



Kommunale Wärmeplanung

Gemeinde Schönwölkau

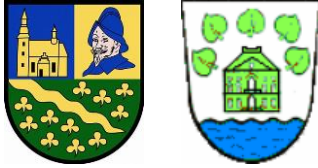


Zwischenbericht

Bestands- und Potenzialanalyse

nach dem Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze
(Wärmeplanungsgesetz – WPG) vom 20. Dezember 2023

Auftraggeber



Gemeinschaftsverwaltung Krostitz-Schönwölkau
Dübener Straße 1
04509 Krostitz

Ansprechpartnerin:

Maria Lampl
Telefon: +49 (34295) 750 - 22
E-Mail: Maria.Lampl@Krostitz.com

Auftragnehmer



Tilia GmbH
Inselstraße 31
04103 Leipzig
Ansprechpartnerin: Simone Mindermann
www.tilia.info

Nachunternehmer



Seecon Ingenieure GmbH
Spinnereistraße 7

Ansprechpartner: Christopher Schmid

Gefördert durch die Nationale Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Projektlaufzeit: 04/2025 bis 08/2025

Titelbild: Tilia GmbH

Anmerkung: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Alle geschlechtsspezifischen Bezeichnungen, die in männlicher oder weiblicher Form benutzt wurden, gelten für beide Geschlechter gleichermaßen ohne jegliche Wertung oder Diskriminierungsabsicht.

Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung	2
1	Einleitung	3
2	Rahmenbedingungen für die Umsetzung	4
3	Methodik.....	6
3.1	Methodik zur Bestandsanalyse	6
3.2	Methodik zur Potenzialanalyse	10
4	Bestandsanalyse	18
4.1	Gemeinde- & Siedlungsstruktur	18
4.2	Gebäudebestand	19
4.3	Energie- und Versorgungsstruktur	23
4.4	Wärmeerzeuger, -speicher und große Verbraucher	25
4.5	Wärmebedarf	27
4.6	Wärmedichten	29
4.7	Energie- und Treibhausgasbilanz	31
4.8	Zwischenfazit Bestandsanalyse	35
5	Potenzialanalyse	36
5.1	Erneuerbare Energien zur Wärmegewinnung.....	36
5.2	Potenzial für erneuerbare Stromquellen	53
5.3	Unvermeidbare Abwärme aus Industrie und KWK-Anlagen	55
5.4	Großwärmespeicher	56
5.5	Einsparpotenziale für Wärme.....	56
5.6	Zwischenfazit Potenzialanalyse	58
6	Abbildungsverzeichnis.....	63
7	Tabellenverzeichnis	65
8	Abkürzungsverzeichnis	66
9	Literaturverzeichnis.....	68

0 Zusammenfassung

Dieser Zwischenbericht dokumentiert die Bestands- und Potenzialanalyse für die kommunale Wärmeplanung der Gemeinde Schönwölkau gemäß Wärmeplanungsgesetz (WPG) (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2024). Die Analyse zeigt, dass die Gemeinde über erhebliche Potenziale zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung verfügen. Die größten Hebel liegen in der Nutzung von Solarenergie, Geothermie, Biomasse und der Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für die Entwicklung eines Zielszenarios und einer Umsetzungsstrategie, die im Endbericht ausgearbeitet werden.

In Schönwölkau gibt es rund 1.994 beheizte Gebäude, überwiegend Einfamilienhäuser und Nichtwohngebäude, von denen viele vor 1920 errichtet wurden. Die zentrale Energieinfrastruktur ist schwach ausgeprägt: Es existieren keine Wärme- oder Kältenetze und kein zentrales Erdgasnetz. Stattdessen betreibt die Propan Rheingas GmbH & Co. KG mehrere Flüssiggasnetzgebiete und sonst besteht eine dezentrale Wärmeversorgung direkt an den Gebäuden. Die Wärmeversorgung erfolgt hauptsächlich über Heizöl, Flüssiggas, Biomasse und Strom. Besonders hervorzuheben sind drei große Biogasanlagen, die jeweils 2.700 bis 4.500 MWh/a an Biogas verbrauchen. Der Wärmebedarf der Gemeinde Schönwölkau beträgt insgesamt ca. 45 GWh/a, davon 35 GWh/a für Raumwärme und Warmwasser. Die höchsten Wärmedichten finden sich in den Siedlungskernen. Der Endenergiebedarf liegt bei 48 GWh/a, was zu Treibhausgasemissionen von ca. 11.211 t CO₂eq/a führt – ohne industrielle Biogasprozesse etwa 9.831 t CO₂eq/a.

In Schönwölkau liegen die größten Potenziale zur Wärmeherzeugung bei der Freiflächen-Solarthermie und der zentralen oberflächennahen Geothermie, die den Wärmebedarf theoretisch vollständig und darüber hinaus decken könnten. Dabei sind jedoch Flächenkonkurrenzen (v. a. mit der Landwirtschaft) und saisonale Schwankungen zu beachten. Die Geothermie kann zudem als saisonaler Speicher für Solarthermie dienen. Für die Stromerzeugung bietet die Windenergie das größte Potenzial, wobei auch hier Flächenkonflikte und saisonale Effekte berücksichtigt werden müssen. Zusätzlich bestehen dezentrale Potenziale, etwa durch Wärmepumpen, die Umweltwärme aus Luft oder Erdreich nutzen. Auch Dachphotovoltaik kann einen hohen Anteil zur Stromversorgung beitragen – vorausgesetzt, es gibt saisonale Speicher und eine direkte Umwandlung von PV-Strom in Wärme. Durch energetische Sanierung kann der Wärmebedarf gesenkt und somit der mögliche Deckungsgrad der erneuerbaren Potenziale weiter gesteigert werden.

1 Einleitung

Der voranschreitende Klimawandel stellt eine der größten Herausforderung der aktuellen Zeit dar. Die notwendige Reduzierung von Treibhausgasemissionen erfordert grundlegende Transformationen in nahezu allen Lebensbereichen. Die Leitplanken für diese Transformation sind durch Klimaschutzziele auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene gesetzt.

Das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) in § 1 definiert das Ziel, bis spätestens 2045 eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zu erreichen und Endenergieeinsparungen zu erzielen. Die Gemeinde Schönwölkau hat sich mit der Durchführung einer kommunalen Wärmeplanung dazu entschieden, frühzeitig den Weg zu einer treibhausgasneutralen, bezahlbaren und sicheren Wärmeversorgung in ihrem Gemeindegebiet zu analysieren und zu gestalten.

Die Wärmeplanung basiert auf zwei zentralen Bausteinen: der Bestandsanalyse und der Potenzialanalyse.

Die Bestandsanalyse liefert eine detaillierte Erfassung des Gebäudebestands, der Energieinfrastruktur sowie der aktuellen Energieverbräuche und -erzeugungen. Sie bildet die Grundlage für die Entwicklung von Szenarien und Maßnahmen zur klimaneutralen Wärmeversorgung. Die Potenzialanalyse untersucht im Anschluss die technisch nutzbaren Energiemengen aus erneuerbaren Quellen und unvermeidbarer Abwärme sowie die möglichen Energieeinsparpotenziale. Damit wird aufgezeigt, mit welchen Lösungen eine klimaneutrale Wärmeversorgung in der Gemeinde technisch und wirtschaftlich möglich ist.

Als ländlich geprägte Gemeinde verfügt Schönwölkau im Vergleich zu verdichteten Städten über besondere Ausgangsbedingungen: Es stehen mehr Flächen für erneuerbare Energien zur Verfügung, die Nutzung von Biomasse und Reststoffen ist möglich, und die Umsetzung innovativer Versorgungskonzepte ist durch geringere Nutzungskonflikte oft flexibler und wirtschaftlicher realisierbar. Diese Vorteile werden im weiteren Verlauf des Berichts konkretisiert und bilden eine solide Grundlage für die Entwicklung einer langfristig treibhausgasneutralen Wärmeversorgung.

Dieser Bericht stellt einen Zwischenstand dar und umfasst die Bestands- und Potenzialanalyse. Die Entwicklung des Zielszenarios, die Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete, die detaillierte Umsetzungsstrategie sowie die Fortschreibung und Veröffentlichung des Wärmeplans erfolgen im Endbericht.

2 Rahmenbedingungen für die Umsetzung

Die kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Schönwölkau erfolgt auf Grundlage des WPG vom 20. Dezember 2023. Das WPG (§ 4 WPG) verpflichtet die Bundesländer, bis spätestens 30. Juni 2028 für alle bestehenden Gemeindegebiete mit weniger als 100.000 Einwohnern Wärmepläne zu erstellen. Für größere Städte gilt eine Frist bis zum 30. Juni 2026.

Darüber hinaus formuliert das WPG:

- Begrifflichkeiten der Wärmeplanung
- Allgemeine Anforderungen an die Wärmeplanung
- Anforderungen an die Datenerhebung und -verarbeitung
- Den Ablauf der Wärmeplanung
- Anforderungen an die Ergebnisse des Wärmeplans

Im Detail hat eine WPG-konforme Wärmeplanung aus den folgenden Schritten zu bestehen:

1. Beschluss oder die Entscheidung der planungsverantwortlichen Stelle über die Durchführung der Wärmeplanung
2. Bestandsanalyse & Eignungsprüfung
3. Potenzialanalyse
4. Entwicklung und Beschreibung eines Zielszenarios
5. Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete und Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr
6. Entwicklung einer Umsetzungsstrategie mit konkreten Umsetzungsmaßnahmen
7. Beschluss und Veröffentlichung

In Sachsen besteht darüber hinaus seit Juni 2025 eine landesrechtliche Verpflichtung zur Wärmeplanung gemäß Sächsische Wärmeplanungsverordnung (SächsWPVO), die weitere Anforderungen und Verfahrensregelungen festlegt (z.B. die Pflicht zur Anzeige von Wärmeplänen, die zuständige Stellen nach WPG sowie das vereinfachte Verfahren) (Sächsische Wärmeplanungsverordnung, 2025).

Die Kommunalrichtlinie der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) bildet die förderrechtliche Grundlage für die Erstellung des Wärmeplans, sofern eine Förderung in Anspruch genommen wird.

Sie definiert im Technischen Annex die inhaltlichen Mindestanforderungen an einen förderfähigen Wärmeplan, darunter:

- Bestandsanalyse sowie Energie- und Treibhausgasbilanz
- Potenzialanalyse zur Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen und lokalen Potenzialen erneuerbarer Energien
- Entwicklung von Zielszenarien und Entwicklungspfaden unter Berücksichtigung der jeweils gültigen Treibhausgas-Minderungsziele der Bundesregierung
- Entwicklung einer Strategie und eines Maßnahmenkatalogs mit Fokusgebieten

- Verstetigungsstrategie
- Controlling-Konzept
- Kommunikationsstrategie.

Für die Durchführung der Wärmeplanung gibt es mittlerweile eine Reihe von Praxisleitfäden, die bei der Erstellung dieses Wärmeplans berücksichtigt wurden:

- Leitfaden für die kommunale Wärmeplanung des BMWK
- Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW)
- Praxisleitfaden zur kommunalen Wärmeplanung des AGFW
- Leitfaden Energienutzungsplan des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit

Die genannten gesetzlichen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen bestimmen die inhaltliche Ausgestaltung und den Ablauf der Wärmeplanung. Sie stellen sicher, dass die Planung sowohl den bundes- und landesrechtlichen Vorgaben als auch den Anforderungen an eine förderfähige und umsetzungsorientierte Strategie entspricht. Für die Gemeinde Schönwölkau bedeutet dies insbesondere, dass die Planung fristgerecht, methodisch nachvollziehbar und mit Blick auf eine langfristig treibhausgasneutrale Wärmeversorgung erfolgt.

3 Methodik

Diese kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Schönwölkau wurde gemäß den Vorgaben und Anforderungen der unter Abschnitt 2 beschriebenen Rahmenbedingungen für die Umsetzung erstellt. Die nachfolgende Methodik beschreibt die einzelnen Bearbeitungsschritte der Bestandsanalyse und Potenzialanalyse sowie die jeweils angewendeten Methoden, Datenquellen und normativen Bezüge. Ziel ist es, eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die Entwicklung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung zu schaffen.

Die Bestands- und Potenzialanalyse bildet eine zentrale Grundlage für die kommunale Wärmeplanung, ist jedoch mit verschiedenen Unsicherheiten und methodischen Grenzen verbunden. Eine wesentliche Herausforderung liegt in der Datenverfügbarkeit und -qualität: Beispielsweise bilden die amtlichen sowie nichtamtlichen (Geo-)Daten die jeweils aktuellen realen Gebäude- und Flächeninformationen nicht durchweg vollkommen genau und tagesaktuell ab oder sind in Teilen lückenhaft. Im Weiteren geben die räumlichen Informationen keinen Aufschluss über Teilzonierungen in Gebäuden oder das jeweils Gebäudeindividuelle Nutzerverhalten. Zudem ist im Zuge von fehlenden Objektscharfen Primärdaten, in Teilen auch bedingt durch den Datenschutz, auf statistisch ermittelte Werte, wie bspw. Zensus, oder aggregierte Werte, bspw. Gasverbrauchsdaten pro Straßenzug, sowie Literaturwerte zurückzugreifen. Dadurch können Objektscharfe bzw. lokale Besonderheiten überdeckt werden, wodurch die tatsächlichen Bedarfe und Potenziale nur näherungsweise abgebildet werden. Auch die Dynamik zukünftiger Entwicklungen, etwa durch Sanierungen, Neubauten oder verändertes Nutzerverhalten, lässt sich nur schwer prognostizieren. Schließlich führen technologische Entwicklungen und politische Rahmenbedingungen zu weiteren Unsicherheiten, etwa bei der Bewertung von erneuerbaren Potenzialen. Diese Faktoren machen deutlich, dass die Bestands- & Potenzialanalyse zwar eine wichtige Orientierung bieten, aber stets mit einem gewissen Maß an Vorsicht interpretiert werden sollten, insbesondere wenn es um Objektscharfe Informationen geht.

3.1 Methodik zur Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse bildet die Grundlage der kommunalen Wärmeplanung und dient der detaillierten räumlichen Erfassung des Wärmebedarfs, der Versorgungsinfrastruktur sowie der daraus resultierenden Treibhausgasemissionen.

Dazu werden folgende Schritte unternommen:

1. Erhebung, Aufbereitung und Zusammenführung von Daten und qualitativen Informationen in digitalen Flächen- & Gebäudemodellen
2. Analyse der Gemeinde- und Siedlungsstruktur
3. Analyse und Abbildung des Gebäudebestands
4. Erfassung der Energie- & Versorgungsinfrastruktur
5. Erfassung von Erzeugern, Speichern und Verbrauchern
6. Ermittlung des Wärmebedarfs

7. Ermittlung von Wärmeflächen- und liniendichten
8. Erstellung einer Energie-&Treibhausgasbilanz für den Wärmesektor

3.1.1 Datenerhebung und Aufbereitung

Für die Bestands- und Potenzialanalyse wurden primär frei zugängliche (Geo-)Daten (u.a. Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS), Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS), Gebäudemodelle nach LoD2 (Level of Detail 2), ZENSUS 2022, Marktstammdaten, Open Street Map (OSM) etc.) sowie Informationen des Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie sowie des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle zu dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen als Grundlage genutzt.

Darüber hinaus dienten für das Projekt speziell erhobene Daten von den Gasnetzbetreibern zu leitungsgebundenen Gasverbräuchen, von potenziell energieintensiven Industrieunternehmen und von der Gemeindeverwaltung selbst als spezifische Datengrundlage.

Von den Gasnetzbetreibern wurden die gebäudescharfen Verbrauchsdaten im Bereich Erdgas und Flüssiggas der letzten drei Jahre sowie die Netzverläufe erhoben. Weiterhin wurden vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie und dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle sowie dem ZENSUS 2022 Daten zu den bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen im Untersuchungsgebiet erhoben. Die Daten beinhalteten Gebiets-scharf den Brennstoff und die Leistung der Wärmeerzeugungsanlagen. Aus diesen Daten konnten unter anderem Aussagen zum Verbrauch der nicht-leitungsgebundenen Energieträger abgeleitet werden.

Für Gebäude, für welche keine Primärdaten erhältlich waren, wurde über ALKIS, LoD2 und ZENSUS die Gebäudekubatur, -nutzung und das Baujahr ermittelt.

3.1.2 Gemeinde- und Siedlungsstruktur

Zur Erfassung der Gemeinde- und Siedlungsstruktur wurde das Untersuchungsgebiet anhand verfügbarer amtlicher Geodaten (z. B. Liegenschaftskataster, Digitales Basis-Landschaftsmodell) kartografisch ausgewertet. Siedlungsrelevante Merkmale wie Flächennutzung, Verkehrswege, Gewässer sowie Schutzgebiete wurden identifiziert und in einem Geoinformationssystem (GIS) verarbeitet. Dazu werden Daten aus verschiedenen Quellen erhoben, aufbereitet und in einem Geoinformationssystem zusammengeführt. So entsteht eine vollständige räumliche Grundlage für die Wärmeplanung, die als Basis für die weiteren Analyseschritte dient. Die genutzten Datenquellen finden sich in Anhang II.

Für die Siedlungsstruktur erfolgt eine Abgrenzung in sogenannte **Baublöcke**. Diese bilden in der Wärmeplanung zusammenhängende Analysezellen und wurden anhand von natürlichen oder infrastrukturellen Grenzen (z. B. Straßen, Bahntrassen, Flüsse) definiert. Die Unterteilung des Siedlungsgebietes in Baublöcke ist maßgeblich für die WPG-konforme

Ergebnisdarstellung.¹ Außenbereiche wurden gemäß Katasterdaten entlang der Gemarkungsgrenzen klassifiziert. Die Ergebnisdarstellung erfolgt WPG-konform baublockbezogen zur besseren räumlichen Zuordnung.

3.1.3 Gebäudebestand

Für die Typisierung des Gebäudebestands wurden verschiedene Datenquellen genutzt: Informationen aus ALKIS, Gebäudemodelle nach LoD2, ergänzende Daten aus OSM sowie Angaben aus Abfragen bei den Bestandshaltern. Zusätzlich wurden die Gebäudegrößen und aggregierte Gasverbrauchsdaten berücksichtigt. Auf dieser Basis erfolgte eine Klassifizierung der Gebäude nach Typ (Wohngebäude / Nichtwohngebäude), Baualtersklasse und Größe. Diese Einteilung ermöglicht eine differenzierte Analyse des Wärmebedarfs und entspricht den Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes.

3.1.4 Energie- und Versorgungsinfrastruktur

Gasnetze

Die Informationen zu bestehenden Gasnetzen wurden über Rücksprachen mit dem zuständigen Netzbetreiber erhoben. Dabei wurden das Inbetriebnahmejahr (längengewichtet), Trassenlängen sowie der räumliche Versorgungsbereich kartografisch erfasst. Es wurde geprüft, ob geplante oder genehmigte Erweiterungen vorliegen.

Wärmenetze / Kältenetze

Vorhandene Wärmenetze wurden auf Basis kommunaler Auskünfte, Netzbetreiberangaben oder öffentlich zugänglicher Quellen erfasst. Lage, Größe und Anschlussquote wurden in GIS-Daten überführt. In Ermangelung eines Wärmenetzes wurde dies explizit vermerkt. Kältenetze wurden ebenfalls systematisch geprüft.

3.1.5 Wärmeerzeuger, -speicher und große Verbraucher

Großverbraucher

Unternehmen mit einem mittleren Endenergieverbrauch von mehr als 500 MWh/a im Zeitraum 2022–2024 wurden als Großverbraucher klassifiziert. Die Identifikation erfolgte auf Basis kommunaler Erhebungen oder über Angaben von Netzbetreibern und wurde in Kartenform dargestellt.

Dezentrale Heizsysteme

Zur Ermittlung der dezentralen Beheizungsstruktur wurden Daten des Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), des Netzbetreibers sowie des ZENSUS 2022 ergänzt. Erfasst wurden, soweit möglich

¹ Laut § 3, Absatz 1, Nr. 1 WPG: Baublock“ ist ein Gebäude oder mehrere Gebäude oder Liegenschaften, das oder die von mehreren oder sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstigen natürlichen oder baulichen Grenzen umschlossen und für die Zwecke der Wärmeplanung als zusammengehörig zu betrachten ist oder sind.

Anlagentypen, Nennwärmeleistungen und deren zeitliche Verteilung. Anlagentypen wurden nach Gas-, Öl-, Biomasse-, Kohle- und elektrischen Heizsystemen sowie Wärmepumpen und Solarthermie untergliedert.

Speicher / Wasserstoff

Für Speicher sowie Wasserstoff- oder synthetische Gaserzeugungsanlagen wurde überprüft, ob gewerbliche oder kommunale Vorhaben mit mehr als 1 MW Elektrolyseleistung vorhanden, geplant oder genehmigt sind.

3.1.6 Wärmebedarf und -verbrauch

Um den Wärmebedarf zu ermitteln, wurde eine katasterbasierte Wärmebedarfsanalyse durchgeführt. Diese Daten wurden mit Verbrauchsdaten abgeglichen und kalibriert. Das Ergebnis wird nicht für jedes Gebäude einzeln dargestellt, sondern in den Baublöcken aggregiert, d. h. zusammengefasst. Die Baublöcke und die Straßen, welche diese unterteilen, werden nach Ermittlung des Wärmebedarfs zur Bestimmung von Wärmedichten genutzt.

Die sektorale Aufteilung (Wohngebäude, Nichtwohngebäude, öffentliche Gebäude) wurde mit Hilfe von statistischen Methoden und Standardlastprofilen abgeleitet. Der Anteil an Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme wurde entsprechend aktueller Literaturwerte verteilt (siehe TABULA-Typologie des Instituts für Wohnen und Umwelt (Institut für Wohnen und Umwelt, 2022) der Standard-Wärmebedarf für Wohngebäude ([Link](#)) und für Nichtwohngebäude ([Link](#))).

3.1.7 Wärmeflächendichte und Wärmeliniedichte

Zur Bewertung der Eignung für zentrale Wärmeversorgung wurden die **Wärmeflächendichte** ($\text{MWh}/(\text{ha} \cdot \text{a})$) sowie die **Wärmeliniedichte** ($\text{MWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$) berechnet. Diese Kennzahlen wurden baublock- bzw. straßenzugbezogen ermittelt. Wärmeflächendichten mit wirtschaftlichem Potenzial liegen laut Literatur im Bereich von 100 bis 300 $\text{MWh}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ (Hertle, Pehnt, Gugel, Dingelday, & Müller, 2020; KEA-BW (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH), 2020; Prognos AG, 2020). Dementsprechend wird in dieser Analyse eine Wärmeflächendichte von mindestens 200 $\text{MWh}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ als Schwellenwert für die Wirtschaftlichkeit eines potenziellen Wärmenetzes gewählt. Die notwendige Höhe der Wärmeliniedichte hängt im konkreten Einzelfall von individuellen Parametern wie den Wärmegestehungskosten der Wärmequellen, den Verlegekosten, der spezifischen Verlustleistung und dem realisierbaren Anschlussgrad ab. Nichtsdestotrotz gehen Literaturwerte in der Regel von einem Schwellenwert von mindestens 1 $\text{MWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$ aus (HIC Hamburg Institut Consulting GmbH; Averdung Ingenieure & Berater GmbH, 2021).

3.1.8 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Bilanz wird auf Basis der BSKO-Systematik für kommunale Treibhausgasbilanzen erstellt (Institut für Energie- & Umweltforschung Heidelberg, 2020). Dafür werden die Endenergieverbräuche erfasst und mit energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren verrechnet. Dabei werden nicht nur reine CO₂-Emissionen, sondern zugleich weitere

klimarelevante Treibhausgase (THG) erfasst und in der Form von CO₂-Äquivalenten (CO₂-eq)² zusammengefasst. Die Betrachtung erfolgt nur für den Wärmesektor.

Bei der Bilanzierung wurde zwischen Haushalten, Wirtschaft, öffentlichen Gebäuden und industrieller Prozesswärme unterschieden. Die THG-Emissionen wurden zusätzlich pro Kopf bezogen auf die Einwohnerzahl dargestellt.

