichter Mehrfamilienhausbebauung ist ein höherer Wert vorhanden. Wie auch bei den Wärmedichten sind die Wärmeliniendichten in vier Stufen unterteilt, welche ein erster Indikator für die Einordnung zur Eignung eines Wärmenetzes sein können. Rein auf Basis der Wärmeliniendichten wäre laut Literatur [15] ein heißes Wärmenetz ab einer WLD > 1.500 kWh/a/m genauer zu untersuchen.

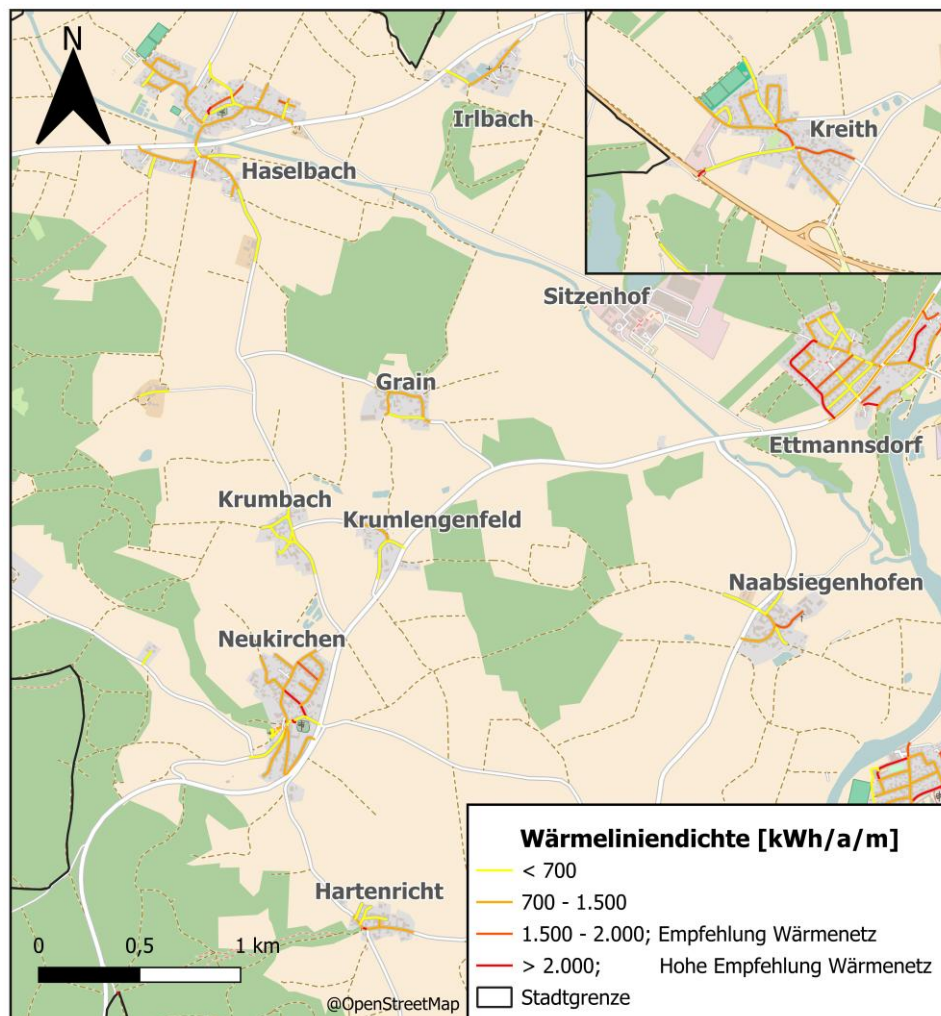


Abbildung 29: Wärmeliniendichte des Nordwestlichen Stadtgebiets

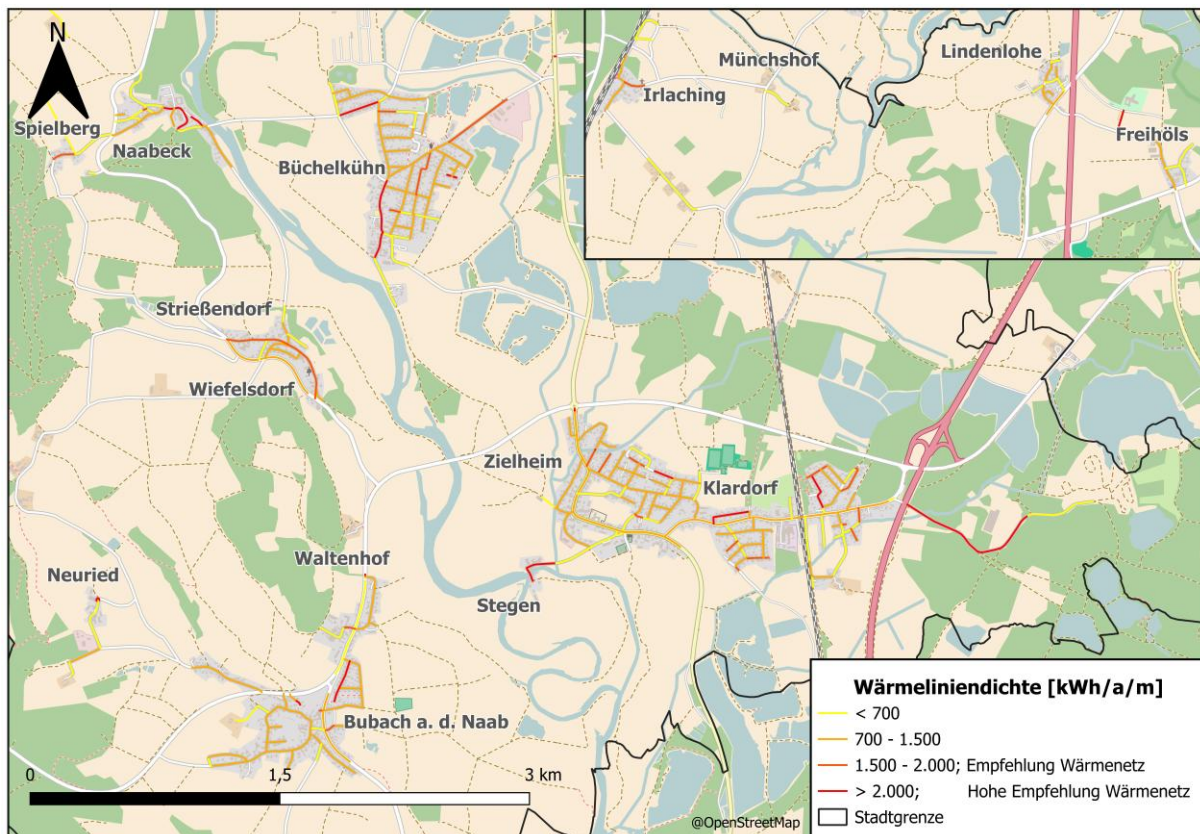


Abbildung 30: Wärmelinienindichten des Nordens und Südens des Stadtgebiets

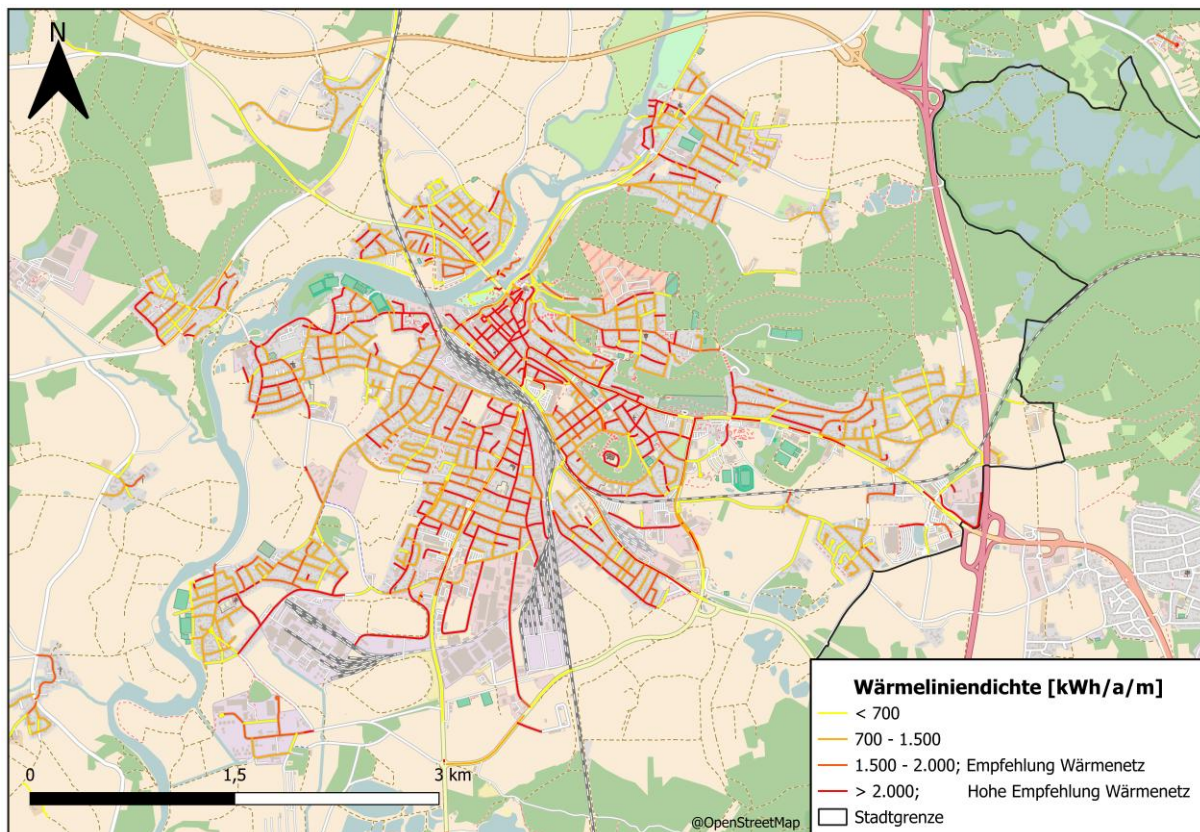


Abbildung 31: Wärmelinienindichten des Kernstadtgebiets

2.6. Energiebilanz Strom