3.2 Methodik zur Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse verfolgt das Ziel, Potenziale zur Reduzierung des Wärmebedarfs sowie zur klimaneutralen Wärmebereitstellung zu identifizieren, zu quantifizieren und räumlich differenziert darzustellen. Sie basiert auf § 9 Abs. 3 WPG sowie den Anforderungen der Kommunalrichtlinie. Die Analyse umfasst insbesondere energetische Sanierungspotenziale, Effizienzpotenziale bei industriellen und gewerblichen Prozessen sowie Potenziale erneuerbarer Wärmequellen und unvermeidbarer Abwärme.

3.2.1 Solarpotenziale

Freiflächen-Photovoltaik (PV): Potenziale auf Agrarflächen und stehenden Gewässern wurden durch Ausschluss von Schutzgebieten und Anwendung typischer Kennwerte (z. B. Belegungsfaktor, spezifischer Ertrag) berechnet.

Agri-PV: Für die Ermittlung potenzieller Agri-PV-Flächen werden landwirtschaftlich genutzte Flächen gemäß ALKIS- Kennung 43001 herangezogen. Berücksichtigt werden u. a. Ackerland, Streuobstflächen, Gartenland und Grünland mit einem Bodenwert³ unter 40. Die Potenzialflächen stellen eine theoretische Obergrenze dar, da die tatsächliche Nutzbarkeit durch bestehende Flächennutzung sowie technische und wirtschaftliche Einschränkungen begrenzt ist.

Floating PV: Für die Ermittlung potenzieller Floating-PV-Flächen werden Flächen mit der ALKIS Kennung 44006 (stehende Gewässer) berücksichtigt, darunter die Gewässerarten See, Teich, Stausee, Speicherbecken und Baggersee. Zur Abschätzung des realisierbaren Potenzials wird ein Flächenansatz von 2 % gemäß GREEN DEAL Szenario des IRMD (Innovationsregion Mitteldeutschland) angewendet. Auf Basis eines spezifischen Flächenbedarfs von 1,33 MW/ha, 980 Vollbenutzungsstunden pro Jahr und einem Belegungsfaktor von 0,6 erfolgt die Berechnung des potenziellen Jahresertrags.

Solarthermie (ST) (Freiflächen): Die Ermittlung der möglichen Freiflächen erfolgt analog zur PV-Freiflächenermittlung. Zusätzlich wurde ein potenzieller Erdbeckenspeicher betrachtet, der überschüssige Wärme aufnehmen und in Zeiten, in denen mehr Wärme benötigt als produziert wird, abgeben kann.

² Neben Kohlenstoffdioxid werden Methan und Lachgas mitberücksichtigt (vgl. BSKO-Methodik)

³ Ackerbauliches Ertragspotenzial der Böden in Deutschland nach dem Müncheberger Soil Quality Rating

Basierend auf umgesetzten Referenzprojekten kann ein pauschaler Wert für die Kapazität dieses Speichers von 2 m^3 pro 1 m^2 Kollektoroberfläche angenommen werden.

Dachflächen-Potenziale: Als Basis der solaren Dachflächennutzung der Gebäude werden georeferenzierte 3-D-Modelle auf der Grundlage der LoD2-Daten aller im Untersuchungsgebiet befindlichen Gebäude ausgewertet. Die Daten beinhalten die Gebäudegrundflächen, die Höhen sowie die Ausrichtung und Neigung der Dachflächen. Um das Potenzial im Gemeindegebiet zu bestimmen, wird ein theoretisches und ein technisches Potenzial berechnet. Im theoretischen Potenzial wird die gesamte ermittelte Dachfläche mit der ihr zugeordneten Solarstrahlung, die von der Schräge und Himmelsrichtung abhängt, mit dem Wirkungsgrad der Technologie berechnet.

Aus den ermittelten Dachflächen und den jeweiligen spezifischen Ertragswerten lassen sich mit dem Solardachkataster die folgenden technischen und energetischen Angaben für jede Teildachfläche ausgeben:

- Modul- oder Kollektorfläche in m^2
- Leistung in kW
- spezifischer Ertrag in kWh/kWp bzw. kWh/m^2
- Jahresertrag in kWh/a

Um eine Aussage über den potenziellen Deckungsgrad einer solaren Dachanlage treffen zu können, wird über eine anschließende Lastganganalyse der solare Ertrag der Dachteilflächen mit dem Wärmebedarf der zugehörigen Gebäude verschnitten.

Da die solarthermische Nutzung der gesamten Dachfläche zu sehr hohen Erträgen führen würde, welche gar nicht genutzt werden könnten, wird für die Berechnung des Ertrages zunächst eine realistische Kollektorgröße bestimmt, die zur beheizten Nettogrundfläche passt. Dies erfolgt anhand der DIN V 4701-10, die eine Auslegungsgröße von Solarthermieranlagen in Abhängigkeit der Nettogrundfläche ermöglicht.

Für ST wurde der Wärmebedarf des Gebäudes dem Ertrag der ST gegenübergestellt. Damit kann ein solarer Deckungsgrad des Gebäudes bestimmt werden. Wenn der Bedarf von Trinkwarmwasser und Raumwärme gedeckt werden soll, ist es sinnvoll, einen maximalen solaren Deckungsgrad von 25 % anzunehmen, um das technische Potenzial zu begrenzen.

Für die Berechnung des technischen Potenzials wurden alle Dächer, die nach Norden, Nordwesten und Nordosten ausgerichtet sind, ausgeschlossen. Ebenfalls wurde ein realistischer Wert angenommen, der die Verschattung durch Bäume oder ähnlichem und die Belegung beachtet.

3.2.2 Umweltwärmepotenziale

Für die Umweltwärme wurden folgende Quellen untersucht:

Dezentrale oberflächennahe Geothermie (Erdsonden und Erdkollektoren): Zur Bestimmung des Potenzials von oberflächennaher Geothermie in Kombination mit Wärmepumpen, werden

sowohl ein theoretisches und ein technisches Potenzial berechnet. Das theoretische Potenzial umfasst die gesamte durch oberflächennahe Geothermie nutzbare Fläche im Siedlungsgebiet. Das technische Potenzial berücksichtigt zusätzlich die räumliche Nähe zu einem Gebäude und bewertet, inwieweit ein wesentlicher Anteil des Energiebedarfs eines Gebäudes durch oberflächennahe Geothermie gedeckt werden kann. Für die Bewertung der theoretischen Potenziale wurden ungeeignete Flächen ausgeschlossen, darunter Bahnverkehr, Fließgewässer, Friedhöfe, Gehölze, Plätze, stehende Gewässer, Straßenverkehr, Wald sowie Wege (gemäß ATKIS). Weiterhin wurden notwendige Mindestabstände der Erdsonden, geologische Gegebenheiten vor Ort und typische Wärmepumpen berücksichtigt. Für die technischen Potenziale wurden die auf dem Flurstück geeigneten Flächen und theoretischen Potenziale mit dem Wärmebedarf des jeweiligen Gebäudes abgeglichen.

Zentrale Geothermie Erdsonden und Tiefe Geothermie: Die Potenzialermittlung basiert auf Kennwerten aus Fachliteratur und Praxisbeispielen. Für zentrale Geothermie werden landwirtschaftliche Flächen und Heideflächen als nutzbare Flächen betrachtet. Diese wurden um Überschwemmungsgebiete, Gewässer, Wald (+30 m), Wohngebiete, Hochspannungs- und Gasleitungen (inkl. Sicherheitsabstand), Straßen, Bahnschienen und Schutzgebiete bereinigt. Landschaftsschutzgebiete werden als Potenzialflächen betrachtet. Unter Berücksichtigung des notwendigen Mindestabstandes und einer Mindestanzahl an **Erdsonden** ergibt sich eine Mindestflächengröße, die für ein **Sondenfeld** zur Verfügung stehen muss. Die zugehörige Wärmepumpe und weitere Peripherie können oberirdisch am Rande des Sondenfelds zwischen einzelnen Sonden oder außerhalb des Sondenfelds installiert werden, sodass diese Anlagen bei der Flächenbestimmung nicht berücksichtigt werden müssen. Zusätzlich ist ein Mindestabstand von 3 Metern zwischen Erdsondenfeld und Siedlungsgebieten vorgesehen, um die Beeinflussung dezentraler Erdwärmesonden zu minimieren. Grünflächen innerhalb der Wohnbebauung stellen ebenfalls potenzielle Flächen dar, deren Potenzial aufgrund der Datenlage nicht eingeschätzt werden kann. Für die Gebiete in Sachsen liegen thermische Entzugsleistung vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie vor. Die dem Boden entzogene Wärme wird mittels Wärmepumpe in technisch nutzbare Wärme umgewandelt. Die gegebenen geothermischen Entzugsleistungen beziehen sich auf 2.400 Jahresbetriebsstunden bei 100 m Bohrtiefe. Erhöht sich nun die Nutzungszeit der Wärmepumpe beispielsweise durch saisonale Faktoren, wird die nutzbare geothermische Entzugsleistung im selben Maße gesenkt, sodass die jährlich dem Boden entnommene Wärmemenge dieselbe bleibt.

Tiefe Geothermie nutzt Erdwärme in Tiefen ab 400 m und lässt sich grundsätzlich nach hydrothermaler und petrothermaler Geothermie unterscheiden. Für die Bestimmung des Potenzials an tiefer Geothermie bietet das Geothermische Informationssystem (GeotIS) Standortdaten von bereits existierenden tiefen Geothermieranlagen und deren Energieextraktion sowie Übersichtskarten zu Bodentemperatur und geothermischen Potenzialen unterteilt.

Mithilfe von GeotIS lässt sich eine Erstabschätzung zu möglichen Potenzialen an tiefer Geothermie ableiten. Im konkreten Einzelfall ist jedoch eine detaillierte Machbarkeitsstudie sowie eine Probebohrung im Untersuchungsgebiet erforderlich.

Oberflächengewässer: Damit fließende oder stehende Oberflächengewässer für die Wärmegewinnung geeignet sind, müssen einige Kriterien erfüllt sein. Für die Nutzung stehender Gewässer als Wärmequelle wird eine Mindesttiefe von 2–3 m empfohlen, auch wenn in konkreten Einzelfällen auch geringere Tiefen möglich sind. Geringere Tiefen können die Effizienz der Wärmepumpe durch instabile Temperaturschichtung, Eisbildung und begrenzte Wärmespeicherung mindern. Die Eignung hängt zudem von Gewässergröße, Temperatur und Wärmepumpentechnologie ab. B Sofern für die Analyse keine konkreten Tiefendaten vorliegen, wird eine Wassersäule von mindestens 1 m angenommen, um ein Minimalpotenzial zu definieren.

Für **fließende Oberflächengewässer** sind eindeutige Kriterien festgelegt, um die Eignung für die Wärmegewinnung zu prüfen. Für die effiziente Nutzung von Fließgewässern als Wärmequelle sind ganzjähriger Wasserfluss, ausreichender Volumenstrom, stabile Strömung und gleichmäßige Temperaturverteilung erforderlich – andernfalls sinkt die Effizienz erheblich, und es müssen Ausfallzeiten von bis zu 50 % einkalkuliert werden. Ein Gewässer ist nur dann geeignet, wenn der mittlere Niedrigwasserdurchfluss größer als $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ist.

Grundwasser: Für die Potenzialanalyse wurden Flächen mit zu großen Grundwasserflurabstand sowie weitere ungeeignete Flächen ausgeschlossen. Diese Ausschlussflächen umfassen dieselben Flächen wie bei Erdsonden-Wärmepumpen sowie Flächen, die zu klein für die Aufstellung von zwei Brunnen sind. Das technisch mögliche Potenzial wurde unter der Annahme vollständiger Deckung des Wärmebedarfs ermittelt.

Luftwärmepumpen: Luftwärmepumpen nutzen Energie aus der Umgebungsluft, selbst bei niedrigen Außentemperaturen. Aufgrund der breiten Verfügbarkeit wurde das Potenzial theoretisch als nahezu unbegrenzt angenommen, jedoch auf geeignete Gebäude gemäß Standortkriterien beschränkt. Wie bereits bei den Berechnungen für Erdsonden, Erdkollektoren und Grundwasserwärmepumpen wurden zur Ermittlung der Potenziale bestimmte Flächennutzungen nach ATKIS ausgeschlossen sowie Mindestflächen und -abstände zur Aufstellung berücksichtigt.

Abwärme aus Abwasser und Kläranlagen: Für die Nutzung von Wärme aus Abwasserkanälen sollten diese einen Nenndurchmesser (ND) von mindestens DN800 aufweisen. Zudem muss die Abwassertemperatur auch im Winter über 10°C liegen und der mittlere Trockenwetterabfluss mindestens 15 l/s betragen. Die genauen Anforderungen sind in

Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Anforderungen an Abwasserkanalabschnitte für die Wärmeplanung

Merkmal	Wert
Kanaldurchmesser	≥ DN 800
Begehbarer MW- oder SW-Kanal	Begehbar
Material	Beton oder Mauerwerk
Mindestgefälle	1 %
Mittlerer Trockenwetterabfluss	≥ 15 l/s
Abwassertemperatur Winter	≥ 10° C
Erforderliche Länge Wärmetauscher	20 bis 200 m
Keine Funktionsbeeinträchtigung durch den Einbau eines Wärmetauschers	
(KEA-BW (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH), 2020)	

Für die Nutzung von Abwärme aus Kläranlagen eignen sich insbesondere Kläranlagen in Gemeinden mit einer großen Bevölkerungszahl, die sich in geringer Distanz (< 1.000 m) zur entsprechenden Wärmesenke (Nahwärmenetz) befinden (ifeu gGmbH, 2018). Zudem beeinflussen auch die Abwassertemperatur oder auch die Durchflussrate das Potenzial.

3.2.3 Biomassepotenziale

Die Analyse der Biomassepotenziale konzentriert sich auf Reststoffe wie Waldrestholz, Stroh, Gülle. Es wurden keine Energiepflanzen oder Stammholz einbezogen. Für die Berechnung der Potenziale wurden Heizwertannahmen und Umwandlungswirkungsgrade verwendet, die sich an Literaturwerten der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), des Umweltbundesamtes (UBA), und dem Thünen-Institut orientieren.

Da die Bereitstellung und der Bedarf an Wärme bei vielen erneuerbaren Energien zeitlich nicht übereinstimmen, stellt die Möglichkeit der Speicherung durch Lagerung von Biomasse einen besonderen Vorteil dar. Dies ist insbesondere für Wärmenetze relevant, da Biomasse so zur Ausgleichung von Schwankungen anderer erneuerbarer Energien beitragen kann. Zu beachten ist jedoch, dass der Anteil der aus Biomasse erzeugten Wärme, die in Wärmenetze eingespeist werden darf, gemäß Wärmeplanungsgesetz (WPG) begrenzt ist.

Die Potenziale für Stroh und Waldrestholz lassen sich flächenbezogen bestimmen und werden um Schutzgebiete reduziert. Hinsichtlich möglicher Potenziale für Biogas aus Gülle und Mist wurden zunächst die Tierbestände im Untersuchungsgebiet identifiziert. Auf Basis der identifizierten forst- und landwirtschaftlichen Flächen sowie der Tierbestandszahlen können mithilfe spezifischer Ertragskennwerte energetische Angebotspotenziale ermittelt werden. Diese sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Spezifische Biomasseertragskennwerte und weitere Berechnungsparameter

Parameter		Wert
Heizwertertrag Stroh		0.25 kWh/(m ² *a)
Heizwertertrag Waldrestholz		0.165 kWh/(m ² *a)
Heizwert Methan		10 kWh/Nm ³
Heizwert Restmüll (Nutzungsgrad 35%)		10 GJ/t
Heizwert Sperrmüll (Nutzungsgrad 35%)		16 GJ/t
Methanertrag	Geflügelmist	1,64 Nm ³ /TP*a
	Pferdemist	388 Nm ³ /TP*a
	Rindergülle/-mist	185 Nm ³ /TP*a
	Schweinegülle/-mist	19 Nm ³ /TP*a
	Schafs-Ziegenmist	11 Nm ³ /TP*a
Wärmewirkungsgrad Biomasse		90 %
Wärmewirkungsgrad Biogas (BHKW)		50 %
(Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2022; Bundesanstalt für Straßenwesen, 2006)		

3.2.4 Windenergie

Windenergieanlagen (WEA) sind eine effiziente Technologie zur Erzeugung erneuerbarer Energien, da auf kleiner Fläche hohe Energieerträge erzielt werden können. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sieht vor, dass bis Ende 2030 in Deutschland 115 GW Windenergie an Land installiert werden sollen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Bundesländer entsprechende Potenzialflächen ausweisen. Dieses Vorhaben ist im Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) geregelt. Bis Ende 2027 sollen in jedem Bundesland 1,3 % Potenzialfläche für Windenergie ausgeschrieben sein, bis 2030 soll dieser Wert auf 2 % steigen. Sachsen hat diese Vorgabe über das WindBG und §4a des Landesplanungsgesetzes (sächsLPiG) an seine regionalen Planungsträger weitergegeben.

Zur Ermittlung von Potenzialflächen werden zunächst Abstandsregeln berücksichtigt, die einen Mindestabstand zwischen Wohnbebauung und Windenergieanlagen vorgeben. In dieser Analyse wurde ein Abstand von 1.000 m zu Wohngebäuden angenommen. Anschließend erfolgt der Ausschluss von Naturschutzgebieten, geschützten Biotopen, Brutstätten und Nahrungshabitate von Vögeln und Fledermäusen (Umweltbundesamt, 2023).

Im Rahmen der Untersuchung wurden Windenergieanlagen mit Nabenhöhen zwischen 100 und 200 m betrachtet. Für verschiedene Nabenhöhen wurden die potenziellen Energieerträge anhand von Windleistungskennwerten berechnet.

3.2.5 Unvermeidbare Abwärme

Unvermeidbare Abwärme ist gemäß § 3 Nr. 13 WPG definiert als Wärme, die „als unvermeidbares Nebenprodukt in einer Industrieanlage, einer Stromerzeugungsanlage oder im tertiären Sektor anfällt und ohne den Zugang zu einem Wärmenetz ungenutzt in die Luft oder in das Wasser abgeleitet werden würde; Abwärme gilt als unvermeidbar, soweit sie aus wirtschaftlichen, sicherheitstechnischen oder sonstigen Gründen im Produktionsprozess nicht nutzbar ist und nicht mit vertretbarem Aufwand verringert werden kann, (...)“

Im Rahmen der Wärmeplanung sollen diese unvermeidbaren Abwärmepotenziale identifiziert werden, um mögliche Nutzungsmöglichkeiten, z.B. durch ein Wärmenetz, aufzuzeigen. Die Potenziale wurden durch Unternehmensabfragen ermittelt und bei Vorliegen geeigneter Rahmenbedingungen kartiert. Die Einschätzung basiert auf gemeldeten Daten zu Temperatur, Volumenstrom und Lage der Abwärmequelle.

3.2.6 Reduktion des Wärmebedarfs durch energetische Sanierung

Die Reduktionspotenziale im Gebäudebestand wurden anhand spezifischer Bedarfskennwerte nach der Gebäudetypologie für Wohn- und Nichtwohngebäude in einem konventionell sanierten Zustand des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) ermittelt. Analog zur Bedarfsanalyse (Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) wurde für jedes Gebäude ein Wärmebedarf im sanierten Zustand ermittelt. Aus dem Vergleich von berechnetem Wärmebedarf im IST-Zustand mit dem im sanierten Zustand wird anschließend pro Gebäude ein prozentuales Einsparpotenzial abgeleitet. Dies wird auf den kombinierten Wärmebedarf und -verbrauch angewendet, um tatsächliche Verbräuche zu berücksichtigen.

Die konventionelle Sanierung beschreibt einen erwarteten energetischen Zustand eines Gebäudes nach **vollständiger** Sanierung der Bauteile, welcher dem heutigen Gebäudeeffizienz-Standard (vergleichbar GEG; ungefähr KfW-EH70-Standard⁴) entspricht. Da für den sanierten Zustand von diversen Nichtwohngebäuden keine eindeutigen spezifischen Bedarfskennwerte existieren, wird für diese angenommen, dass sie auf das Niveau der nächsten NWG-Baualtersklasse⁵ saniert werden. Dies entspricht einer ähnlichen Sanierungstiefe wie im Wohngebäudebereich. Unter Anwendung dieser spezifischen Bedarfswerte wird pro Gebäude ein Wärmebedarf im sanierten Zustand ermittelt. Aus dem Vergleich von berechnetem Wärmebedarf im IST-Zustand zum sanierten Zustand wird anschließend pro Gebäude ein prozentuales Einsparpotenzial abgeleitet. Dies wird auf den kombinierten Wärmebedarf und -verbrauch angewendet, um tatsächliche Verbräuche zu berücksichtigen.

⁴ Das KfW-EH70-Haus, benötigt im Jahr 30 Prozent weniger Primärenergie als das Referenzhaus nach GEG.

⁵ Für NWGs existieren in der IWU-Gebäudetypologie ausschließlich drei Baualtersklassen: Altbau (vor 1978), Zwischenbau (1978-2010), Neubau (Nach 2010)

3.2.7 Reduktion des Prozesswärmebedarfs

Zur Bestimmung der Potenziale zur Effizienzsteigerung in der Industrie durch Einsparung von Prozesswärme wurden für das Untersuchungsgebiet in Abstimmung mit der Gemeinde industrielle Betriebe identifiziert. Die Datenerhebung erfolgte über eine Abfrage bei den Unternehmen. Die Unternehmen schätzen ihre Reduktionspotenziale selbst ein, da industrielle Prozesse sehr individuell sind.

4 Bestandsanalyse

4.1 Gemeinde- & Siedlungsstruktur

Das Untersuchungsgebiet der Gemeinde Schönwölkau umfasst eine Fläche von ca. 49,41 km² und gliedert sich in insgesamt 11 Ortsteile (Abbildung 1). Diese Ortsteile entsprechen zugleich 11 räumlich zusammenhängenden Siedlungsbereichen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), welche durch den Außenbereich voneinander getrennt sind. Der Außenbereich ist primär durch landwirtschaftliche Flächen charakterisiert und wird teilweise durch stehenden Oberflächengewässern ergänzt. Darüber hinaus ist das Untersuchungsgebiet von unterschiedlichen Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen, mehreren kleineren Gewässerachsen (z.B. Leine, Schadebach) und einer Schienenstrecke im Grenzbereich zur Gemeinde Krostitz durchzogen.

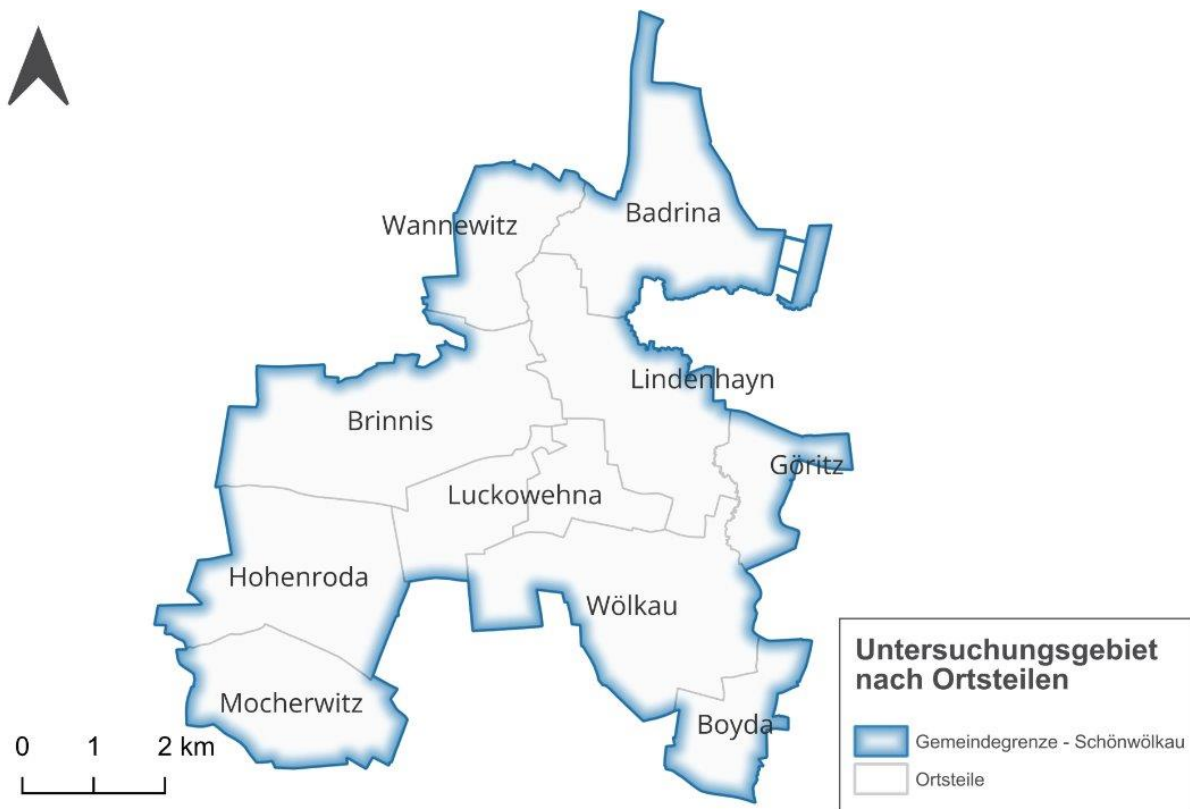


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet nach Ortsteilen

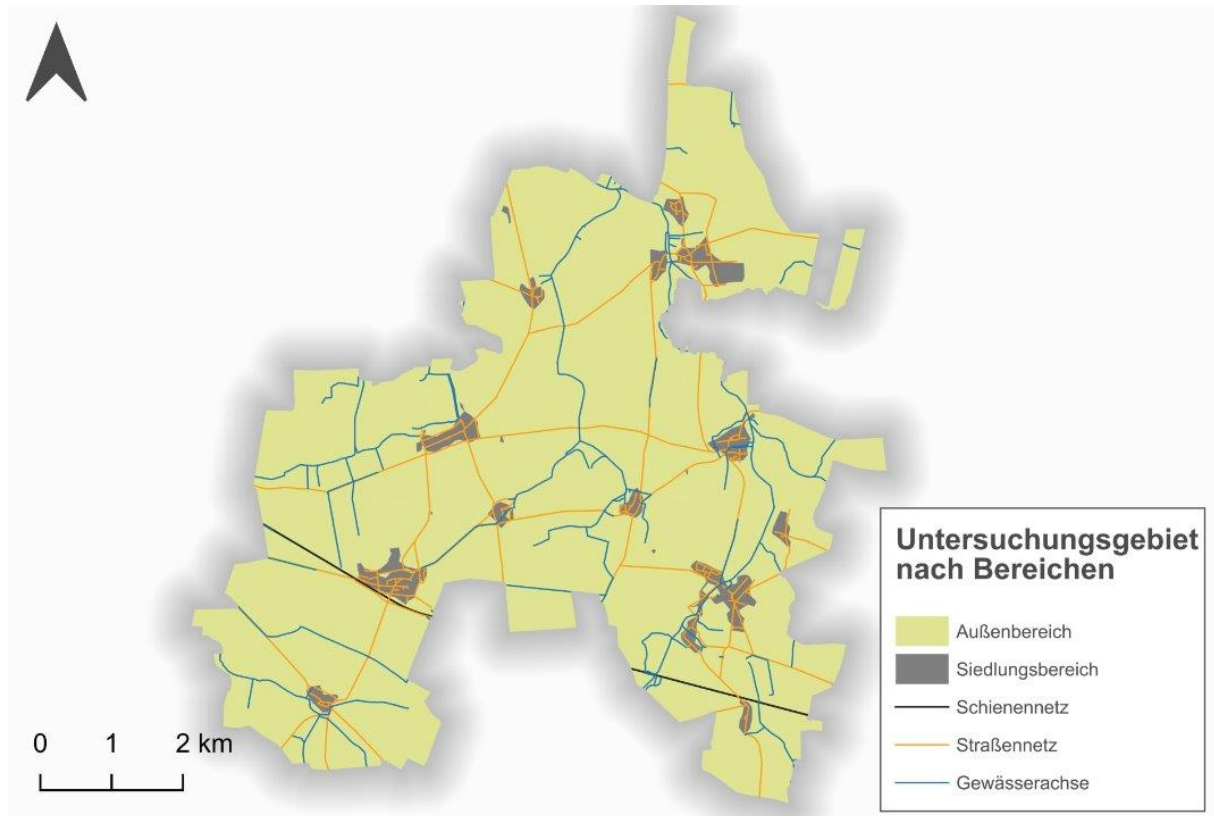


Abbildung 2: Untersuchungsgebiet nach Bereichen

Die Unterteilung in Bereiche dient zusammen mit dem Verkehrswege- und Gewässernetz als Grundlage für die Bildung der Baublöcke.

4.2 Gebäudebestand

Insgesamt befinden sich im Gemeindegebiet Schönwölkau auf Basis der Auswertung von ALKIS und LoD2-Daten ca. 3.335 Gebäudeobjekte. Davon entfallen rund 1.341 Objekte (ca. 40 %) auf voraussichtlich unbeheizte Nebengebäude wie Garagen oder Lagerhallen. Die verbleibenden 1.994 Gebäude werden als beheizt eingestuft. Innerhalb dieser Gruppe dominieren Wohngebäude und Gebäude mit Wohnmischnutzung mit etwa 1.135 Objekten (ca. 36 % aller Gebäude). Diese unterteilen sich in die Gebäudearten Einfamilien-, Reihen- oder Mehrfamilienhaus (Abbildung 3). Der Bereich der Nichtwohngebäude (NWG) umfasst ca. 859 Objekte (26 % aller Gebäude), darunter 23 Gebäude für öffentliche Zwecke sowie 836 Gebäude für Wirtschaft & Gewerbe. Darüber hinaus sind 79 Gebäude im Gemeindegebiet als denkmalgeschützt ausgewiesen.

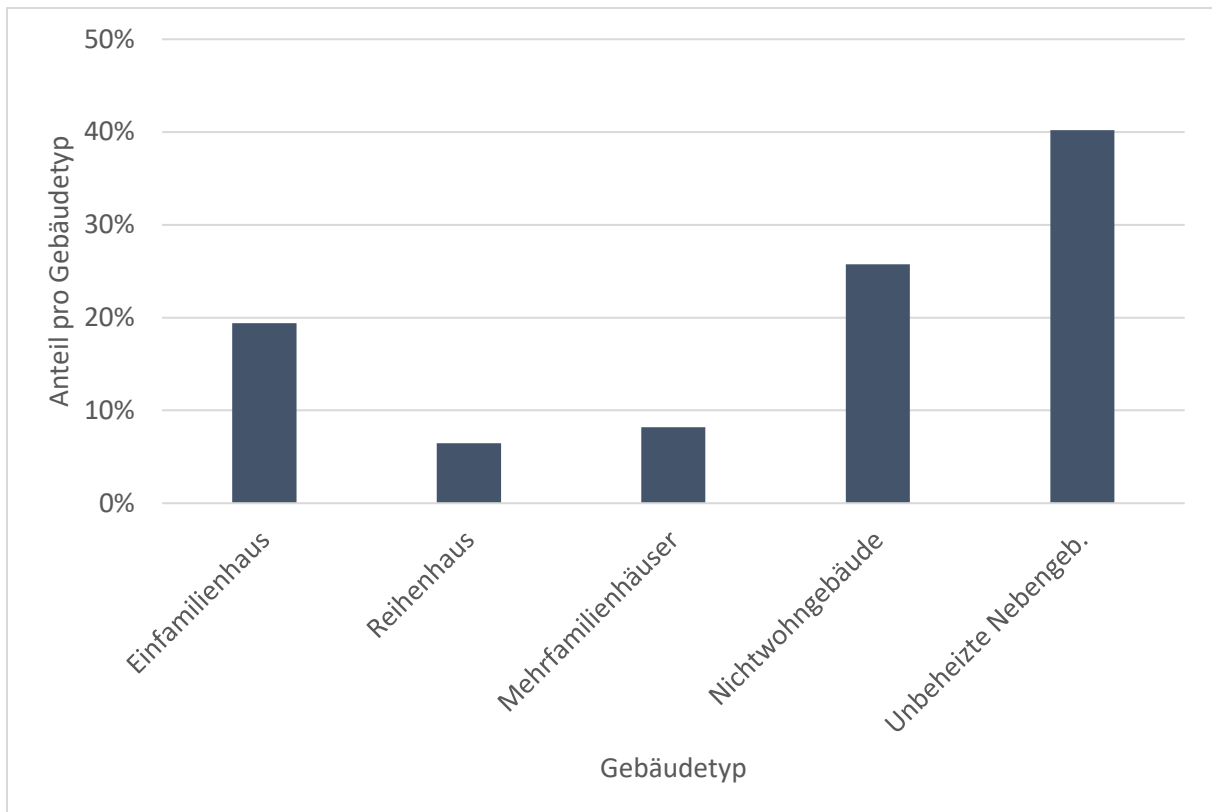


Abbildung 3: Verteilung der Gebäudenutzung in der Gemeinde Schönwölkau

In Abbildung 4 sind die Baublöcke der Gemeinde Schönwölkau hinsichtlich der überwiegenden Anzahl an Wohn- oder Nichtwohngebäuden dargestellt. Ein Baublock fasst mehrere Gebäude oder Liegenschaften zusammen, die von mehreren oder sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstige natürliche oder bauliche Grenzen umschlossen sind und für die Zwecke der Wärmeplanung als zusammengehörig zu betrachten sind. Die Zuordnung erfolgt auf Basis der einfachen Mehrheit: Überwiegt in einem Baublock die Anzahl der Wohngebäude, wird dieser als Wohnbaublock klassifiziert; andernfalls als Nichtwohnbaublock. In den meisten Baublöcken übersteigt die Anzahl der Wohngebäude meist die Anzahl der Nichtwohngebäude. In größeren Gewerbegebieten hingegen sind die Baublöcke eher durch Nichtwohngebäude geprägt. Hinsichtlich der Anzahl von Wohn- und Nichtwohngebäuden ist zu beachten, dass ALKIS, auf welchem der Gebäudedatensatz basiert, Gebäudeobjekte teilweise in eigenständige Objekte unterteilt, die baulich zusammengeschlossen sind.

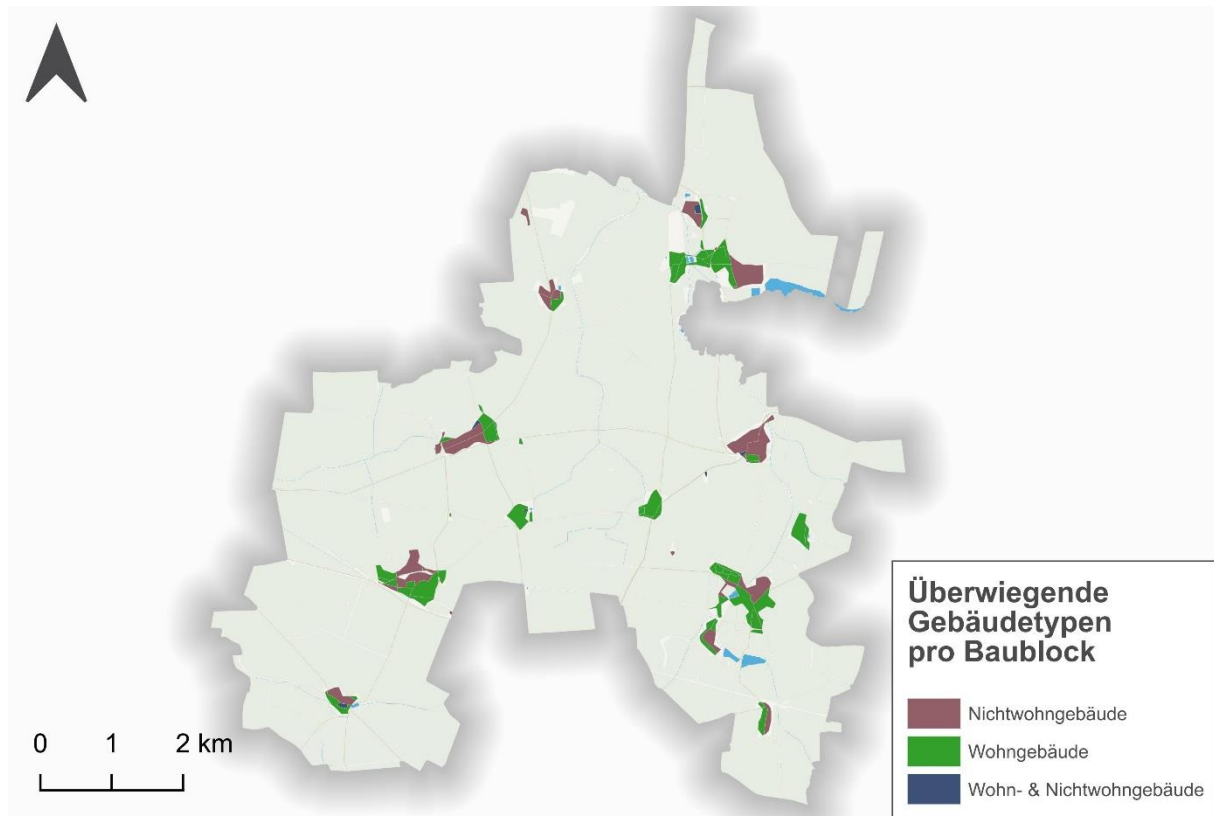


Abbildung 4: Baublöcke nach überwiegender Wohn- / Nichtwohngebäudeanzahl

Neben der Analyse der Gebäudenutzungen wurden im Rahmen der Bestandsanalyse auch die Verteilung der Baualtersklassen im Gebäudebestand betrachtet. Wie Abbildung 5 zeigt, wurde der Großteil (ca. 67 %) der Gebäude, für welche ein Baujahr erfasst werden konnte, in Schönwölkau vor 1978 errichtet, also vor dem Inkrafttreten der üblichen Wärmeschutzverordnungen. Nur rund ein Drittel (33 %) des Gebäudebestands wurden nach 1979 erbaut. Auffällig ist eine Bautätigkeitsspitze im Zeitraum 1984 bis 1994.

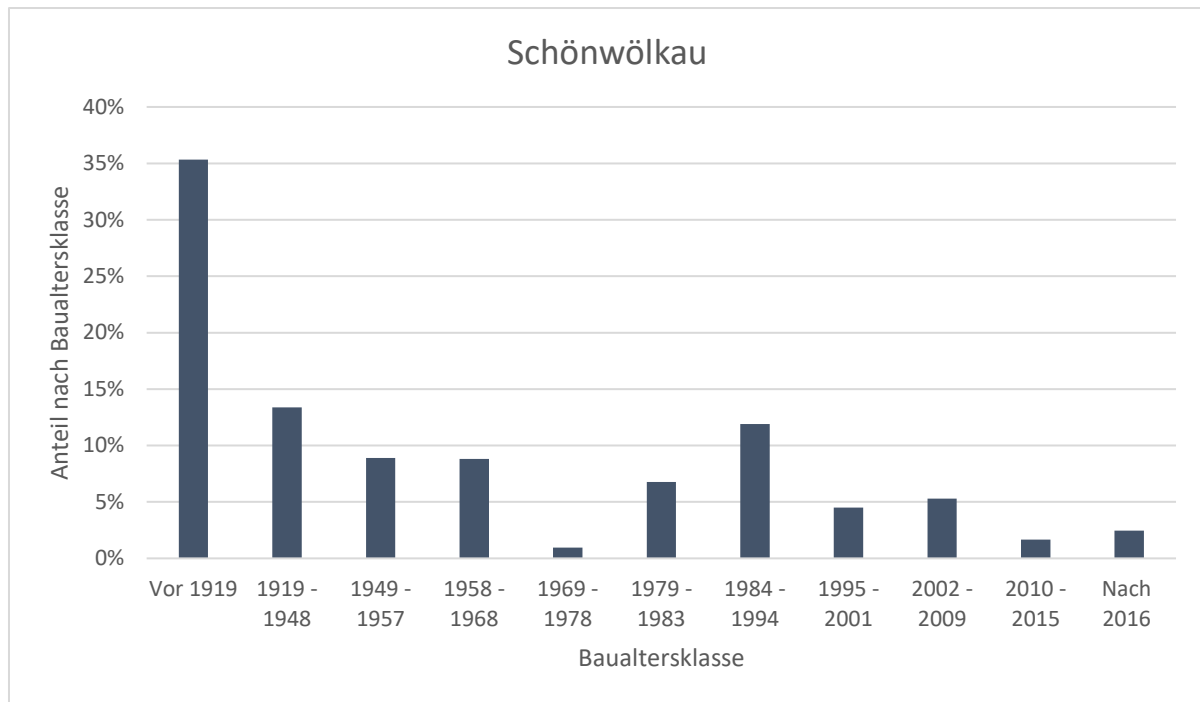


Abbildung 5: Gebäudealter in der Gemeinde Schönwölkau

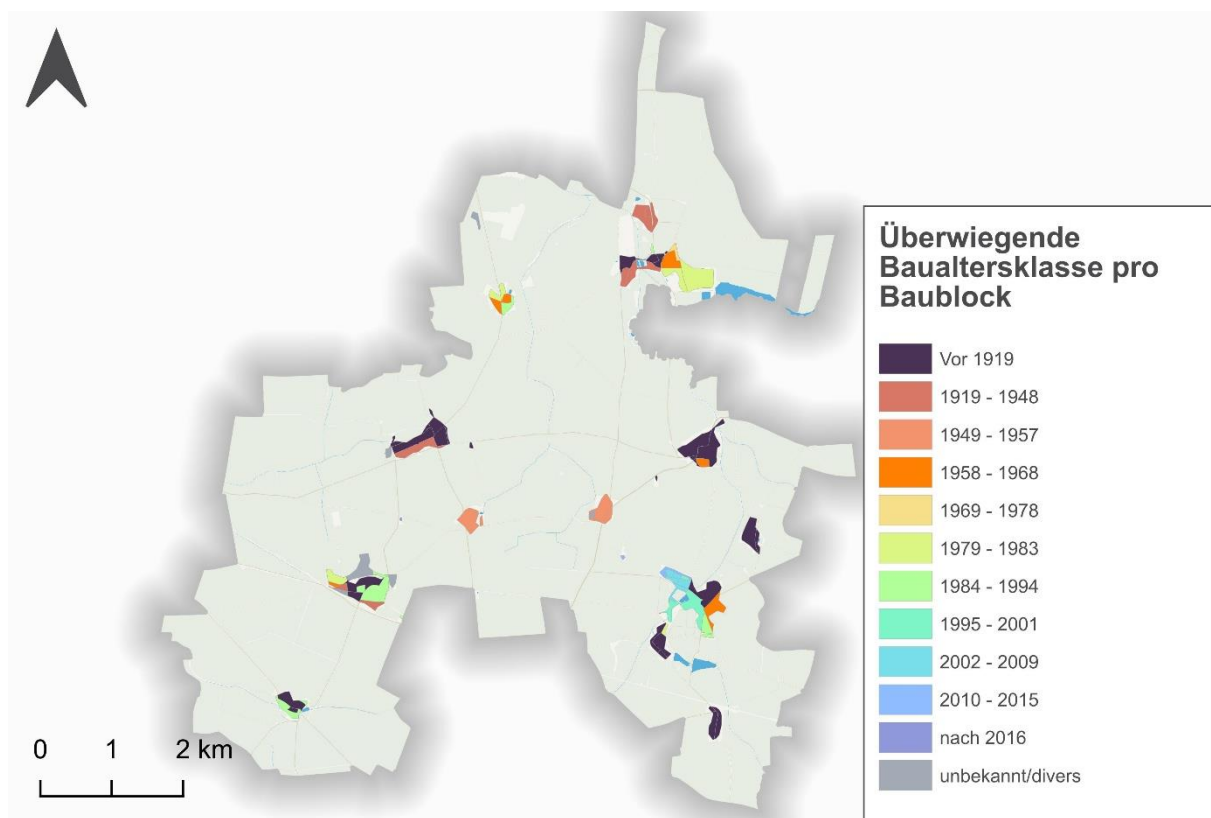


Abbildung 6 zeigt die Verteilung der überwiegenden Baualtersklassen auf Baublockebene. Dabei wird der jeweilige Baublock mit der Baualtersklasse gekennzeichnet, dem die meisten Gebäude in diesem Baublock entsprechen (einfache Mehrheit). Die Karte verdeutlicht, dass die Baujahre der Gebäude in Schönwölkau stark durchmischt sind. Insbesondere in vielen Baublöcken dominiert die historische Bausubstanz, sodass die überwiegende Baualtersklasse

häufig auf die Zeit vor 1919 bzw. 1919 bis 1948 fällt. Demgegenüber stehen stellenweise Baublöcke, welche durch jüngere Gebäude geprägt sind und in denen spätere Baualtersklassen überwiegen.

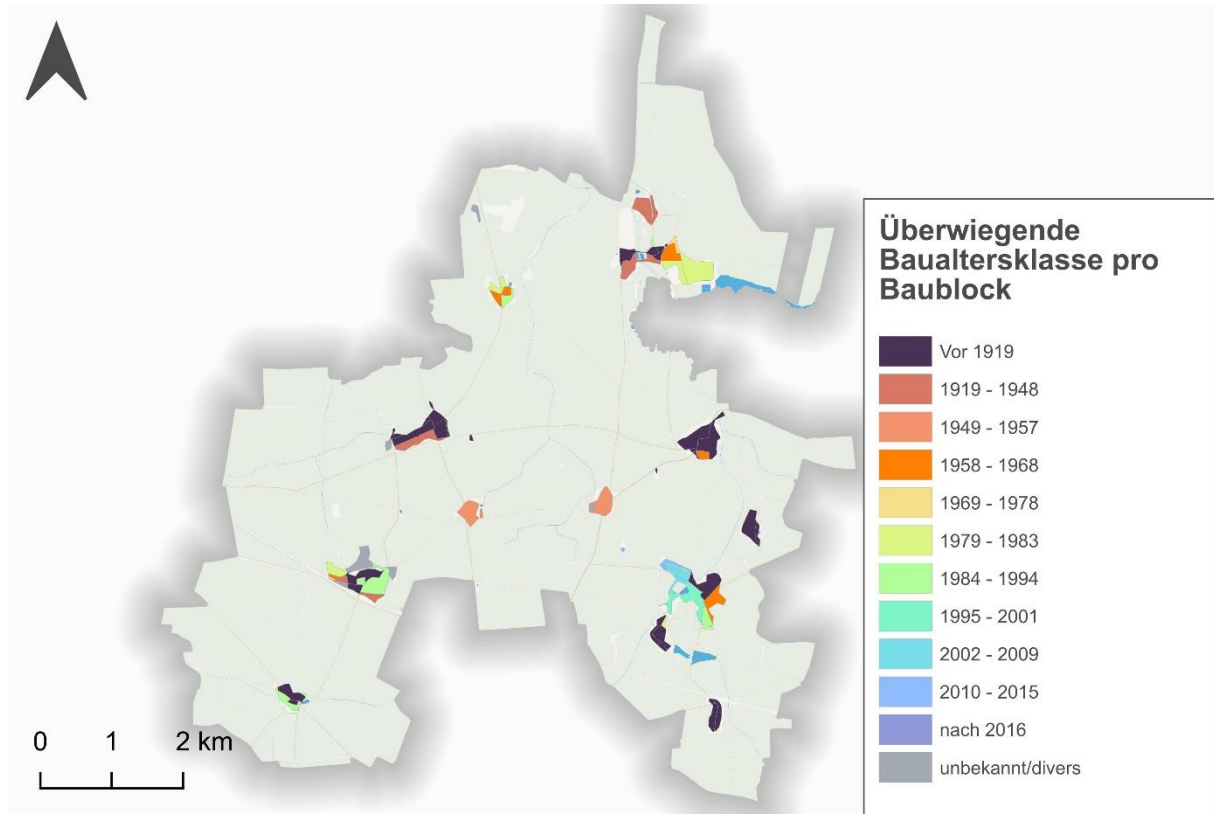


Abbildung 6: Räumliche Verteilung Gebäudealter nach Baublöcken

Diese Heterogenität im Gebäudebestand ist für die Wärmeplanung relevant, da sie auf unterschiedliche energetische Ausgangszustände und Sanierungspotenziale in den einzelnen Quartieren hinweist.