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

2.6.1. Methodik

Auch für die Energiebilanz des Sektors Strom wird das Jahr 2023 betrachtet. Die Stromverbräuche werden übermittelt durch die Bayernwerk Netz GmbH. Die tatsächlichen Strombezugswerte sind in die verschiedenen Verbrauchergruppen aufgeteilt. Zu den Öffentlichen Einrichtungen, für die die tatsächlichen Verbräuche von der Kommune zur Verfügung gestellt wurden, wird der Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung, der Verbandskläranlage sowie des städtischen Eigenbetriebs für die Lieferung und Versorgung mit Wasser und Fernwärme hinzugezählt. Zudem wurden die Rückläufer der Fragebögen der Industrie und des Zweckverbands Müllverwertung Schwandorf eingepflegt. Der Stromverbrauch für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen wird nicht mitberücksichtigt, da dieser schon in der Energiebilanz Wärme verrechnet ist.

2.6.2. Zusammenfassung Energiebilanz Strom

Der Gesamtstromverbrauch einer Stadt ist meist nicht auf den ersten Blick ersichtlich, da durch den Energienetzbetreiber nur die von den Verbrauchern bezogenen Stromverbräuche sowie die durch die Stromerzeugungsanlagen eingespeisten Strommengen vorhanden sind. Durch den Eigenverbrauch von Verbrauchern ergibt sich eine Dunkelziffer, die für den Gesamtstrombedarf der Stadt ermittelt werden sollte. Diese Strommenge wurde durch die Differenz von erzeugter Strommenge und eingespeister Strommenge berechnet.