4.3 Energie- und Versorgungsstruktur

Hinsichtlich einer zentralen Wärmeversorgung sind in Schönwölkau ausschließlich mehrere bestehende Flüssiggasnetzgebiete, betrieben von der Propan Rheingas GmbH & Co. KG zu nennen. Erdgasnetze, Wärmenetze oder Kältenetze, welche nach WPG zu betrachten sind, existieren in Schönwölkau nicht. Ebenso sind keine zentralen Gasspeicher, keine zentralen Erzeugungsanlagen für Wasserstoff oder synthetische Gase und keine Elektrolyseanlagen mit einer installierten Leistung von mehr als 1 Megawatt vorhanden.

Abbildung 7 zeigt die räumliche Lage der bestehenden Flüssiggasnetze nach Baublöcken. Die Netze verfügen insgesamt über eine Trassenlänge von etwa 1,4 km und versorgen rund 70 Anschlusspunkte mit einem aktuellen Gesamtgasabsatz von ca. 790 MWh/a. Als Energieträger wird flüssiger Propangas eingesetzt. Die Netze wurden zwischen 1996 und 2001 in Betrieb genommen.

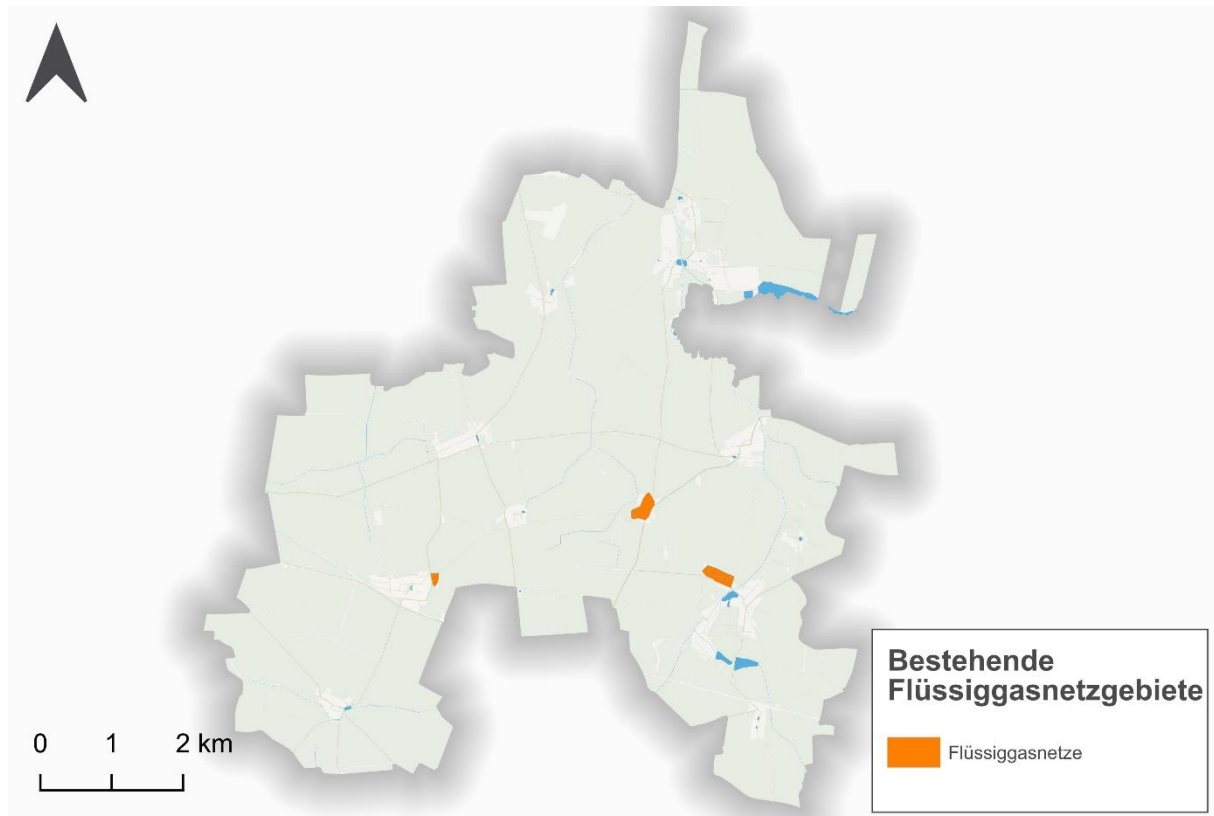


Abbildung 7: Bestehender Flüssiggasnetze in Schönwölkau

Innerhalb von Schönwölkau finden sich gegenwärtig drei Großverbraucher (Brennstoffverbrauch größer 500 MWh/a), die alle über selbsterzeugten Biogase versorgt werden (Abbildung 8). Dies sind die Agrargenossenschaft Hohenroda eG, Sauenhaltung Thierbach GmbH und Leinemilch GmbH. Der geschätzte Brennstoffbedarf auf Basis der installierten Nennwärmeleistung liegt bei 2.700 bis 4.500 MWh/a.

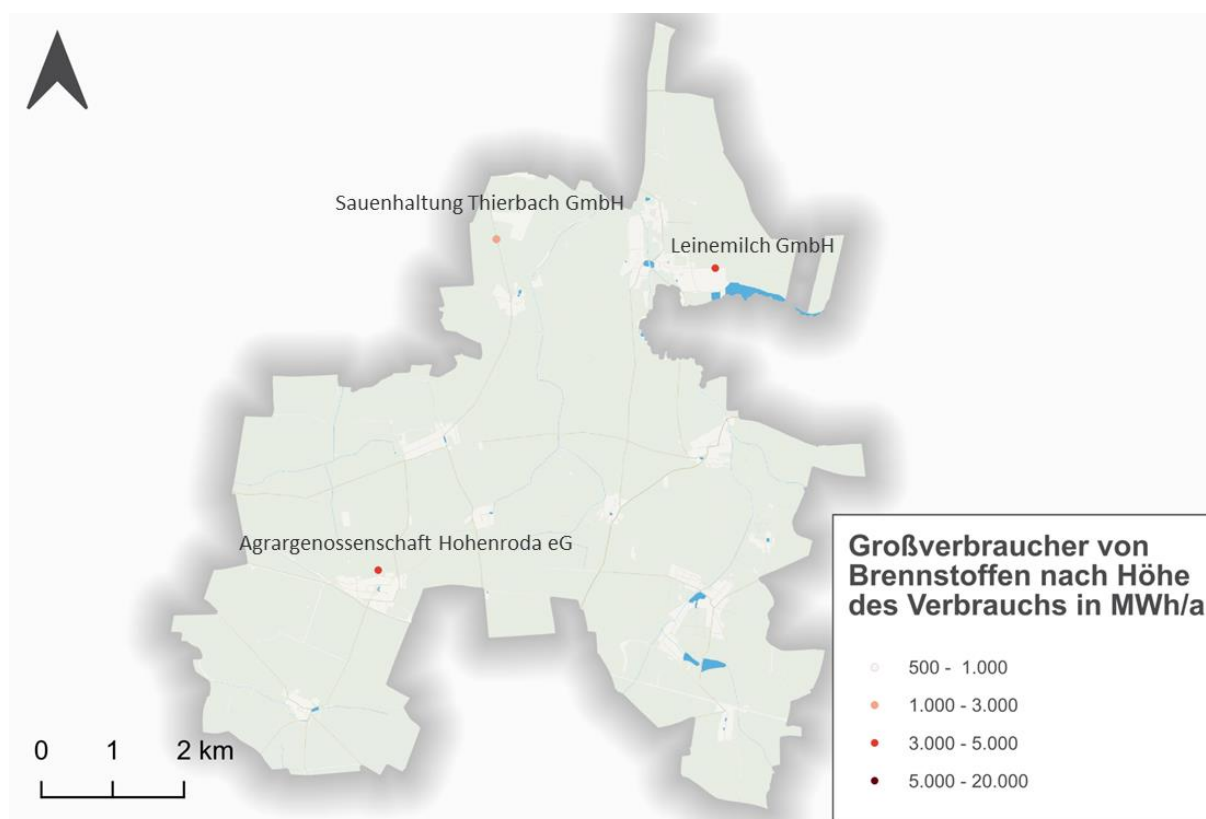


Abbildung 8: Standorte von Großverbrauchern von leitungsgebundenem Gas oder anderen Brennstoffen

Abseits der dargestellten zentralen Wärmeinfrastruktur erfolgt die Wärmeversorgung in Schönwölkau ausschließlich dezentral. Zum Einsatz kommen dabei Wärmeerzeugungsanlagen, die einzelne Gebäude, kleinere Gebäudekomplexe oder – in einigen Fällen – einzelne Wohnungen oder Räume versorgen. Die Anzahl sowie die installierte Nennwärmeleistung dieser dezentralen Wärmeerzeuger werden im folgenden Abschnitt detailliert erläutert.

4.4 Wärmeerzeuger, -speicher und große Verbraucher

Im Gemeindegebiet Schönwölkau dominieren laut Daten des Netzbetreibers Mitteldeutsche Netzgesellschaft Gas mbH, ZENSUS2022, des Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie sowie Daten des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle vor allem heizöl- und flüssiggasbasierte Wärmeerzeugungsanlagen. Heizölbasierte Anlagen stellen sowohl hinsichtlich der Anzahl als auch der installierten Nennwärmeleistung die größte Gruppe dar (Abbildung 9). Es folgen flüssiggasbetriebene Anlagen, die die zweithöchste Anzahl und Nennwärmeleistung aufweisen. Darüber hinaus sind auch biomasse-betriebenen Anlagen sowie Anlagen zur Nutzung von Umweltwärme (Wärmepumpen) in nennenswerter Zahl vertreten.

Besonders hervorzuheben ist die Nennwärmeleistung der drei bestehenden Biogasanlagen, die über mehrere Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit einer gesamten Nennwärmeleistung von 2.543 kWth verfügen. Diese werden von den drei Biogasanlagenbetreibern

Agrargenossenschaft Hohenroda eG, Sauenhaltung Thierbach GmbH und Leinemilch GmbH betrieben.

Im Bereich der Einzelraumheizungen dominieren Biomasseanlagen und Braunkohleöfen deutlich, sowohl hinsichtlich der Anzahl als auch der installierten Leistung (Abbildung 10).

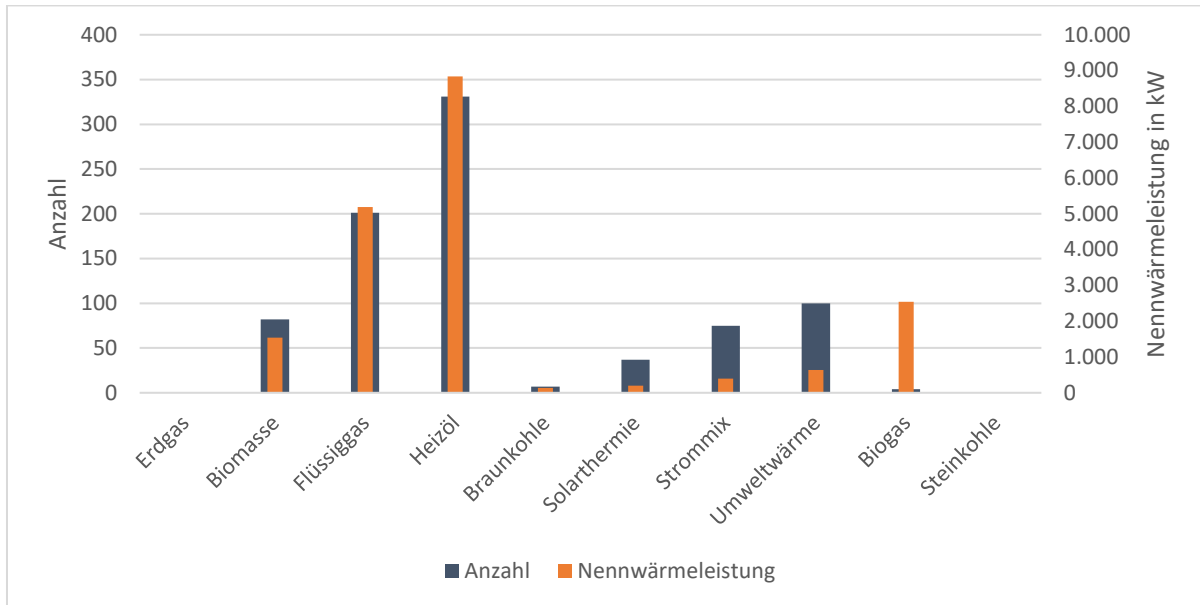


Abbildung 9: Anzahl und Nennwärmeleistung zentraler Heizungsanlagen

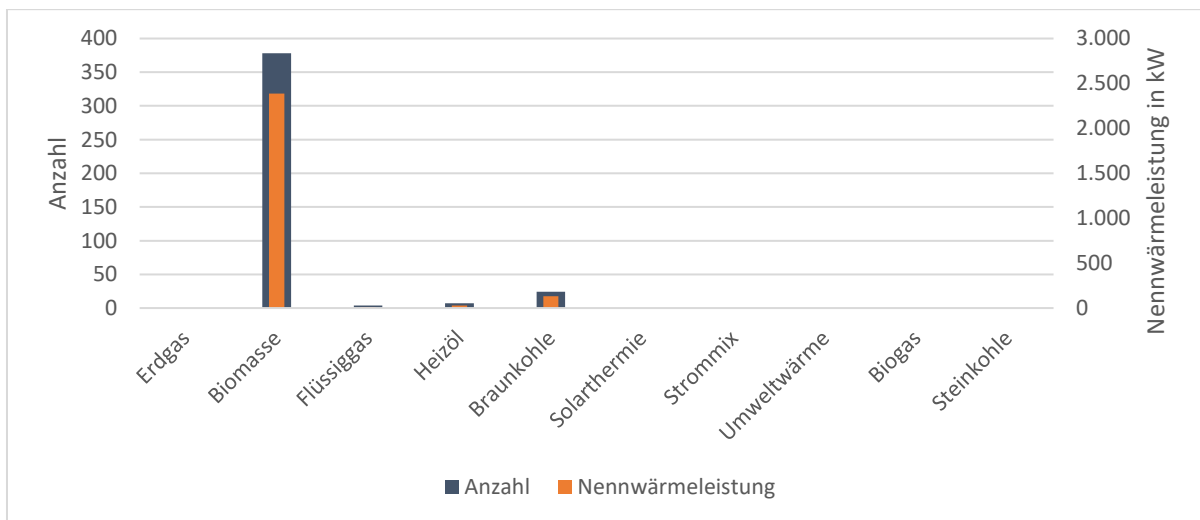


Abbildung 10: Anzahl und Nennwärmeleistung von Einzelraumheizungen

Neben den Energieträgern erfassen die Daten des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie auch die Baujahre der Feuerungsanlagen im Bestand. Die Auswertung zeigt, dass der größte Teil der Wärmeerzeugungsanlagen im Zeitraum 1990 bis 1995 installiert wurde (Anteil 22 %). Dieser Anteil wird dicht gefolgt von dem Anteil der Anlagen, die zwischen 1995 und 2000 eingebaut wurden (Abbildung 11).

Nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) müssen bestimmte Wärmeerzeugungsanlagen, wie beispielsweise Gas- und Ölheizungen mit Standard- oder Konstanttemperaturkessel, nach

spätestens 30 Jahren ausgetauscht werden. Das bedeutet, dass rund 43 % der Wärmeerzeugungsanlagen im Gemeindegebiet Schönwölkau, bei denen das Baujahr dokumentiert wurde, innerhalb der nächsten zehn Jahre erneuert werden müssten (Baujahr vor 2000), sofern diese nicht unter die Ausnahmeregelungen des GEG fallen. Dies zeigt neben der ökologischen auch die technische Dringlichkeit einer Modernisierung der Wärmeversorgung.

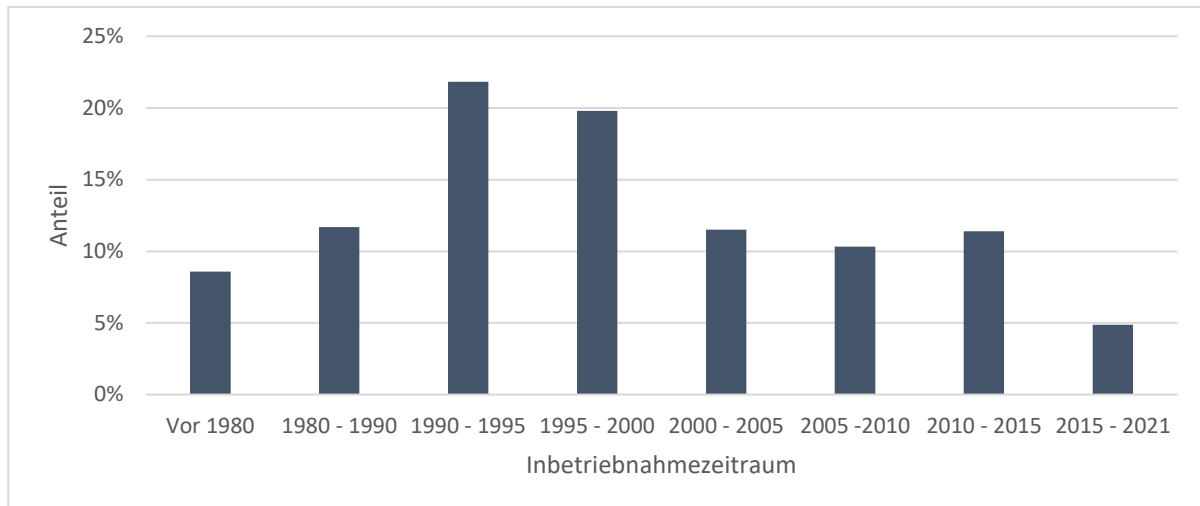


Abbildung 11: Anteil der Wärmeerzeugungsanlagen nach Alter

Für diesen Wärmeplan liegen die Daten zu den Wärmeerzeugungsanlagen ausschließlich für die gesamte Gemeinde vor. Für eine konkrete räumliche Bestimmung einzelner Anlagen sind räumliche Daten der zuständigen Bezirksschornsteinfeger zu erheben und auszuwerten.

4.5 Wärmebedarf

Der aktuelle Gesamtwärmebedarf der Gebäude in Schönwölkau beträgt 45,40 GWh/a. Dabei entfällt der größte Teil des Wärmebedarfs, mit 23,48 GWh/a, auf den Sektor Gewerbe-, Handel und Dienstleistungen (GHD) gefolgt vom Sektor Wohngebäude mit 20,67 GWh/a. Der restliche Wärmebedarf von 1,25 GWh/a verteilt sich auf die öffentlichen Gebäude. Bezogen auf die Wärmearten entfallen ca. 70 % auf Raumwärme, etwa 22 % auf Prozesswärme und rund 9 % auf Trinkwarmwasser mit (Abbildung 12). In absoluten Zahlen ergeben sich somit ein Bedarf von ca. 31,72 GWh/a Raumwärme, 3,92 GWh/a für Trinkwarmwasser und 9,77 GWh/a für Prozesswärme. Der Gesamtwärmebedarf von 45,40 GWh/a als Bezugsgröße dient für den Vergleich mit den Angebotspotenzialen in der Potenzialanalyse.

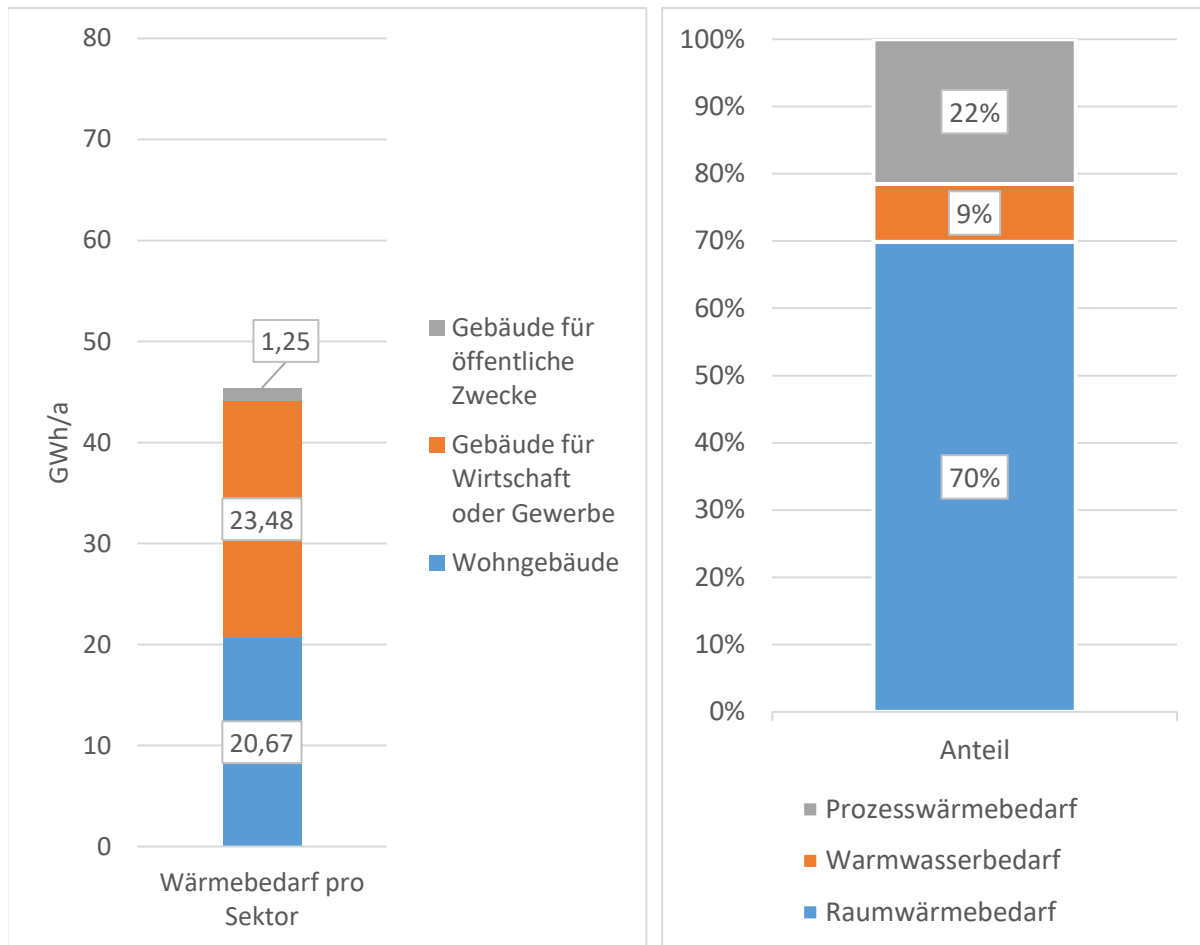


Abbildung 12: Verteilung Wärmebedarf Schönwölkau nach Sektoren und Wärmeart

Abbildung 13 zeigt die räumliche Verteilung der absoluten Wärmebedarfe auf Baublockebene. Die Abbildung zeigt, dass die absolute Höhe der Wärmebedarfe der Baublöcke in Schönwölkau sehr heterogen ist. Dabei sind vorwiegend in den Baublöcken mit Gewerbe oder dichter Bebauung hohe Wärmebedarfe festzustellen. Gründe hierfür sind einerseits die höhere Bebauungsdichte im innerörtlichen Bereich, aber auch hohe spezifische Wärmebedarfe infolge älterer Bausubstanz und/oder eines geringen energetischen Sanierungsstandes. Im Bereich der Industrie kommen zusätzlich erhöhte Prozesswärmebedarfe hinzu.

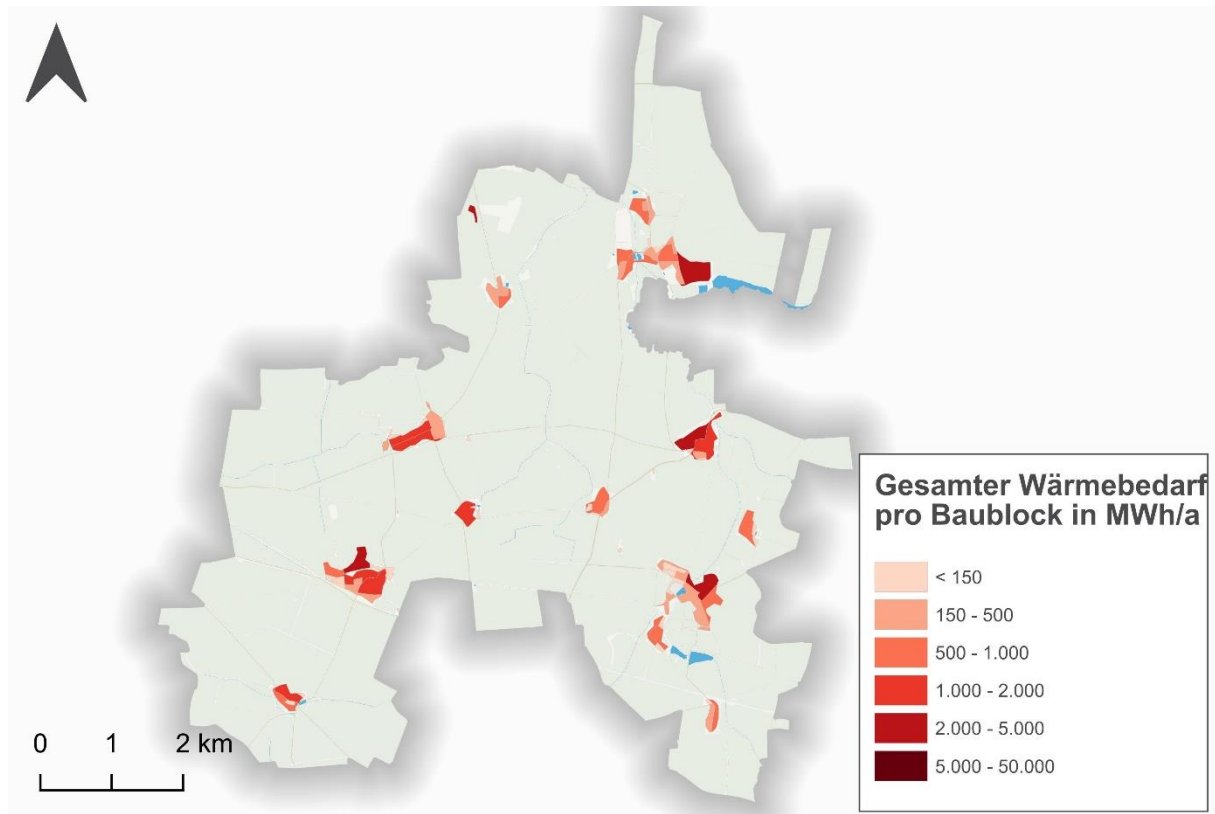


Abbildung 13: Räumliche Verteilung absoluter Wärmebedarfe in Schönwölkau

4.6 Wärmedichten

Um zwischen den absoluten Wärmebedarfen eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurde zusätzlich, als Kennzahl für den relativen Wärmebedarf, die Wärmedichte in Form der Wärme-flächendichte und der Wärmelinien-dichte in Schönwölkau ermittelt. Die Wärme-flächendichte beschreibt die Höhe des Raumwärme- und Trinkwarmwasserbedarfs pro Hektar in einem Baublock. Die Wärmelinien-dichte beschreibt die Höhe des Raumwärme- und Trinkwarmwasserbedarfs pro Straßenmeter. Beides ist für Schönwölkau in Abbildung 14 dargestellt.

Wie schon bei den absoluten Wärmebedarfen zeigt sich auch bei den relativen Kennzahlen eine hohe Heterogenität. Hervorzuheben sind hier hohe Wärmedichten in den Ortskernen, bedingt durch eine hohe Bebauungsdichte und/oder durch größere Einzelverbraucher. Je höher die Wärme-flächen- bzw. Wärmelinien-dichte, desto wahrscheinlicher ist eine vertiefende Untersuchung zur Realisierbarkeit von Wärmenetzen sinnvoll.

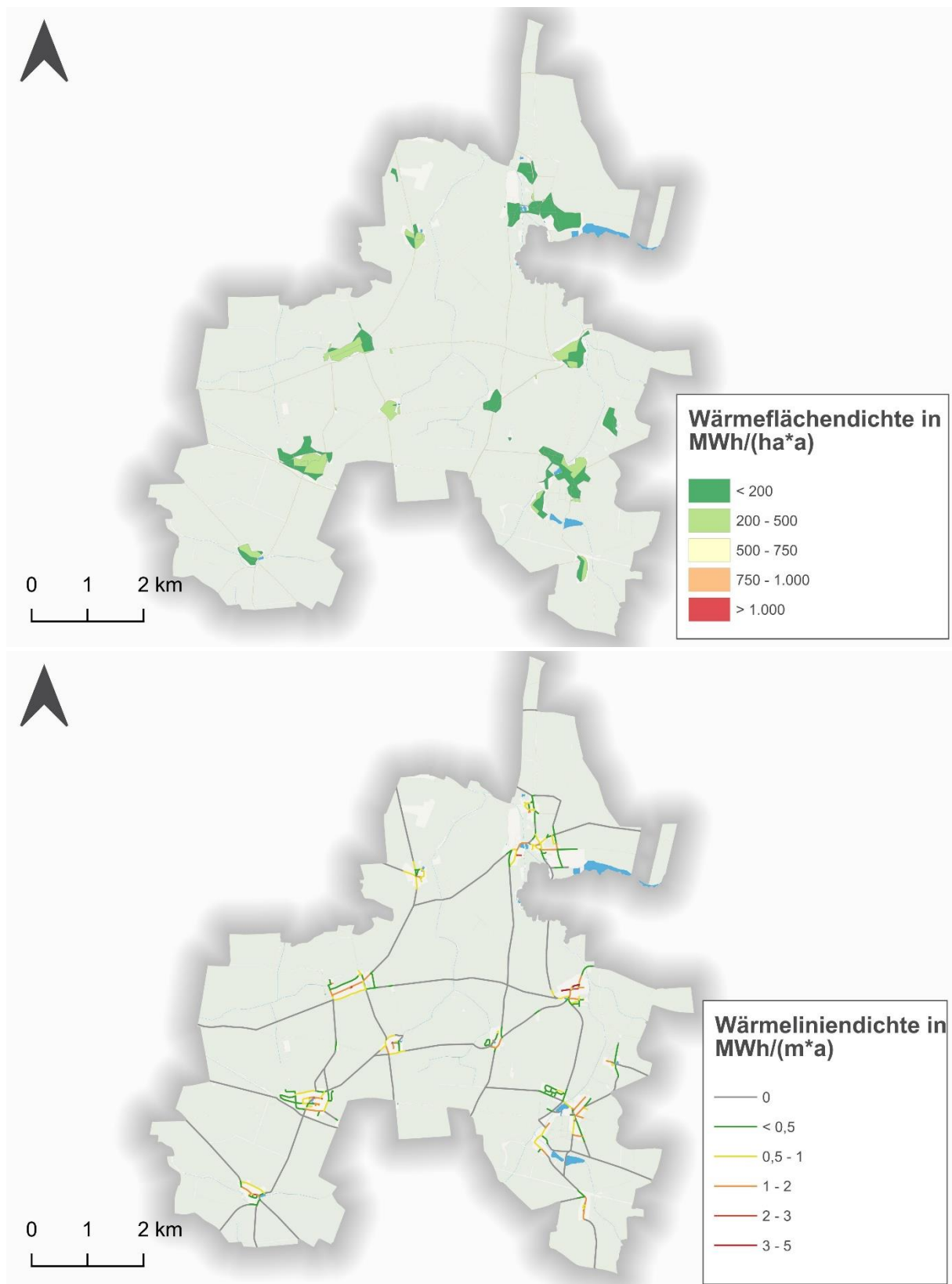


Abbildung 14: Wärme-flächen- und Wärmelinie-dichten in Schönwölkau

4.7 Energie- und Treibhausgasbilanz

Um aus den ermittelten Endenergiemengen die Treibhausgasemissionen zu berechnen, werden diese mit den entsprechenden Treibhausgasemissionsfaktoren multipliziert (Tabelle 3). Die Treibhausgasemissionsfaktoren basieren auf der Bilanzierungssystematik Kommunal (BISKO), dem Standard für kommunale Treibhausgasbilanzierung. Zudem wurde auf Basis des Energieträgermixes in der Gemeinde ein THG-Mixfaktor „Wärmemix Schönwölkau“, welcher den gewichteten Durchschnitt der THG-Emissionen pro Wärmemenge darstellt, berechnet.

Tabelle 3: THG-Emissionsfaktoren

Energieträger	Emissionsfaktor [t CO ₂ -eq/MWh]
Strommix	0,469
PV-Strom	0,057
Wind-Strom	0,018
Heizöl	0,316
Erdgas	0,25
Flüssiggas	0,276
Steinkohle	0,432
Braunkohle	0,444
Biogas	0,121
Biomasse	0,022
Umweltwärme	0,146
Geothermie	0,036
Solarthermie	0,022
Abwärme	0,098
Klärgas	0,144
Wärmemix Schönwölkau	0,259

Auf der Grundlage der dargestellten Treibhausgasemissionsfaktoren ergibt sich folgende Energie- und CO₂-Bilanz (Abbildung 15). Der jährliche Endenergieverbrauch für Wärme beträgt 48,255 GWh, woraus ca. 11.211 t CO₂-eq/a resultieren (Tabelle 4). Die einzelnen Energieträger und deren Endenergieverbräuche sowie daraus resultierende THG-Emissionen sind dort ebenfalls aufgeführt.

Es zeigt sich, dass die THG-Emissionen des Wärmesektors insbesondere durch den dezentralen Heizöl- und Flüssiggasverbrauch bestimmt sind, gefolgt von den Emissionen durch Biogas. Der hohe Biogasverbrauch ist durch die drei Biogasanlagen begründet.

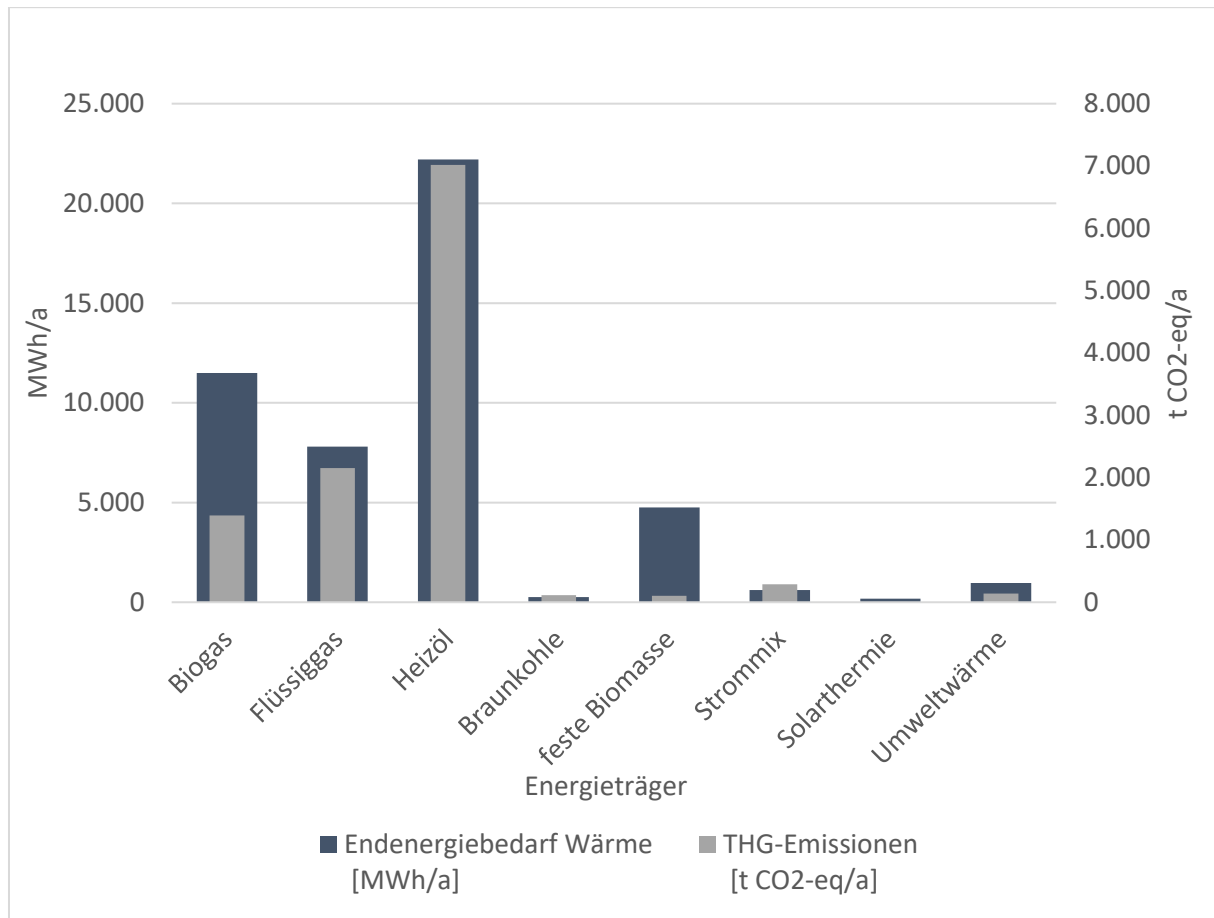


Abbildung 15: Endenergieverbrauch für Wärme und THG-Emissionen nach Energieträger

Tabelle 4: Endenergieverbrauch für Wärme und THG-Emissionen nach Energieträger

Energieträger	Endenergieverbrauch [MWh/a]	Wärme	THG-Emissionen [t CO ₂ -eq/a]
Biogas	11.494		1.391
Flüssiggas	7.798		2.152
Heizöl	22.208		7.018
Braunkohle	257		114
feste Biomasse	4.751		105
Strommix	614		288
Solarthermie	172		4
Umweltwärme	962		140
Gesamt	48.255		11.211

Der Anteil erneuerbarer Wärmequellen liegt insgesamt bei ca. 37%, während fossile Energieträger rund 63 % des Endenergieverbrauchs an Wärme decken (Abbildung 16). Allerdings ist dies durch den hohen Anteil von Biogas begründet. Ohne die Biogas-basierte Prozesswärme liegt der Anteil erneuerbarer Wärmequellen bei 18% und der Anteil fossiler Energien bei 82%.

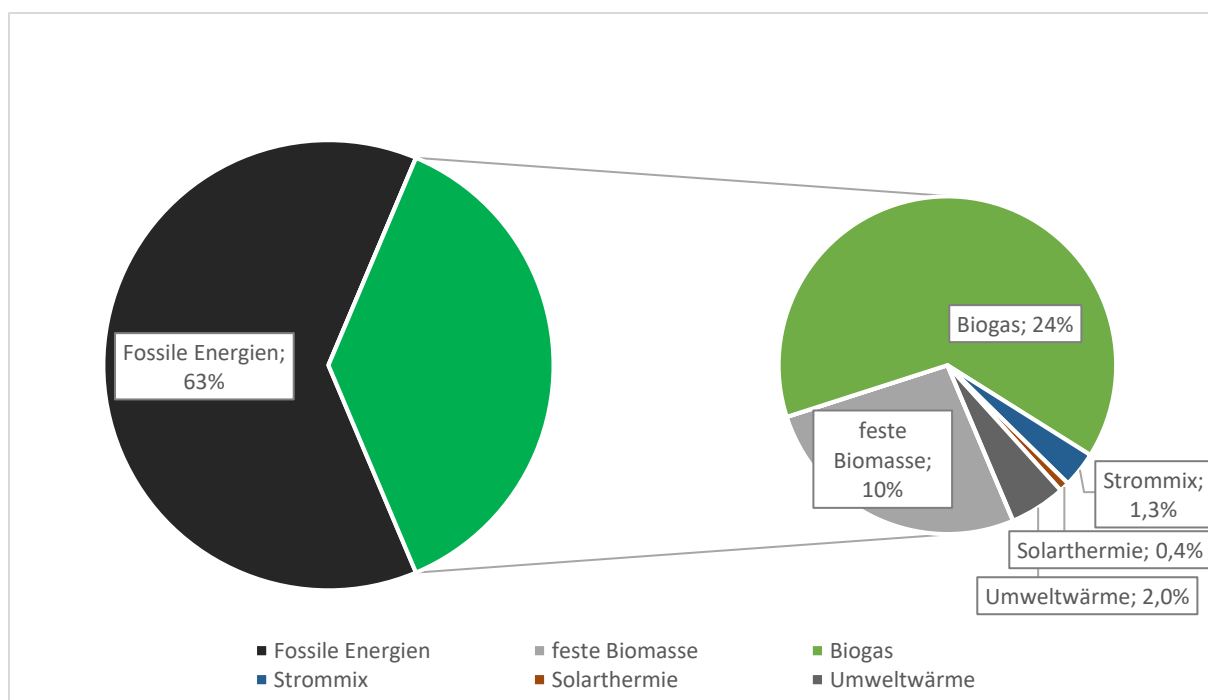


Abbildung 16: Aktueller Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch von Wärme

In der Gemeinde Schönwölkau lebten laut Regionaldaten der Gemeindestatistik Sachsen im Jahr 2022 insgesamt 2.685 Einwohnerinnen und Einwohner. Auf Basis dieser Zahl ergibt sich für das Jahr 2022 ein Endenergiebedarf für Wärme von 17.961 kWh/a/EW. Damit liegt Schönwölkau über dem Bundesdurchschnitt von 15.412 kWh/a/EW (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022). Ohne den Endenergiebedarf für Prozesse liegt der Endenergiebedarf für Wärme pro Einwohner bei 13.680 kWh/a/EW und damit unter dem Bundesdurchschnitt. Die daraus resultierenden pro-Kopf-Emissionen belaufen sich auf 4,17 t CO_{2eq}/a einschließlich der Prozesswärme. Bei Betrachtung der einzelnen Sektoren fällt auf, dass die Haushalte den höchsten Endenergiebedarf für Wärme zeigen, gefolgt vom GHD-Sektor und den industriellen Prozessen, auch wenn sich die Prozesswärme auf deutlich weniger einzelne Verbraucher verteilt. Mit deutlichem Abstand folgt der Endenergiebedarf der Gebäude für öffentliche Zwecke (Abbildung 17).

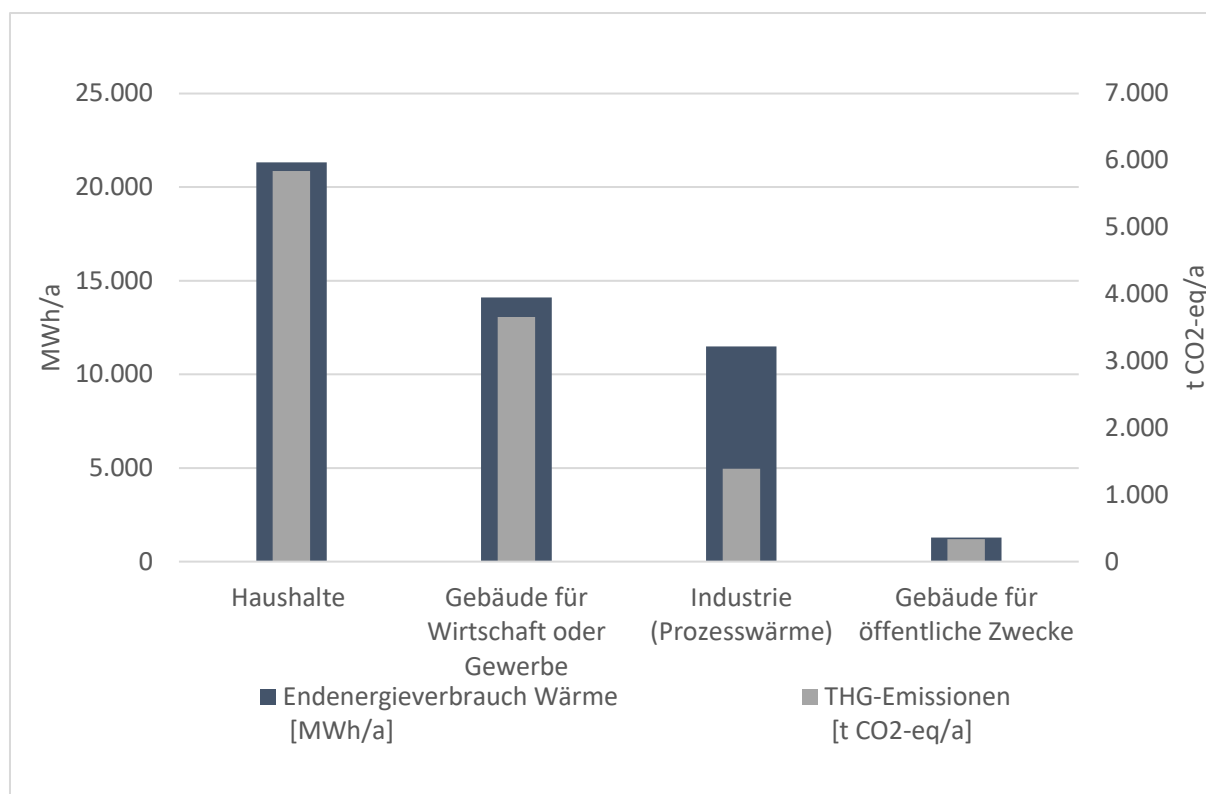


Abbildung 17: Verteilung des Endenergieverbrauchs für Wärme und der Treibhausgasemissionen nach Sektoren

4.8 Zwischenfazit Bestandsanalyse

Im betrachteten Gebiet der Gemeinde Schönwölkau befinden sich rund 1.994 beheizte Gebäudeobjekte, primär Einfamilienhäuser (EFHs) und Nichtwohngebäude (NWGs). Der Großteil der Gebäude wurde vor 1920 errichtet.

Die Energieinfrastruktur ist durch das Fehlen von Wärme- und Kältenetzen gekennzeichnet. Es gibt kein zentrales Erdgasnetz. Mehrere Flüssiggasnetzgebiete werden von Propan Rheingas GmbH & Co. KG betrieben. Die Wärmeversorgung erfolgt überwiegend durch Heizöl-, Flüssiggas-, Biomasse- und Strom-basierte Wärmeerzeuger. Zusätzlich gibt es drei große Biogasanlagen in Schönwölkau mit einem geschätzten Verbrauch von jeweils 2.700 MWh/a bis 4.500 MWh/a.

Der gesamte Wärmebedarf beträgt ca. 45 GWh/a, davon ca. 35 GWh/a für Raumwärme und Trinkwarmwasser. Hohe Wärmedichten finden sich überwiegend in den Kernbereichen der Siedlungen. Der Endenergiebedarf für Wärme liegt bei ca. 48 GWh/a, woraus sich Treibhausgasemissionen von ca. 11.211 t CO₂-Äquivalent ergeben. Ohne die industriellen Prozesse für die Biogasverwertung betragen die Treibhausgasemissionen ca. 9.831 t CO_{2eq}/a.

5 Potenzialanalyse

5.1 Erneuerbare Energien zur Wärmergewinnung

5.1.1 Solarenergie auf Dachflächen

Für die solare Potenzialanalyse der Teildachflächen werden die Ergebnisse in Form einer Karte des Betrachtungsgebietes dargestellt. Ein Quartiersauszug am Beispiel des Ortes Hohenroda ist in Abbildung 18 veranschaulicht. In der Karte werden die auf den Teilflächen eintreffenden Strahlungswerte farblich hervorgehoben. Flächen mit einer ungünstigen Ausrichtung und Neigung, beispielsweise nach Norden, erreichen Strahlungswerte unter 800 kWh/m² und werden gelb dargestellt. Mit steigenden Strahlungswerten verschiebt sich die Farbskala in den roten Bereich. Optimal ausgerichtete und geneigte Flächen erreichen Werte von über 1.000 kWh/m². Hohe Strahlungswerte werden vor allem bei Flachdächern oder nach Süden ausgerichteten Dachflächen erreicht.