Die erzeugten Strommengen wurden bereits in Tabelle 3 dargestellt. In Tabelle 16 sind diese Werte noch einmal der Stromeinspeisung gegenübergestellt.

Tabelle 16: Stromeinspeisung aufgeteilt auf Energieerzeuger

Energieerzeuger	Stromerzeugung [MWh/a]	Stromeinspeisung [MWh/a]
ZMS (MHKW)	144.400	114.400
PV	49.400	41.400
Biomasse	21.400	21.100
Wasser	3.900	3.900
KWK-Anlagen (Fossil)	4.000	1.800
Gesamt	223.100	182.600

Der bilanzielle Anteil erneuerbarer Energien an der lokalen Stromerzeugung liegt bei circa 67 % (52 % Biomasseanteil im Abfall). 65 % des Stroms wird von dem MHKW erzeugt, 32 % der Stromerzeugung stammen aus Photovoltaik und Biomasse (siehe Abbildung 7), der Rest aus fossilen KWK-Anlagen und Wasserkraftwerken. Die Stromeinspeisung des MHKWs ist, wie bereits zu einem früheren Zeitpunkt erwähnt, sehr schwankend, da die Stromerzeugung stark von der Abgabe von Prozessdampf an die Industrie und von Wärme an das Fernwärmenetz abhängig ist und die verfügbare Leistung der letzten Jahre zusätzlich wegen der



Umbaumaßnahmen des Triphönlis-Projektes vermindert waren. In den vergangenen 6 Jahren wurden zwischen 110 und 175 GWh Strom in das Stromnetz eingespeist.

Aus der Differenz von Stromerzeugung und Stromeinspeisung kann ein ungefährender Eigenverbrauch von 40 GWh ermittelt werden. Dabei wurde die Differenz der PV-Anlagen wegen geschätzter Abregelung noch einmal um knapp 7% reduziert (Wert auf Basis von bekannter Abregelung in Schwandorf von 2022 geschätzt).

In Tabelle 17 ist der sich aus der Summe dieses Eigenverbrauchs und der durch den Energieversorgers übermittelten Strombezüge ergebende Gesamtstromverbrauch der Stadt aufgestellt. Da der ermittelte Eigenverbrauch nicht vollständig einer Verbrauchergruppe zugeordnet werden kann, wurde dieser verbleibende Betrag gesondert ausgewiesen.

Tabelle 17: Stromverbrauch 2023 aufgeteilt auf Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Stromverbrauch [MWh/a]
Industrie & Großgewerbe	188.800
Wohnen & Kleinverbraucher	36.500
Öffentliche Einrichtungen	6.900
Nicht zuordbarer Eigenbedarf	10.000
Gesamt	242.200

Ohne die nicht zuordbaren Eigenbedarfe zu berücksichtigen, machen Industrie & Großgewerbe 81 % des Stromverbrauchs in Schwandorf aus, Wohnen & Kleinverbraucher 16 % und die Öffentlichen Einrichtungen inklusive Straßenbeleuchtung circa 3 %.

In Tabelle 18 sind die Kennwerte der Energiebilanz des Strombezugs aufgelistet. Im Jahr 2023 wurde mehr Strom verbraucht als erzeugt, was vor allem mit der verminderten Leistung des MHKWs in diesem Jahr in Zusammenhang steht. Zusätzliche Strommengen mussten daher importiert werden. Ein zusätzlicher Stromimport kann allerdings auch durch eine vollständige bilanzielle Deckung von Erzeugung und Verbrauch nicht ausgeschlossen werden, da Erzeugung und Verbrauch durch saisonale Verschiebung nicht immer aufeinander fallen.