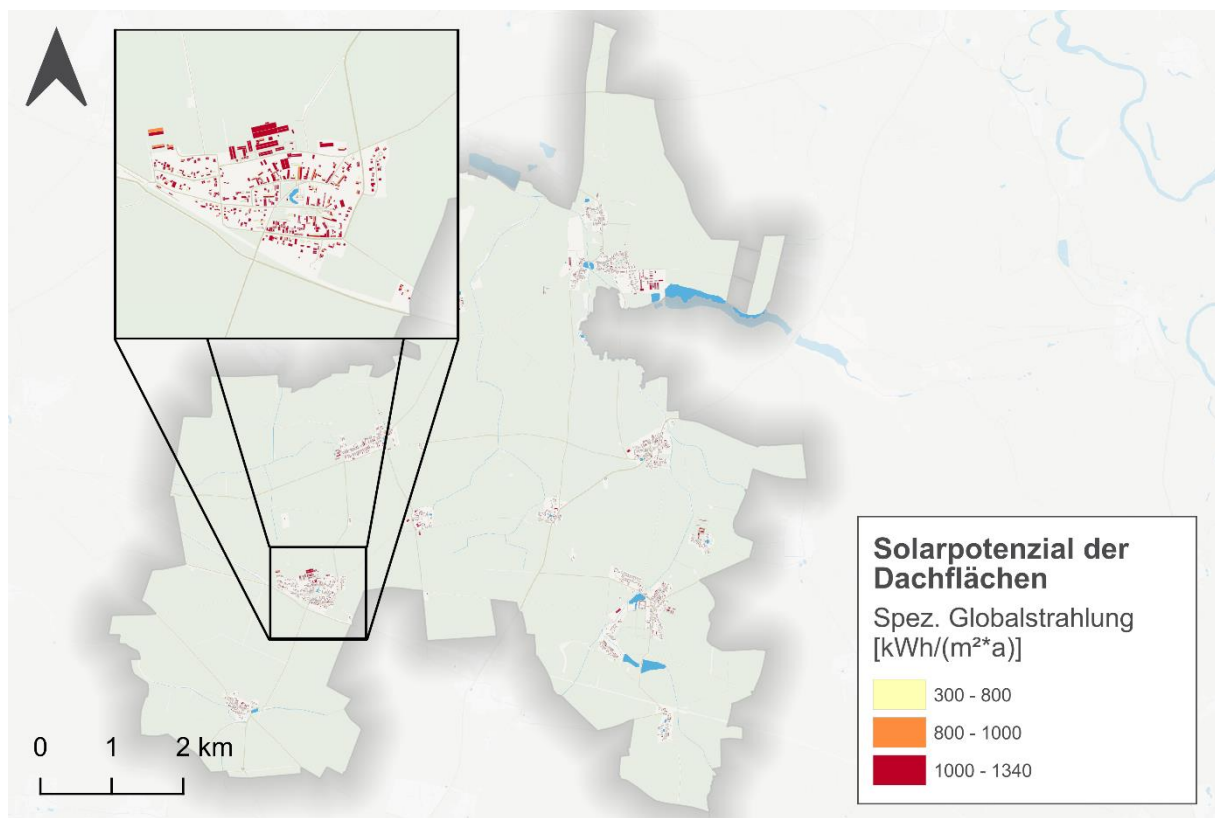


Abbildung 18: Spezifische solare Strahlungsenergie im Untersuchungsgebiet als Indikator für das Solarpotenzial auf Dachflächen

Innerhalb des Betrachtungsgebietes sind 4.495 Dachflächen für die Nutzung solarer Energieerzeugung mit Photovoltaik oder Solarthermie gut beziehungsweise sehr gut geeignet. Diese Dachflächen haben insgesamt ein jährliches Ertragspotenzial an PV-Strom von ca. 42.000 MWh oder ca. 120.000 MWh an solarthermischer Wärme. Damit ist die Installation von PV- oder Solarthermieranlagen auf diesen Dächern grundsätzlich sinnvoll. Die Ergebnisse für

die Berechnung des Ertrages aus der Nutzung von PV und ST auf Dachflächen sind aus Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Eignung und Ertrag aus der Nutzung von PV und ST auf Dachflächen

Eignung für PV	Anzahl der Dachflächen	Jahresertrag PV [MWh/a]	Jahresertrag ST [MWh/a]
Sehr gut geeignet	3.851	40.075	115.792
Gut geeignet	644	1.901	5.552
Ungeeignet	688	6	18

Bei der Deckung des Trinkwarmwasser- und Raumwärmebedarfs durch Solarthermie, ist es sinnvoll, einen maximalen solaren Deckungsgrad von 25 % anzunehmen, sodass dieser das technische Potenzial begrenzt, siehe Abbildung 19. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

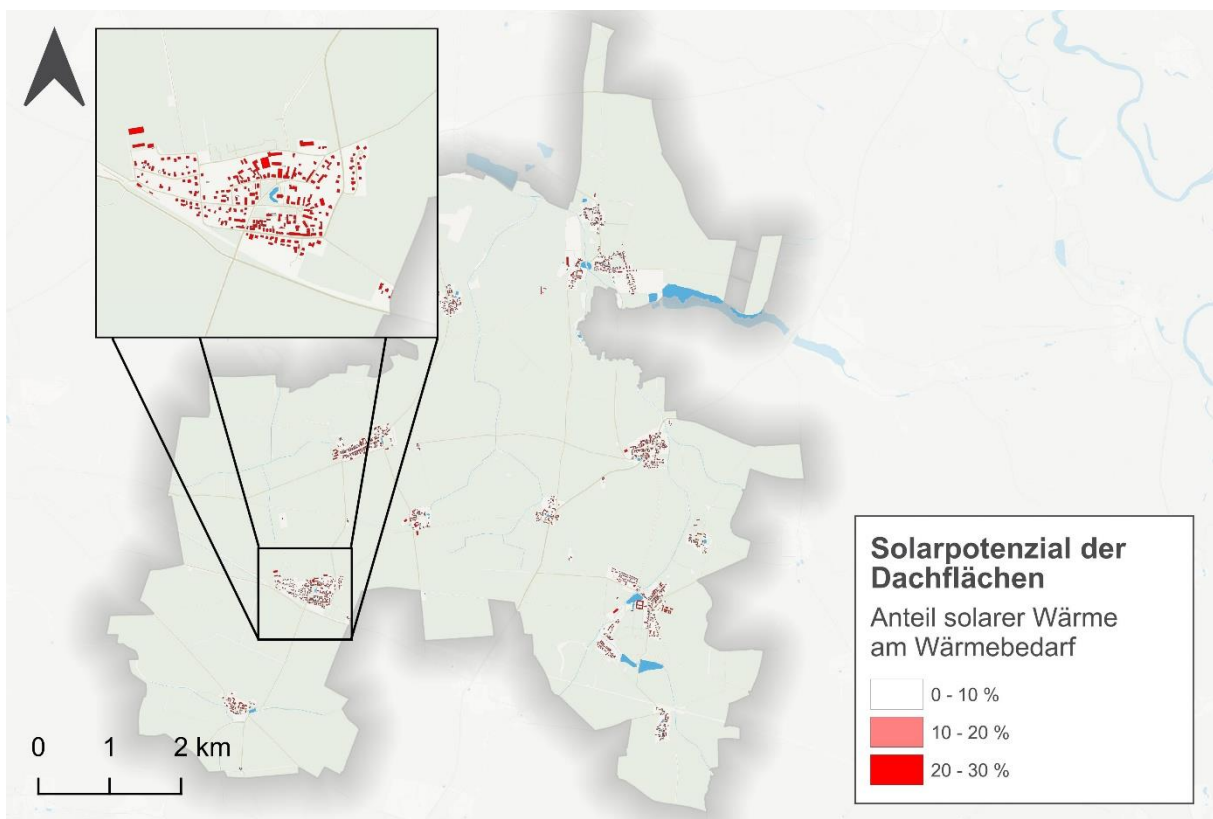


Abbildung 19: Solarer Deckungsgrad für die Nutzung von Solarthermie (technisches Potenzial)

5.1.2 Solarthermie auf Freiflächen

Im Folgenden wird das Potenzial für Solarenergie auf Freiflächen untersucht. Dabei wird zwischen Nutzung von Photovoltaik-Anlagen und solarthermischen Anlagen unterschieden.

PV-Anlagen wandeln Sonnenlicht direkt in elektrische Energie um. Solarthermische Anlagen nutzen die Sonnenwärme zur Erzeugung von Wärmeenergie. Für beide Technologien werden Kollektoren auf Freiflächen installiert, wodurch es zu Nutzungskonflikten mit anderen Flächennutzungen kommen kann.

Die Potenzialflächen für Freiflächensolarthermie stimmen mit denen für Freiflächen PV überein. Die aus der Flächenanalyse ermittelten Potenzialflächen sind in Abbildung 20 dargestellt.

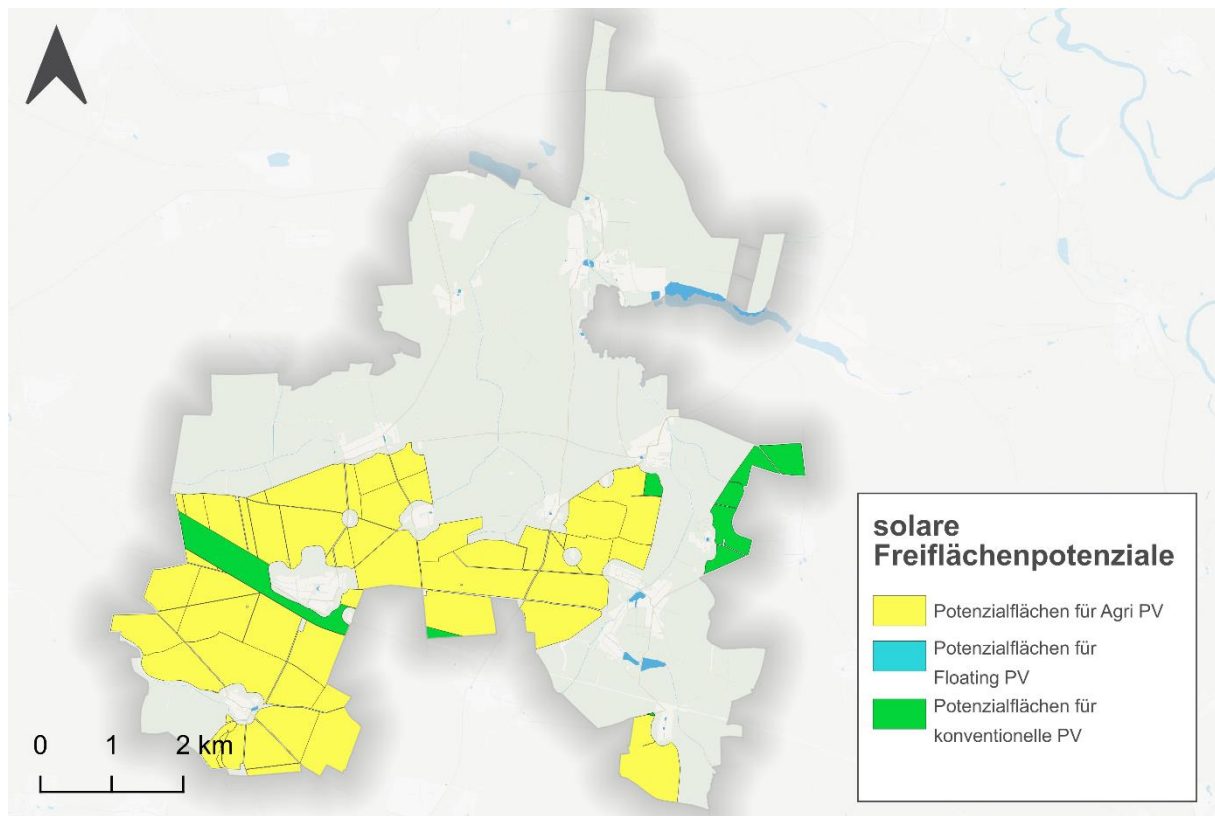


Abbildung 20: Potenzialflächen für Freiflächen PV und Solarthermie

Insgesamt ergeben sich verschiedene Arten von Potenzialflächen mit einer Gesamtfläche von 1.907 ha.

Das dafür theoretische notwendige Speichervolumen für einen Erdbeckenspeicher beträgt 27,2 Mio. m³. Für die Berechnung des jährlichen Solarthermie-Ertrags wurde ein spezifischer Wert von 500 kWh/(m²*a) angenommen. Daraus ergeben sich die in

Tabelle 6 aufgeführten Werte.

Tabelle 6: Solarthermiepotenzial auf Freiflächen

	Fläche [ha]	Jahresertrag ST [GWh/a]
Solarthermie auf Agrarflächen (Flächen mit hohem Bodenwert)	1.530	4.590
Solarthermie auf konventionellen Flächen (Unland und Agrarflächen mit niedrigem Bodenwert)	80	241
Solarthermie auf nach EEG geförderten Flächen	297	892

5.1.3 Dezentrale Wärmepumpen

5.1.3.1 Luft

Für die Analyse des Potenzials durch die Nutzung von Luftwärmepumpen wird angenommen, dass auf jedem Flurstück größer als 10 m² eine Wärmepumpe aufgestellt werden kann, die den gesamten Wärmebedarf der darauf befindlichen Gebäude deckt. Es wird weiterhin vorausgesetzt, dass durch eine geeignete Dimensionierung der Ventilatoren die Problematik der Lautstärke in jedem Fall vermieden werden kann. Analog zu den Berechnungen für Erdsonden, Erdkollektoren und Grundwasserwärmepumpen wird auch hier der Wärmebedarf je Flurstück betrachtet, der für die Raumheizung und Warmwasser benötigt wird.

Die folgende Abbildung 21 gibt einen Überblick zur Eignung der Gebäude für die Nutzung einer Luftwärmepumpe. Dabei wird ausschließlich zwischen einem möglichen Deckungsgrad von 100 % (potenziell geeignet für den Einsatz von Luftwärmepumpen) und 0 % (potenziell ungeeignet) unterschieden.

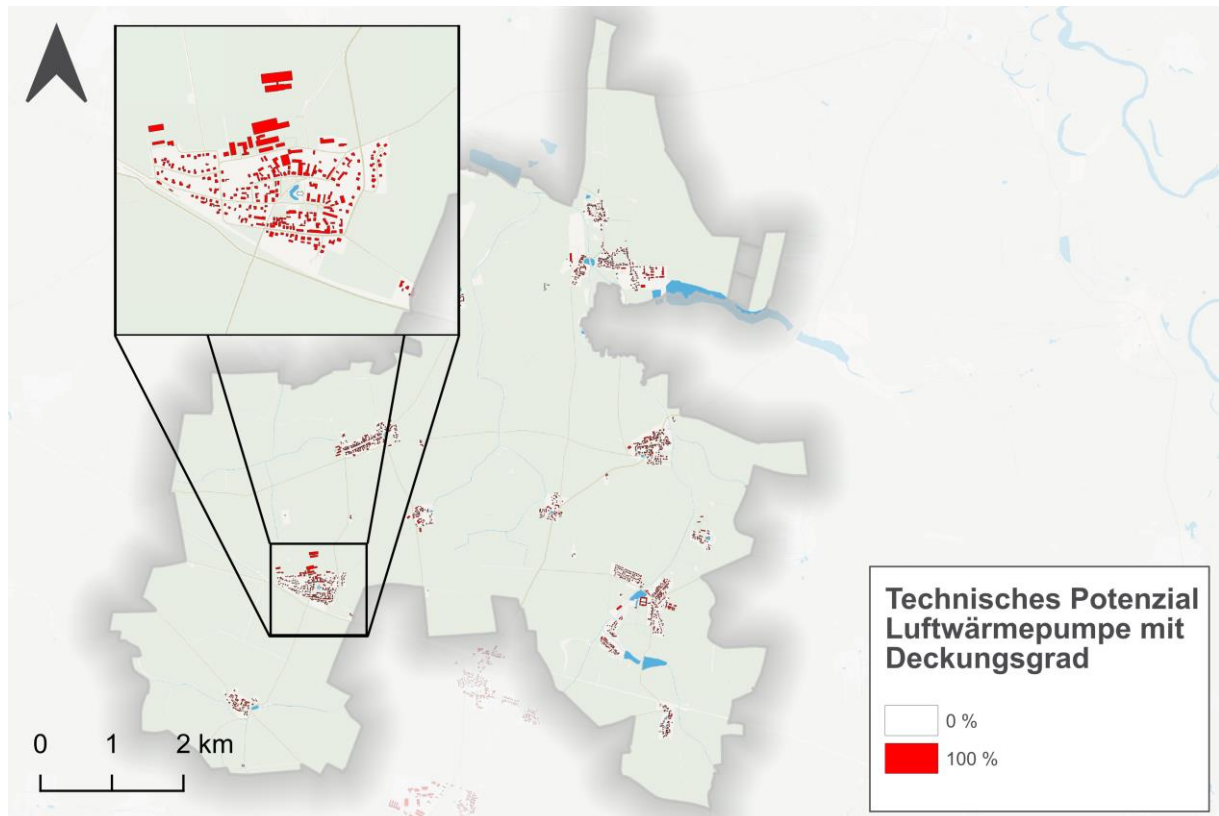


Abbildung 21: Umweltwärmepotenzial aus dezentralen Luftwärmepumpen

Insgesamt ergibt sich ein Potenzial von 36,96 GWh/a für Luftwärmepumpen im Gemeindegebiet Schönwölkau. Das entspricht einem möglichen Deckungsgrad von 81 % für den gesamten Wärmebedarf von 45 GWh/a.

5.1.3.2 Grundwasser

Aus Grundwasser kann Energie gezogen werden, da es aufgrund der ganzjährig fast gleichbleibenden Temperatur als Wärmequelle für eine Wärmepumpe gut geeignet ist. Grundwasserwärmepumpenanlagen bestehen typischerweise aus zwei Brunnenarten: einem Förderbrunnen und einem Schluckbrunnen. Das Grundwasser wird über den Förderbrunnen entnommen, die darin enthaltene Energie über eine Wärmepumpe entzogen und anschließend wird das Wasser über den Schluckbrunnen dem Grundwasser zugeführt.

Abbildung 22 zeigt die Gebäude in Schönwölkau, bei denen die Nutzung einer Grundwasserwärmepumpe voraussichtlich möglich ist. Unter der Annahme, dass durch den Einsatz von Grundwasserwärmepumpen auf jedem Flurstück der jeweilige Wärmebedarf vollständig gedeckt wird, ergibt sich ein technisches Potenzial von 31,30 GWh/a.

Für eine genauere Bewertung sind individuelle geologische Erkundungen des Untergrunds notwendig, um Informationen zu beispielsweise Temperatur oder Fließrichtung des Grundwassers zu erhalten.

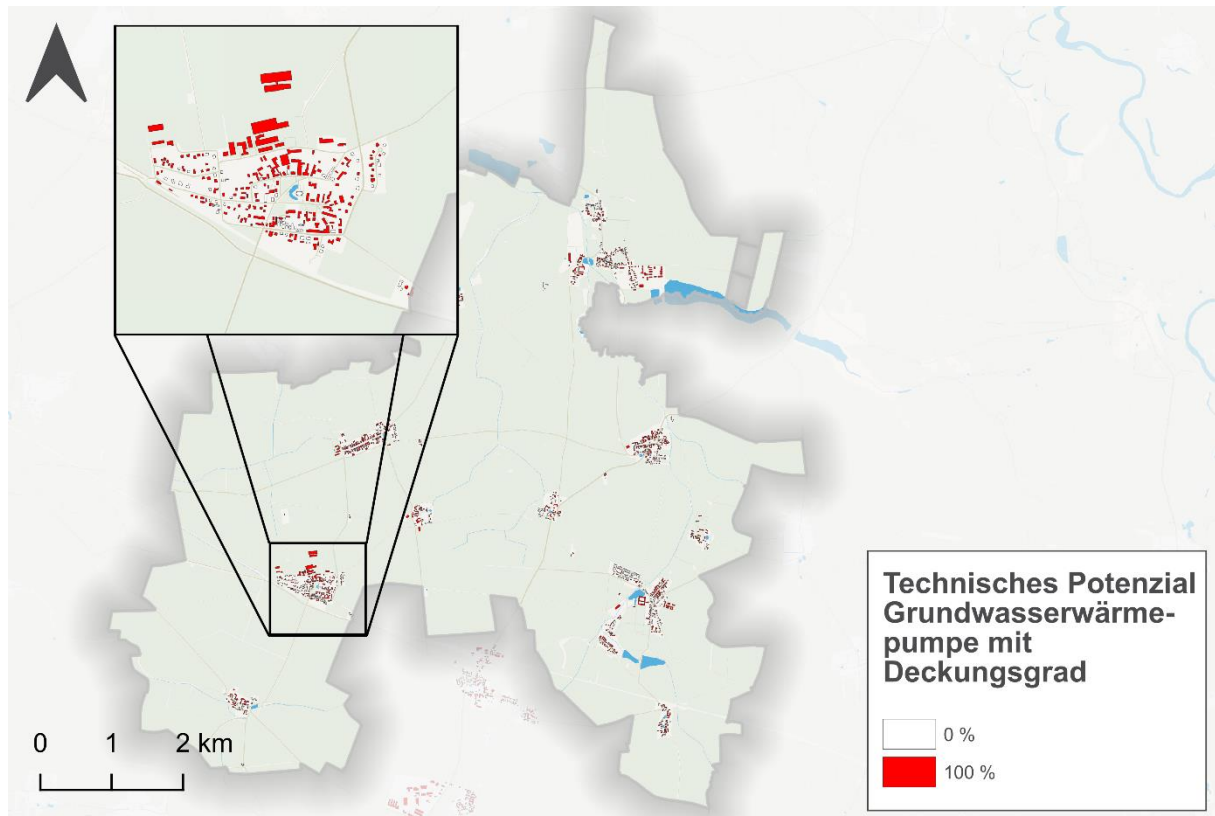


Abbildung 22: Technisches Potenzial zu Grundwasserwärmepumpen-Nutzung je Gebäude

5.1.3.3 Oberflächennahe Geothermie

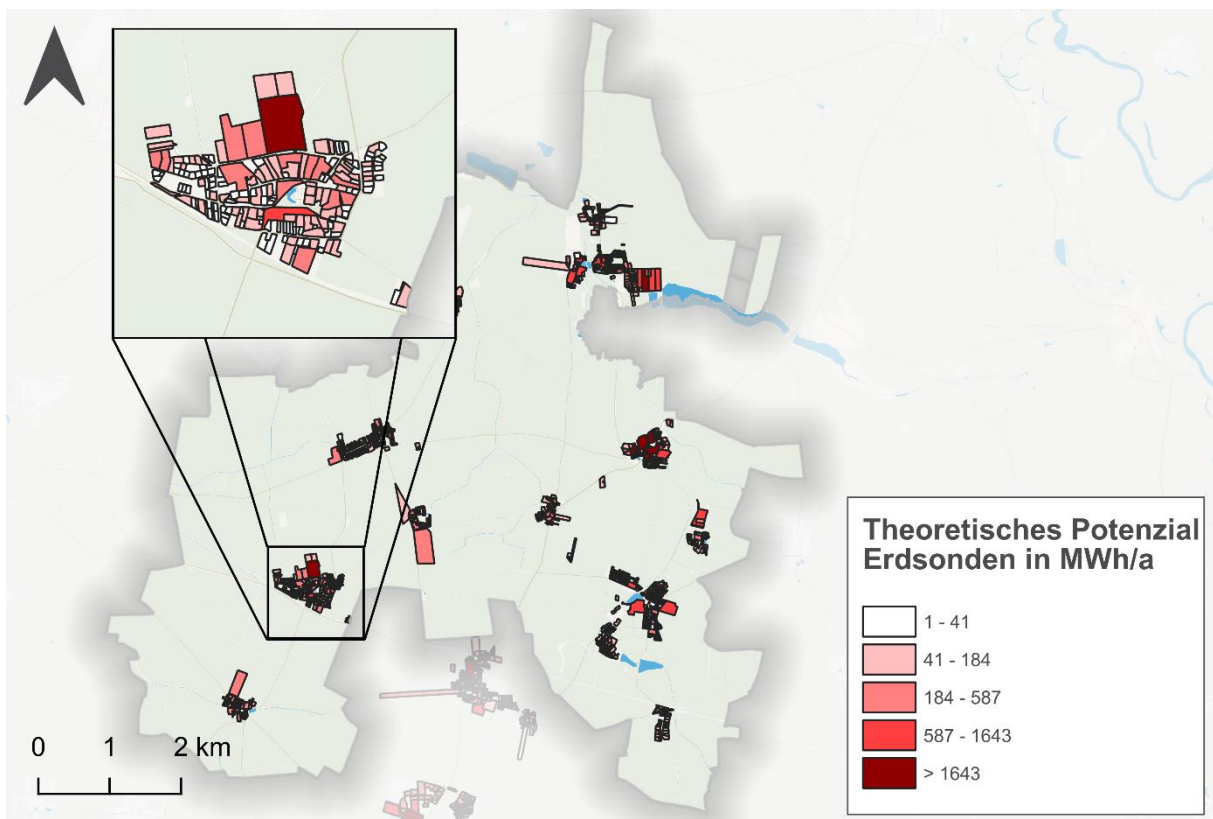
Erdwärme aus dem oberflächennahen Erdreich kann entweder mit Erdwärmesonden oder mit Erdwärmekollektoren bezogen werden. Erdwärmesonden werden durch vertikale Bohrungen verlegt, während Erdwärmekollektoren als horizontal im Erdreich verlegte Wärmeübertrager eingebracht werden. Beide Systeme nutzen die im Erdreich gespeicherte Wärme als Energiequelle für eine Wärmepumpe. Das theoretische Potenzial umfasst alle grundsätzlich nutzbaren Flächen, während das technische Potenzial zusätzlich berücksichtigt, ob die Flächen in der Nähe von wärmebedarfsrelevanten Gebäuden liegen und somit tatsächlich für die Versorgung genutzt werden können.