Tabelle 18: Kennwerte der Energiebilanz Stromverbrauch

Kennwert	Wert	Einheit
Endenergieverbrauch Strom Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	1.213	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Strom Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	230	kWh/(a*Einwohner)
Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Stromerzeugung	67 %	-
Installierte elektrische KWK-Leistung pro Kopf	3,0	kW/Einwohner
Endenergieverbrauch Strom gesamt pro Einwohner	7.710	kWh/(a*Einwohner)

2.7. Treibhausgasbilanz Wärme und Strom

Für die Treibhausgasbilanz 2023 werden die aktuellen Verbräuche für Wärme und Strom mit spezifischen Kennzahlen der CO₂-Äquivalente, sogenannten Emissionsfaktoren, versehen. Die für die aktuelle Treibhausgasbilanz notwendigen Emissionsfaktoren sind in Tabelle 19 aufgelistet. Für die Zielszenarien werden weitere Emissionsfaktoren sowie Prognosen für Strom und weitere Energieträger bis 2040 dargestellt werden. Die meisten Werte entsprechen den Emissionsfaktoren des Gebäudeenergiegesetzes (GEG).

Tabelle 19: Emissionsfaktoren mit CO₂-Äquivalenten der einzelnen Energieträger

Energieträger	CO ₂ -Äquivalente [g/kWh _{Endenergie}]	Literatur
Heizöl	310	GEG
Erdgas	240	GEG
Flüssiggas	270	GEG
Brennholz	20	GEG
Solarthermie	0	GEG
Strom-Mix (2023)	449	[16]
Wärmepumpe Luft	145	Eigene Berechnung: (JAZ 3,1 und Strommix)
Wärmepumpe Geothermie	118	Eigene Berechnung: (JAZ 3,8 und Strommix)
Abwärme aus Industrieprozessen	40	[17], GEG
Abwärme aus Abfallverwertung für Fernwärme	0	[18]
Abwärme aus Abfallverwertung für Prozessdampf	20	GEG
Nahwärme (KWK, Biogas)	40	GEG
Biogas	137	[17]
Klärgas	50	[19]
Sonstige Fossile	320	[20], eigene Berechnung

Da in den Kehrbuchdaten nicht zwischen verschiedenen Biomasse-Energieträgern wie Pellets, Stückholz, Hackschnitzel etc. unterschieden wird, wird für die Biomasse ein einheitlicher Wert angenommen. Dieser entspricht dem von naturbelassenen stückigem Holz. Abweichend zu den Emissionsfaktoren des GEG wird für die strombasierte Wärmeerzeugung mit Umgebungswärme (v.a. Luft und Geothermie) nicht der Wert Null angenommen. Da strombasierte Wärmeerzeuger in Zukunft voraussichtlich vermehrt zum Einsatz kommen werden, werden diese stärker zur Treibhausgasemission beitragen bis der Strom-Mix einen niedrigeren Emissionsfaktor aufweist. Dies sollte nicht unberücksichtigt bleiben. Für den Emissionsfaktor der Abwärme des Müllheizkraftwerks liegt ein Zertifikat der Technischen Universität Dresden vor, welches einen Emissionsfaktor von 0,0 g/kWh nach Gebäudeenergiegesetz ausweist. Die in den Kaminkehrer-Daten aufgeführte Kategorie Sonstige Fossile umfasst verschiedene fossile Energieträger, wie z.B. Brenntorf, Kohle und weitere. Es wurde, angelehnt an das BSKO Methodenpapier, ein einheitlicher Wert von 320 g/kWh angenommen, der sich zwischen Kohle, Erdgas und Heizöl bewegt.

Aufgrund der Transportfähigkeit, der Möglichkeit des bilanziellen Verbrauchs sowie Mangels von Nachweisen zum Verbrauch von Biomethan auf dem Stadtgebiet wird für die Verbräuche

aus der Gasleitung ein individueller Emissionsfaktor aus den Energieträgern Erdgas und Biomethan berechnet. Der Anteil an Biomethan im Gasnetz betrug 2023 1,3 % [21] [22] [23]. Somit ergibt sich ein Faktor von 238,7 g/kWh CO₂-Äquivalente für das Methan aus dem Gasnetz.

In Abbildung 32 sind die untersuchten Endenergieverbräuche pro Verbrauchergruppe von Wärme und Strom aufsummiert dargestellt. Ausgehend von den Verbräuchen werden die CO₂-Äquivalente berechnet.

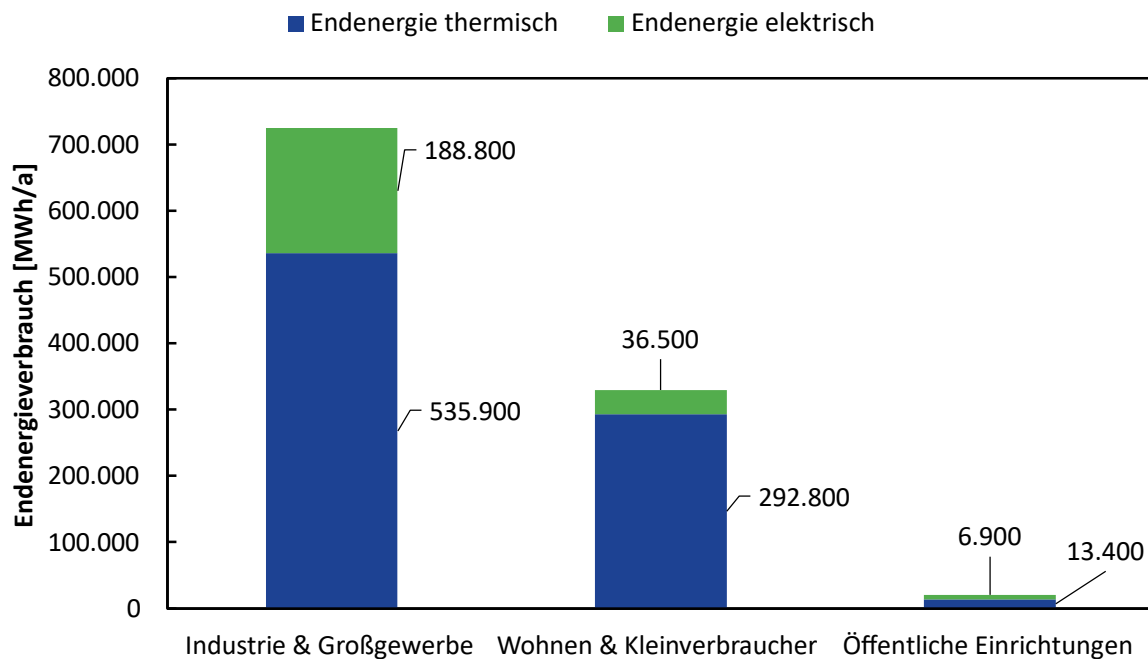


Abbildung 32: Endenergieverbrauch thermisch und elektrisch des ganzen Stadtgebiets aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen

Abbildung 33 zeigt die Treibhausgasbilanz für das ganze Stadtgebiet aufgeteilt auf Verbrauchergruppen für den Wärme- und Stromverbrauch. Aufgrund des hohen Strombedarfs hat der Bereich Industrie & Großgewerbe auch den höchsten Treibhausgaswert der Verbrauchergruppen, auch wenn die Emissionen im Wärmebereich in der Gruppe Wohnen & Kleinverbraucher höher sind. Insgesamt werden auf dem Stadtgebiet jährlich 209.700 t CO₂-Äquivalente in den Sektoren Wärme (105.400 t CO₂-Äquivalente) und Strom (104.300 t CO₂-Äquivalente) emittiert.