Tabelle 7: Potenziale für dezentrale oberflächennahe Geothermie

Technologie	Theoretisches Gesamtpotenzial in GWh/a	Technisches Gesamtpotenzial in GWh/a
Dezentrale Erdsonden	96,09	30,88
Dezentrale Erdkollektoren	38,85	15,51

5.1.3.3.1 Erdsonden-Wärmepumpen

Potenziale aus Erdsonden und Erdkollektoren wurden durch Ausschlusskartierungen geeigneter Flächen, Berücksichtigung von Mindestabständen und spezifischen geothermischen Kennwerten berechnet. Abbildung 23 verdeutlicht die durch Erdsonden nutzbaren Flächen im Siedlungsgebiet von Schönwölkau. Das ermittelte Potenzial mit Deckungsgrad des Wärmebedarfs der Gebäude ist in Abbildung 24 zu erkennen.


Abbildung 23: Theoretisches Potenzial von Flächen zur Erdsonden Nutzung im Siedlungsbereich

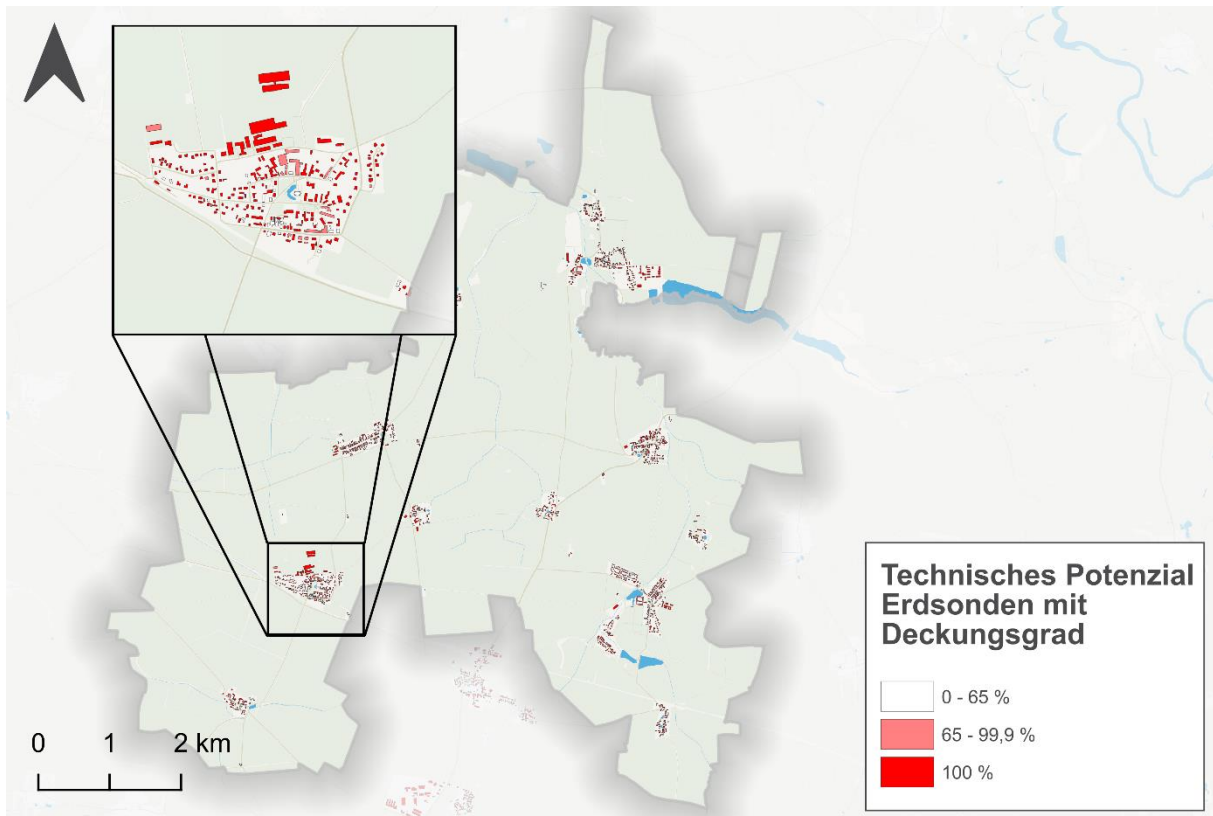


Abbildung 24: Technisches Potenzial von Erdsonden-Wärmepumpen mit Deckungsgrad

5.1.3.3.2 Erdkollektoren-Wärmepumpen

Ähnlich wie bei Erdsonden wurden zur Bestimmung des theoretischen Potenzials Ausschluss- und Abstandsflächen sowie örtliche Gegebenheiten berücksichtigt. Abbildung 25 zeigt das theoretische Potenzial durch Erdkollektoren aller möglichen Flächen im Siedlungsgebiet von Schönwölkau.

Analog zum technischen Potenzial der Erdsonden wurde auch bei Erdkollektoren das Potenzial als möglicher Deckungsgrad berechnet. Die abdeckbaren Anteile am Wärmebedarf der Gebäude sind in Abbildung 26 veranschaulicht.

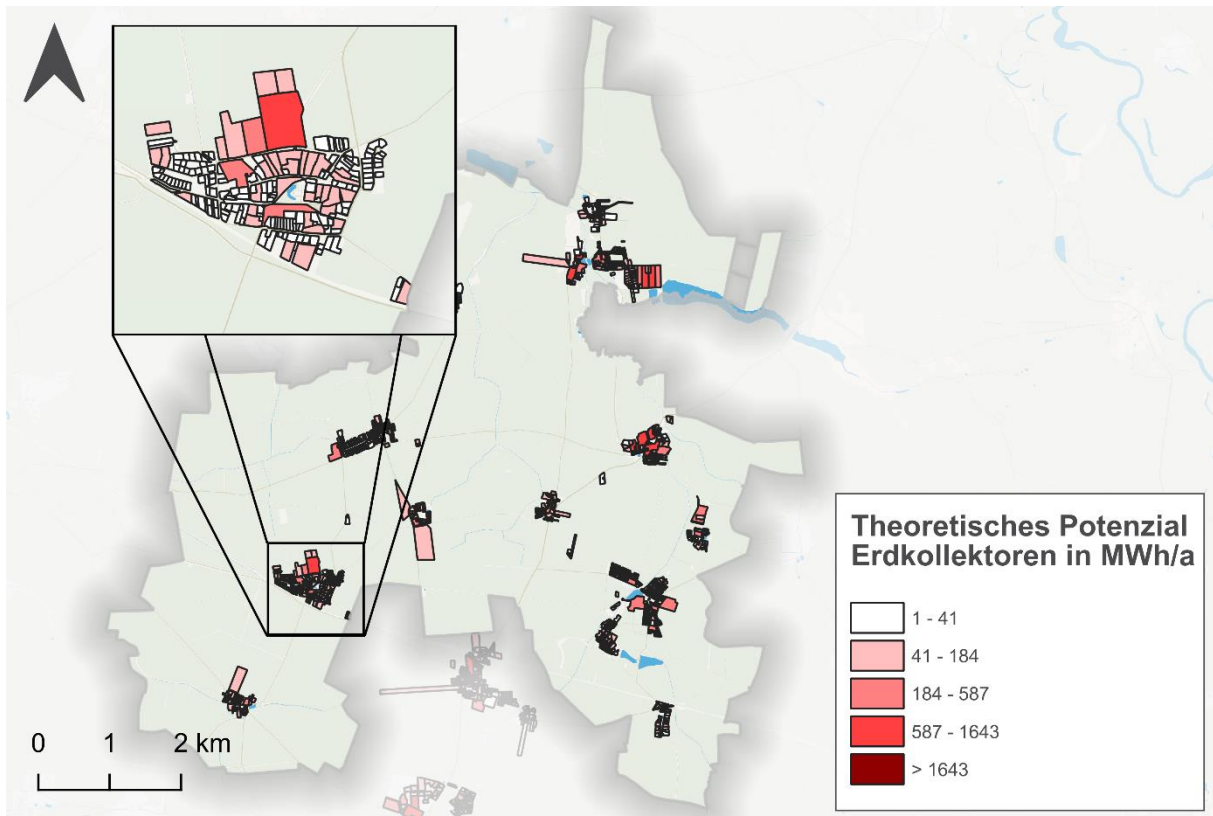


Abbildung 25: Theoretische Potenzialflächen für Erdkollektoren-Wärmepumpen in Schönwölkau

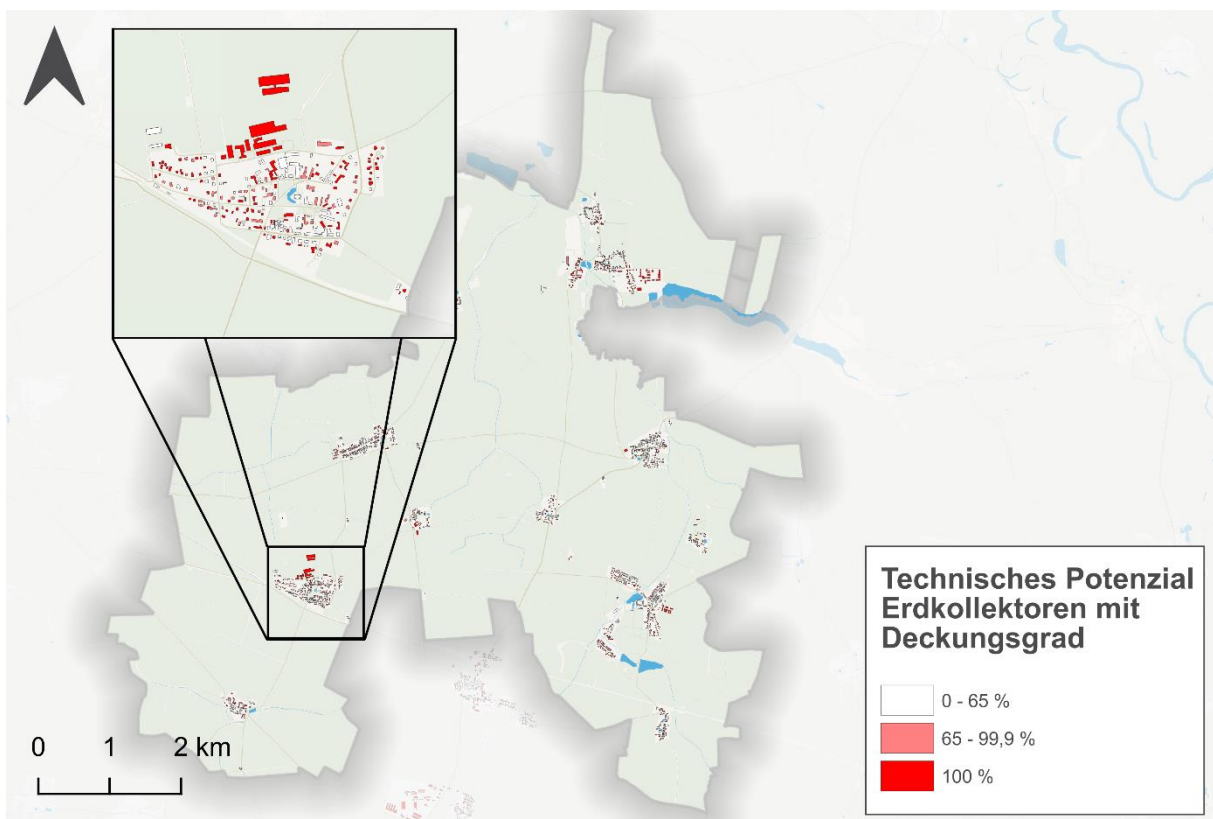


Abbildung 26: Technisches Potenzial von Erdkollektoren-Wärmepumpen mit Deckungsgrad

5.1.4 Zentrale Wärmepumpen

Zentrale Geothermie ist dadurch gekennzeichnet, dass gewonnene Erdwärme in ein Wärmenetz eingespeist wird. Dadurch können im Falle tiefer Geothermie ganze Städte, Stadtviertel sowie Großabnehmer mit Wärme versorgt werden. Die oberflächennahe, zentrale Geothermie zielt in der Regel auf die Versorgung von Quartieren oder Gebäudenetzen ab. Zentrale Geothermie ist unabhängig von Wettereinflüssen verfügbar und kann ganzjährig ununterbrochen Wärme liefern.

5.1.4.1 Oberflächennahe zentrale Geothermie

Für die Bestimmung des zentralen oberflächennahen Geothermiekpotenzials werden analog zur dezentralen Geothermie und zur Freiflächenanalyse für Solarenergie zunächst Ausschlussflächen für Erdsondenfelder definiert. Anschließend werden mithilfe des Geothermieatlas Sachsen potenzielle Entzugsleistungen für die verbleibenden Flächen analysiert (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2025).

Die angewendeten Ausschlussflächen umfassen:

- bereits baulich, wasser- oder forstwirtschaftlich genutzte Flächen,
- Flächen mit Einschränkungen durch Natur-, Wasser-, Arten-, Denkmal- oder Hochwasserschutz,
- landwirtschaftliche Flächen mit einem Bodenwert unter 40 (zur Minimierung von Nutzungskonflikten),
- Siedlungsgebiete (Wohn-, Gewerbe-, Misch-, Industriegebiete),
- Verkehrsflächen,
- (geschützte) Waldflächen,
- Gewässer,
- Wasser- und Heilquellenschutzgebiete,
- festgesetzte Überschwemmungsgebiete,
- Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete,
- Natur-, Bau-, Garten- und Kulturdenkmale,
- eine Pufferfläche von mindestens 50 m um die genannten Ausschlussflächen.

Zudem wird eine Mindestgröße für Erdsondenfelder von 10 Bohrungen mit einem Bohrabstand von 10 m vorausgesetzt. Nach Ausschluss dieser Flächen verbleiben Bereiche mit geringen Realisierungsrisiken, die als potenzielle Flächen für zentrale oberflächennahe Geothermie betrachtet werden. Diese sind in Abbildung 27 nach spezifischer Entzugsleistung kategorisiert dargestellt.

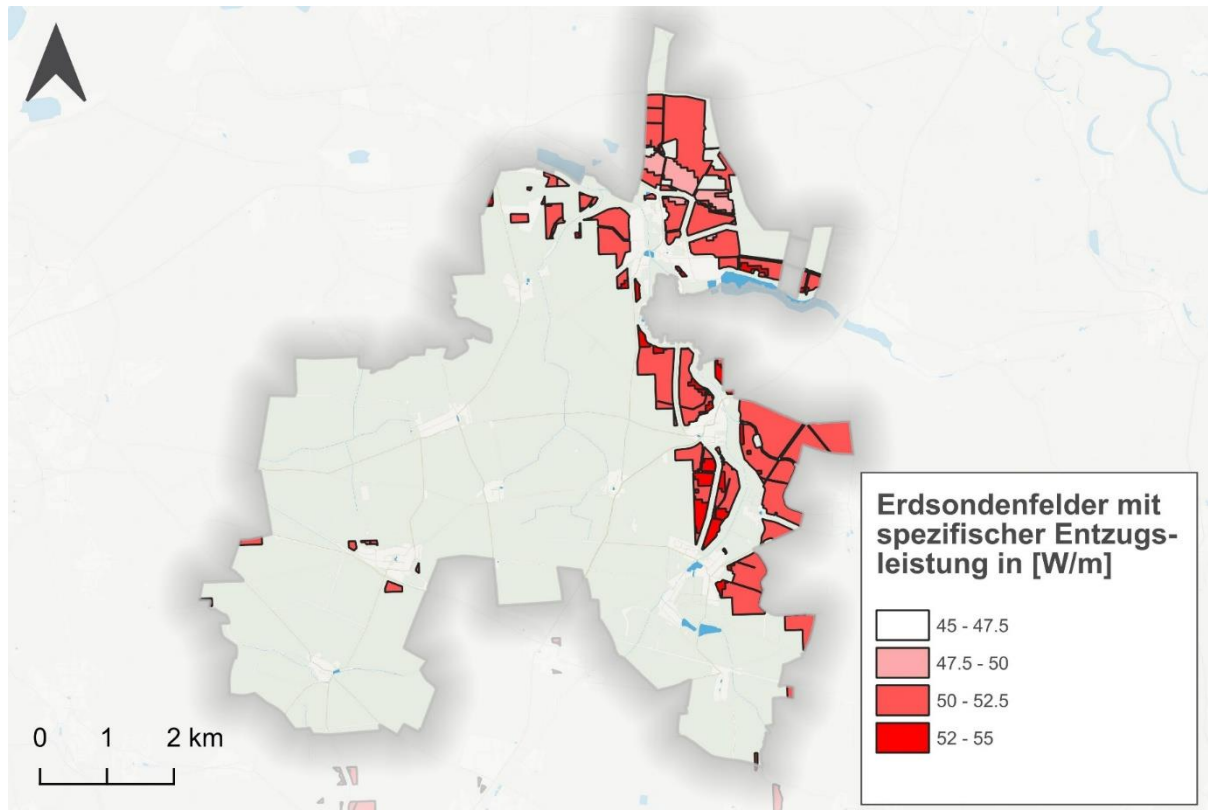


Abbildung 27: Potenzialflächen für zentrale Geothermiefelder

Um eine Aussage über die mögliche geothermische Entzugsenergie und eine potenzielle Wärmeleistung dieser Potenzialflächen treffen zu können, werden folgende Berechnungsparameter angewendet:

- Flächenabschlag: 30%
- Flächenbedarf je Bohrung 100 m²
- durchschnittliche Bohrtiefe 100 m
- COP der Wärmepumpe 3,5

Für die identifizierte Potenzialfläche von 6.286.943 m² beziffert sich die potenzielle gesamte Wärmemenge auf ca. 869,8 GWh/a.

5.1.4.2 Tiefe zentrale Geothermie

Neben der zentralen oberflächennahen Geothermie besteht als weitere zentrale Wärmequelle die Möglichkeit der Tiefengeothermie. Hierbei werden Bohrungen in Tiefen von 2.000 bis 4.000 m vorgenommen, um tiefengeothermische Wärmeströme zur Wärmegewinnung zu nutzen. Solche technisch aufwändigen und kostenintensiven Bohrungen sind jedoch nur dann effizient, wenn die geologischen Bedingungen – insbesondere das Vorhandensein von Aquiferen in der relevanten Tiefe – gegeben sind (Bundesverband Geothermie, 2023).

Diese sind in Deutschland zum Beispiel im Norddeutschen Becken, im Molassebecken und im Oberrheingraben zu finden (Daten: Bundesverband Geothermie, Veröffentl.: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2022). Außerhalb dieser Gebiete werden nur vereinzelt Projekte realisiert.

Für die Potenzialbestimmung tiefer Geothermie werden mit GeotIS Standortdaten bestehender Anlagen, Energieproduktionsdaten sowie Übersichtskarten zu Bodentemperatur und geothermischen Potenzialen (hydrothermisch/petrothermisch) herangezogen. (Geophysik). Auf Basis dieser Übersichtskarten ist festzustellen, dass im Untersuchungsgebiet kein nachgewiesenes oder vermutetes (zukünftig verfügbar) hydrothermisches Potenzial vorliegt. Es liegt lediglich ein petrothermisches Potenzial vor (Abbildung 28). In der Abbildung sind auch die im beplanten Gebiet ermittelten Potenzialflächen zur Aufstellung der Anlagentechnik für die Tiefengeothermie dargestellt.

Zur Ermittlung des tiefeingeothermischen Potenzials wird die mittlere terrestrische Wärmestromdichte in Deutschland mit der Gesamtfläche des beplanten Gebiets und mit den typischen Vollbenutzungsstunden einer Geothermieranlage multipliziert (LIAG, 2016; AGFW e. V., 2023). Das Ergebnis ist die nutzbare thermische Mindestleistung und die zugehörige jährliche Wärmemenge, die langfristig mindestens zur Verfügung steht, ohne das geothermische Reservoir auszukühlen.

Für Schönwölkau beträgt der potenzielle Mindestwärmeertrag durch petrothermale Geothermie etwa 19,27 GWh/a

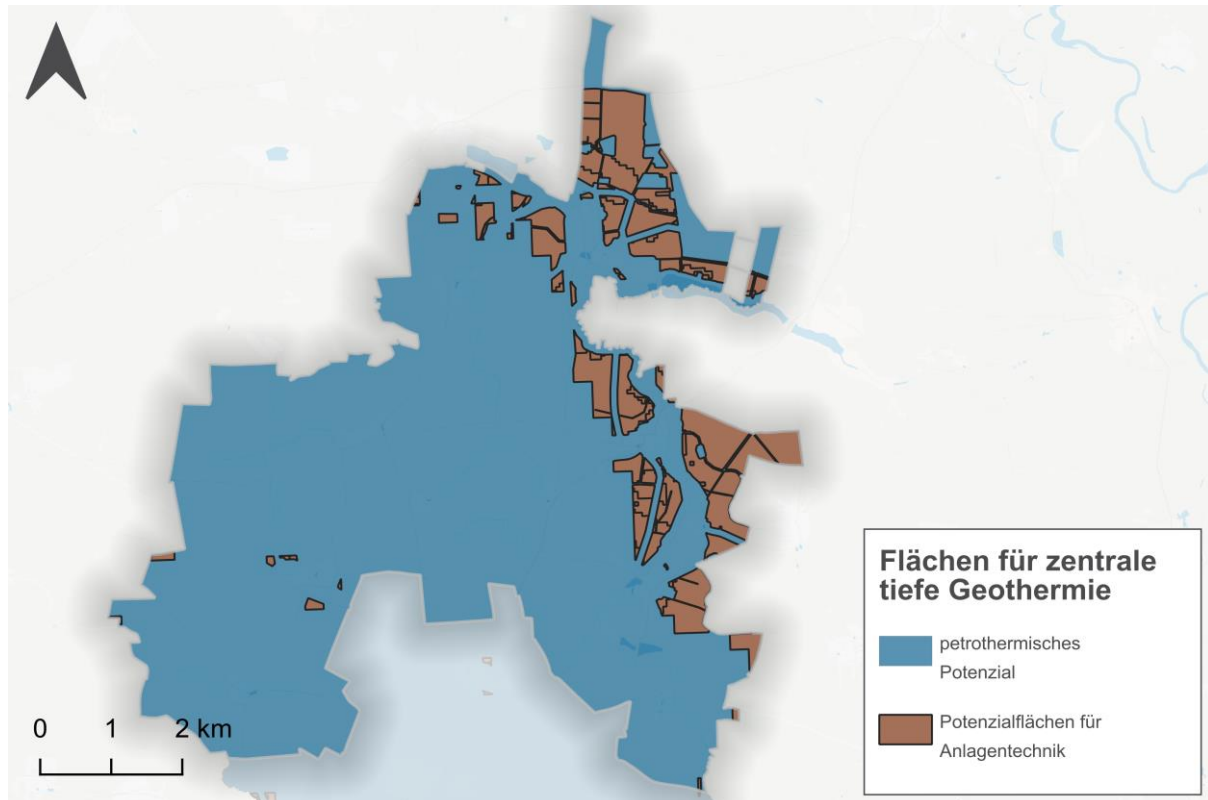


Abbildung 28: Grundsätzliche Potenzialflächen für Tiefengeothermie

Im Gegensatz zu hydrothermischen Potenzialen ist die Nutzung von petrothermischen Potenzialen bisher keine markterprobte Technologie. Derzeit sind in Sachsen keine kommerziellen petrothermischen Anlagen in Betrieb, und auch deutschlandweit existieren bisher nur Probeanlagen. Das identifizierte Potenzial stellt daher ein künftiges Potenzial für die zentrale Wärmebereitstellung dar. Im Rahmen der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung und bei Verfügbarkeit marktreifer Technologien sollte dieses Potenzial erneut detailliert untersucht werden.