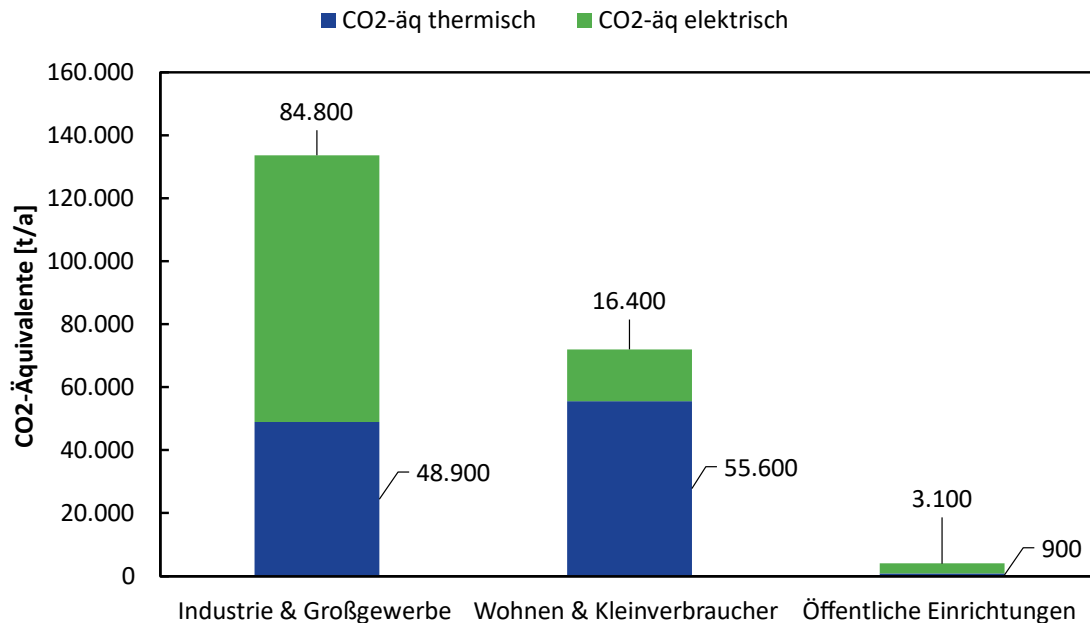


Abbildung 33: Treibhausgasemissionen in CO₂-Äquivalente resultierend aus dem Endenergieverbrauch. Für das ganze Stadtgebiet aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen

Tabelle 20 listet die Kennwerte der Treibhausgasbilanz auf. Somit können Fortschreibungen des Wärmeplans mit den Werten aus 2023 verglichen werden.

Tabelle 20: Kennwerte der Treibhausgasbilanz

Kennwert	Wert	Einheit
THG-Emissionen Gesamtwärme pro Einwohner	3,49	t _{CO2-äq} /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	1,84	t _{CO2-äq} /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Wärme Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	0,03	t _{CO2-äq} /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Wärme Industrie & Großgewerbe pro Einwohner	1,62	t _{CO2-äq} /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Strom gesamt pro Einwohner	3,45	t _{CO2-äq} /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Strom Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	0,54	t _{CO2-äq} /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Strom Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	0,10	t _{CO2-äq} /(a*Einwohner)
THG-Emissionen Strom Industrie & Großgewerbe pro Einwohner	2,81	t _{CO2-äq} /(a*Einwohner)

Sektor Verkehr:

Laut durch die Stadt bereitgestellte Analysen entfallen auf den Sektor Verkehr im Jahr 2023 ein Energieverbrauch von ca. 302.800 MWh. Hierbei sind alle Transportmittel mitbetrachtet. Dies entsprechen ca. 101.900 t CO₂-Äquivalente an Treibhausgasemissionen im Jahr 2023. Diese Werte werden in den Zielszenarien aufgegriffen und im Sinne der Sektorenkopplung mitbetrachtet.



3. Literaturverzeichnis

- [1] Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, „Geobasisdaten: ALKIS,“ München.
- [2] Bayrisches Landesamt für Statistik, „Statistik kommunal 2023 – Große Kreisstadt Schwandorf,“ Februar 2024. [Online]. Available: https://statistik.bayern.de/mam/produkte/statistik_kommunal/2023/09376161.pdf. [Zugriff am 06 06 2025].
- [3] Bundesnetzagentur, „Marktsammdatenregister,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>. [Zugriff am 5 Juni 2024].
- [4] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, „Energie-Atlas Bayern,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.energieatlas.bayern.de/>. [Zugriff am 01 2024].
- [5] „Triphoenix.z-m-s,“ 2023. [Online]. Available: <https://triphoenix.z-m-s.de/abfallmengen/>. [Zugriff am 15 07 2025].
- [6] Bundesnetzagentur, „Breitbandatlas Karte,“ [Online]. Available: <https://gigabitgrundbuch.bund.de/GIGA/DE/Breitbandatlas/Vollbild/start.html>. [Zugriff am 09 2025].
- [7] Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik, „Kennzahlen zum Energieverbrauch in Dienstleistungsgebäuden,“ Wien, 2011.
- [8] K. Friedrich, D. Niermann, I. F., P. Bissolli, J. Daßler, V. Zins, H. S. und M. Ziese, „Deutscher Wetterdienst. Klimatologischer Rückblick auf 2023: Das bisher Wärmeste Jahr in Deutschland,“ 2024. [Online]. Available: https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20240201_klimaruueckblick-2023.pdf;jsessionid=F9E801852A692BA4A87E7AFF236A938F.live11042?__blob=publicationFile&v=6. [Zugriff am 02 12 2024].
- [9] eclareon GmbH, „Biomasseatlas,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.biomasseatlas.de/>. [Zugriff am Oktober 2024].
- [10] D. Merten und D. Falkenberg, „Wärmegewinnung aus Biomasse,“ Leipzig, 2004.
- [11] BSW - Bundesverband Solarwirtschaft e.V., „Solaratlas,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.solaratlas.de/index.php?id=1>. [Zugriff am 31 10 2024].
- [12] Z.-M.-S. (. M. Schwandorf), „Zahlen Daten Fakten 2024,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.z-m-s.de/assets/2025-web-zdf--2024.pdf>. [Zugriff am 08 2025].



- [13] Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, „Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden,“ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 2020.
- [14] Bayerisches Landesamt für Statistik, „Statistik kommunal - Große Kreisstadt Schwandorf,“ Fürth, 2024.
- [15] ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, „Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche,“ Heidelberg, 2024.
- [16] Umweltbundesamt , „Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990-2024,“ Dessau-Roßlau, 2025.
- [17] BMWK und BMWStB, „Technikkatalog Wärmeplanung V 1.1,“ Berlin, 2024.
- [18] Städtische Wasser- und Fernwärmeversorgung Schwandorf, „Zertifikat,“ 22.05.2025. [Online]. Available: https://www.swf-sad.de/pdf_doc/primaerenergiefaktor/Zerti_GEG_Schwandorf_2025_Zertifikat.pdf. [Zugriff am 09.05.2025].
- [19] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Informationsblatt CO₂-Faktoren,“ Eschborn, 2024.
- [20] Agentur für kommunalen Klimaschutz am Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH, „BISKO Bilanzierungssystematik Kommunal,“ Berlin, 2025.
- [21] Bundesnetzagentur, „Rückblick: Gasversorgung im Jahr 2023,“ 2025. [Online]. Available: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/a_Gasversorgung_2023/start.html. [Zugriff am 10.09.2025].
- [22] Deutsche Energie-Agentur, „Wie entwickelt sich der Biomethanbedarf auf Basis des Gebäudeenergiegesetzes?,“ 01.05.2024. [Online]. Available: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2024/Analyse_biogaspartner_Biomethanbedarf_Gebaeudeenergiegesetzes.pdf. [Zugriff am 09.10.2025].
- [23] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. , „Zukunftsbild Biomethan 2025-2045,“ 03.05.2025. [Online]. Available: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/zukunftsbild-biomethan-handlungsempfehlungen-dvgw.pdf>. [Zugriff am 10.09.2025].



4. Hinweise

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

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

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

Markus Rößler