5.1.5 Oberflächengewässer

Eine Möglichkeit der Wärmegewinnung aus der Umwelt ist die Nutzung von Wärme aus Oberflächengewässern. Nutzungspotenziale stehender und fließender Gewässer wurden auf Basis von Tiefe, Volumenstrom und Temperaturprofil bewertet.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich 26 Seen, wobei vier der stehenden Gewässer ein theoretisch nutzbares Wärmepotenzial von über 1,0 GWh/a aufweisen (Abbildung 29**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Aus den stehenden Gewässern ergibt sich ein theoretisches Gesamtpotenzial von ca. 28,1 GWh/a. Bei einer angenommenen Jahresarbeitszahl⁶ von 3 liegt das technisch nutzbare Potenzial bei bis zu 42,2 GWh/a.

Keines der Gewässer steht in Verbindung mit Bergbaubetrieb und wird daher als Grubengewässer ausgewiesen. Somit ergibt sich aus Grubenwasser kein Potenzial.

Im Untersuchungsgebiet befindet sich kein fließendes Gewässer höherer Gewässerkennung. Damit ergibt sich aus fließenden Gewässern hier kein Potenzial.

⁶ Die Jahresarbeitszahl beschreibt das Verhältnis von erzeugter Wärme zu eingesetzter Energie

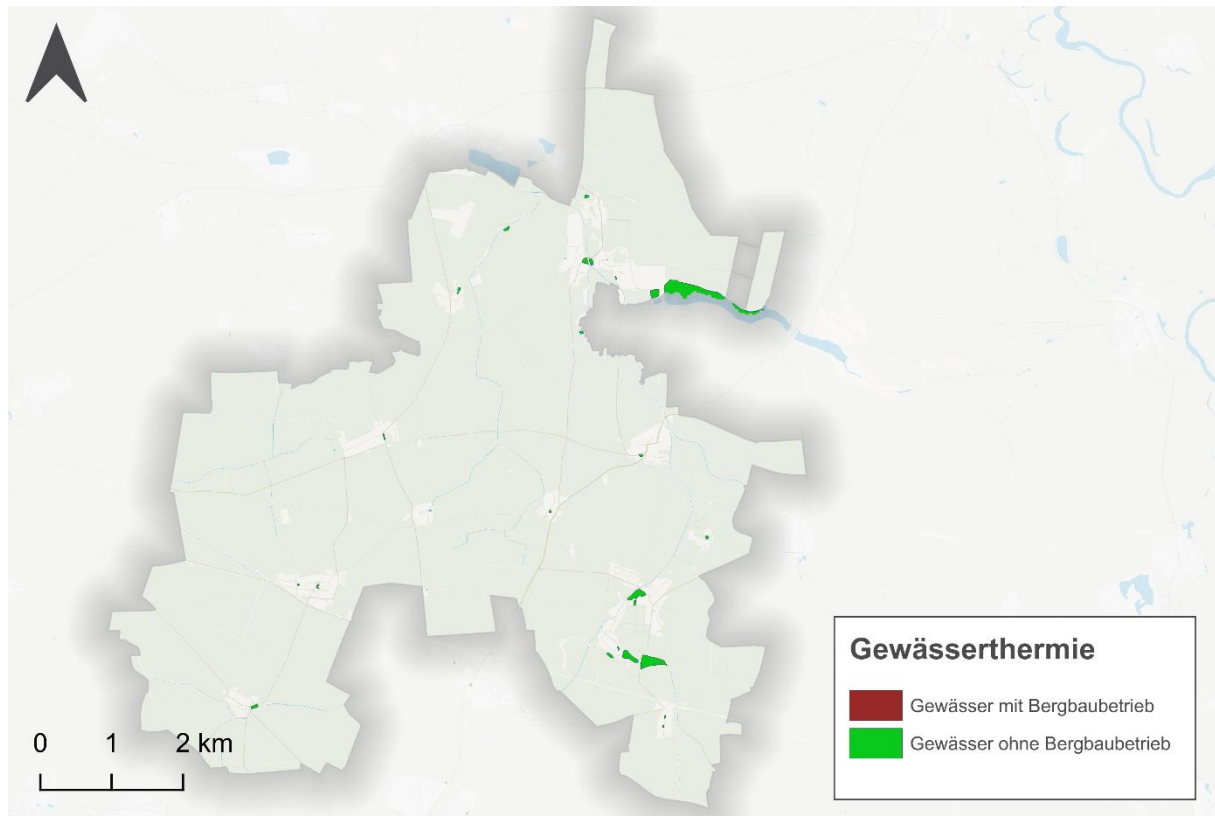


Abbildung 29: Übersicht der Oberflächengewässer im Untersuchungsgebiet

5.1.6 Biomasse (Reststoffe)

Biomasse umfasst grundsätzlich pflanzliche wie auch tierische Stoffe, welche entweder als Rest- und Abfallstoffe, als Nebenprodukte oder als Hauptprodukte für die Energieerzeugung in der Land- und Forstwirtschaft sowie nachfolgenden Verarbeitungsbranchen aufkommen können. Die konkrete Definition von Wärme aus Biomasse ist in § 3, Abs. 1, Nr. 15e) WPG festgelegt. Daraus geht hervor, dass Biomassebrennstoffe grundsätzlich die Nachhaltigkeitsanforderungen der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung erfüllen müssen und keine indirekte Landnutzungsänderung bedingen sollten.

Eine Intensivierung der energetischen Nutzung von Energiepflanzen oder Stammholz kann direkte Landnutzungsänderungen sowie Nutzungskonflikte um die verfügbaren Anbauflächen oder mit der stofflichen Biomassenutzung. Um diese Nutzungskonkurrenzen zu verringern, sollten primär lokale Rest- und Abfallstoffe zur Energieerzeugung genutzt werden.

Die Potenzialanalyse für Biomasse fokussiert daher auf die Ermittlung der im Untersuchungsgebiet vorliegenden lokalen Biomassepotenziale insbesondere Rest- und Abfallstoffe. Die Nutzung überregionaler Biomasseressourcen ist grundsätzlich möglich, steht jedoch ebenfalls im Wettbewerb mit anderen Nutzungen. Auch lokale Biomasseressourcen sind oft nur begrenzt verfügbar, da Nutzungskonflikte sowohl innerhalb als auch außerhalb des Untersuchungsgebiets auftreten können.

Im Untersuchungsgebiet wurden entsprechend dieser Prämisse folgende Biomassekategorien hinsichtlich ihres Angebotspotenzials untersucht:

- Waldrestholz von Waldflächen
- Stroh von landwirtschaftlichen Nutzflächen
- Exkrememente aus der Tierhaltung

Diese wurden eingehend geprüft und hinsichtlich eines Angebotspotenzials abgeschätzt. Für weitere Biomassepotenziale wurden keine eingehenden Untersuchungen durchgeführt.

Das Untersuchungsgebiet verfügt über 75,6 ha forstwirtschaftliche und 3.417,7 ha landwirtschaftliche Fläche. Diese sind in der nachfolgenden Abbildung 30 aufgeführt.

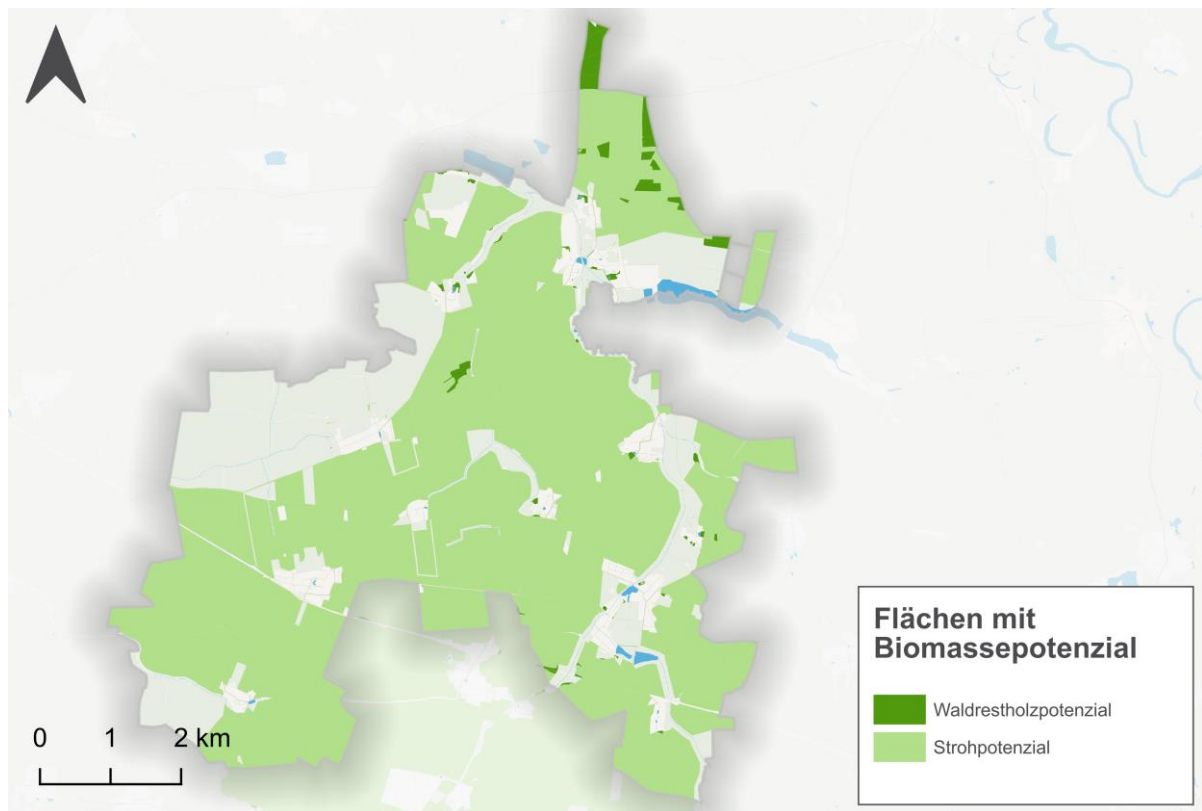


Abbildung 30: Forst- und landwirtschaftliche Flächen mit Potenzial für die Gewinnung von Biomassereststoffen

Für das Potenzial auf Basis tierischer Exkrememente lassen sich auf Basis der Angaben des Veterinäramts folgende Tierbestandszahlen festhalten (Tabelle 8).

Tabelle 8: Tierbestand in Zahlen

Tierart	Anzahl
Geflügel	1.206
Schafe	102
Schweine	32
Ziegen	14
Rinder/Milchkühe	1.783

Auf der Datengrundlage der identifizierten forst- und landwirtschaftlichen Flächen sowie der Tierbestandszahlen können mithilfe spezifischer Ertragskennwerte energetische Angebotspotenziale ermittelt werden.

Im Ergebnis ergibt sich auf Basis dieser Parameter ein theoretisches lokales Biomassepotenzial von ca. 10,4 GWh/a (Abbildung 31). Davon ist der Großteil auf Stroh aus der Landwirtschaft zurückzuführen.

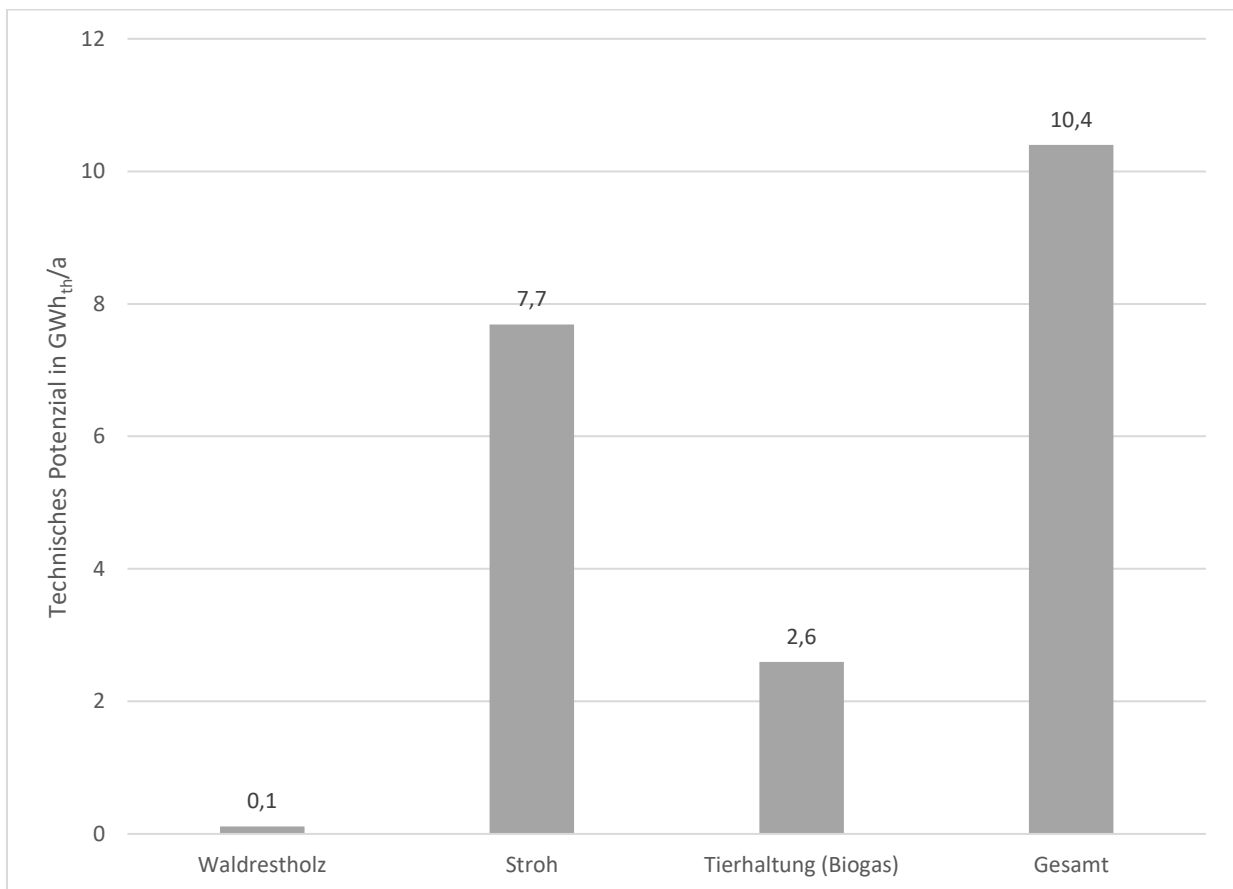


Abbildung 31: Biomassepotenziale für Wärme im Untersuchungsgebiet

Bei diesem Ergebnis handelt es sich um theoretische Potenziale, welche bereits teilweise energetisch oder stofflich genutzt werden könnten. Um diese Potenziale möglichst kosteneffizient zu erschließen, ist es notwendig, die Ressourcen zentral zu sammeln, zu verarbeiten und zu verwerten.

Für eine detaillierte Bestimmung des noch ungenutzten energetischen lokalen Biomassepotenzials sollten die land- und forstwirtschaftlichen Flächeneigentümer sowie die bewirtschaftenden Akteure im Untersuchungsgebiet identifiziert und hinsichtlich ihres Potenzials befragt werden. Auf dieser Basis kann gemeinsam mit den Akteuren eine potenzielle Sammlung und energetische Verwertung der lokalen Biomasseressourcen entwickelt werden.

5.1.7 Abwasserwärme aus der Kläranlage

Im Untersuchungsgebiet befinden sich vier Kläranlagen (Wölkau, Badrina, Hohenroda und Lindenhayn). Da der Klärschlamm der Kläranlage Wölkau bereits verwertet wird, wird diese Anlage in der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Die Ergebnisse der verbleibenden Kläranlagen sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Für die Berechnung wurde ein durchschnittlicher Heizwert für Klärschlamm mit einer Restfeuchte von 70 % von 2.000 kJ/kg angenommen. Zudem wurde ein thermischer Nutzungsgrad für die Klärschlammverbrennung von 0,85 und ein Wasserverbrauch pro Kopf von 200 l/d zugrunde gelegt.

Tabelle 9: Potenziale aus Kläranlagen

	Wölkau	Badrina	Hohenroda	Lindenhayn
Jährl. Anfallende Menge Klärschlamm [kg]	Bereits anderweitig in Benutzung	6.000	12.000	7.000
Potenzial für Klärschlammverbrennung [MWh/a]		2,8	5,7	3,3
Kapazität in Einwohnergleichwerten bezogen auf den Wasserverbrauch	600	400	800	400
Abwärmepotenzial aus Abwasserwärme [MWh/a]	11,6	7,8	15,7	7,9

5.1.8 Abwasserwärme aus dem Kanalnetz

Im Untersuchungsgebiet existieren keine Kanäle, die den technischen und rechtlichen Vorgaben für die Gewinnung von Abwärme aus Abwasser entsprechen. Daher kann hier kein Potenzial ausgewiesen werden.

5.2 Potenzial für erneuerbare Stromquellen

5.2.1 Photovoltaik auf Gebäudedächern

Die ermittelten Potenzialflächen stimmen hier direkt überein mit denen, die bereits im Kapitel der Solarenergie auf Dachflächen betrachtet wurden. Die Ergebnisse der Ertragsberechnung für Dachflächen PV auf diesen Dachflächen ist in dem Kapitel zu finden (siehe 5.1.1).

5.2.2 Photovoltaik auf Freiflächen

Die ermittelten Potenzialflächen stimmen hier direkt überein mit denen, die bereits im Kapitel der Freiflächen-Solarthermie betrachtet wurden. Die Ergebnisse der Ertragsberechnung für Freiflächen PV auf diesen Flächen ist in Tabelle 10 zusammengefasst.

Tabelle 10: Ergebnisse der Potenzialberechnung für Photovoltaik auf Freiflächen

	Fläche [ha]	Jahresertrag PV [GWh/a]
Konventionelle PV (auf Unland und Agrarflächen mit geringem Bodenwert)	80	63
Konventionelle PV (auf nach EEG geförderten Flächen)	297	232
Agri-PV	1.530	387
Floating-PV	-	-

5.2.3 Windkraftanlagen

Windenergieanlagen zählen zu den leistungsstärksten Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien, da sie auf geringer Fläche hohe Stromerträge ermöglichen und damit einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung leisten können. In Schönwölkau gibt es bereits bestehende Windenergieanlagen im Westen des Gemeindegebiets.

Zusätzlich wurden weitere Potenzialflächen im Untersuchungsgebiet bestimmt. Dafür wurden alle Flächen ausgeschlossen, auf denen die Errichtung von Windenergieanlagen gesetzlich nicht möglich ist. Dazu gehören unter anderem Schutzgebiete, geschützte Waldflächen und Gebiete in einem Bereich von 1.000 m um Wohnbebauung.

Die verbleibenden Flächen sind in Abbildung 32 dargestellt.

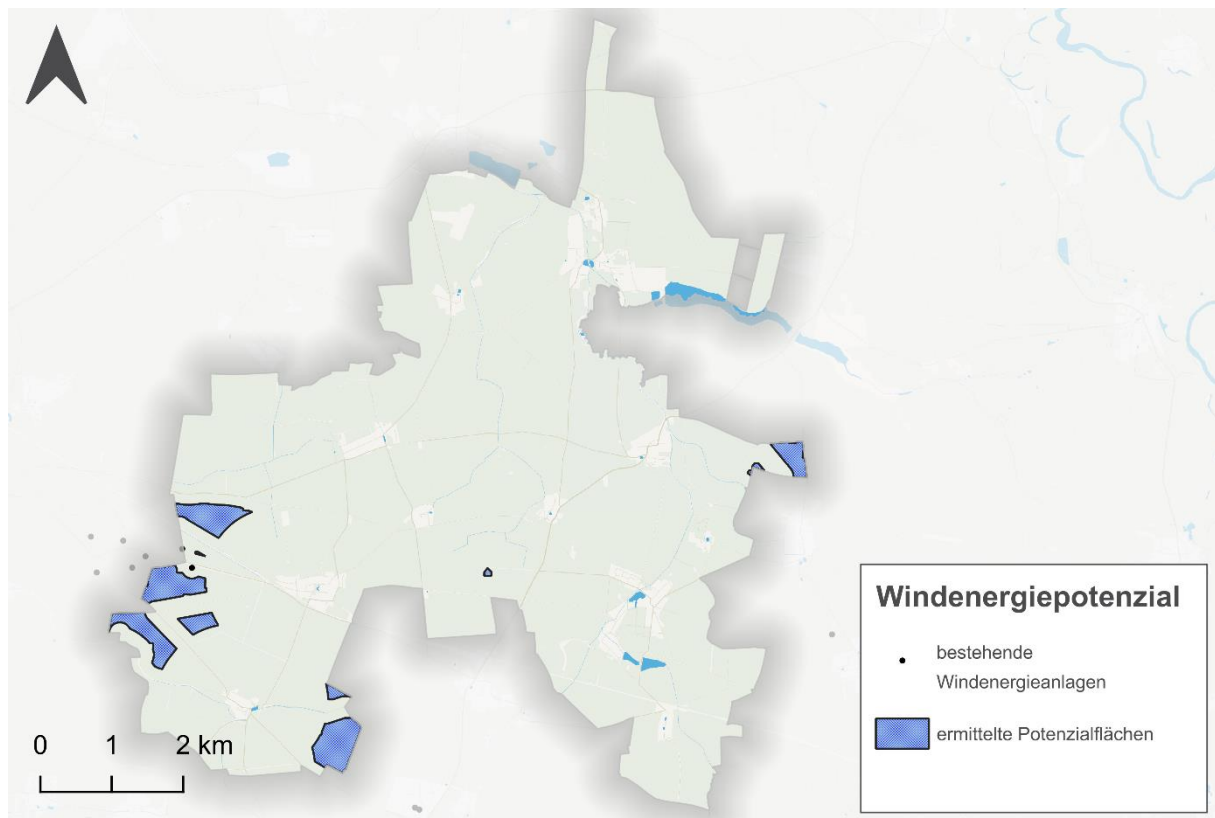


Abbildung 32: Potenzialflächen für Windenergie im Untersuchungsgebiet

Im Rahmen der Untersuchung wurden Windenergieanlagen mit Nabenhöhen zwischen 100 und 200 m betrachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass mit zunehmender Nabenhöhe die Anzahl der potenziell realisierbaren Anlagen deutlich abnimmt. Gleichzeitig führt die mit der Höhe zunehmende Windgeschwindigkeit zu einem steigenden Gesamtenergieertrag je Anlage. Die in Deutschland überwiegende Art von Windenergieanlagen haben eine Nabenhöhe zwischen 140 und 180 m.

Die Ergebnisse der Potenzialberechnung aller theoretischen Flächen und betrachteter Nabenhöhen sind in Abbildung 33 dargestellt.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Einflugschneise des Flughafens Leipzig/Halle. Es kann dadurch zu starken Einschränkungen im betrachteten Windenergiepotenzial kommen, da rechtliche und sicherheitstechnische Aspekte hier eine große Rolle spielen. Insbesondere kann hierbei die Gesamthöhe der Windenergieanlage deutlich beschränkt werden.

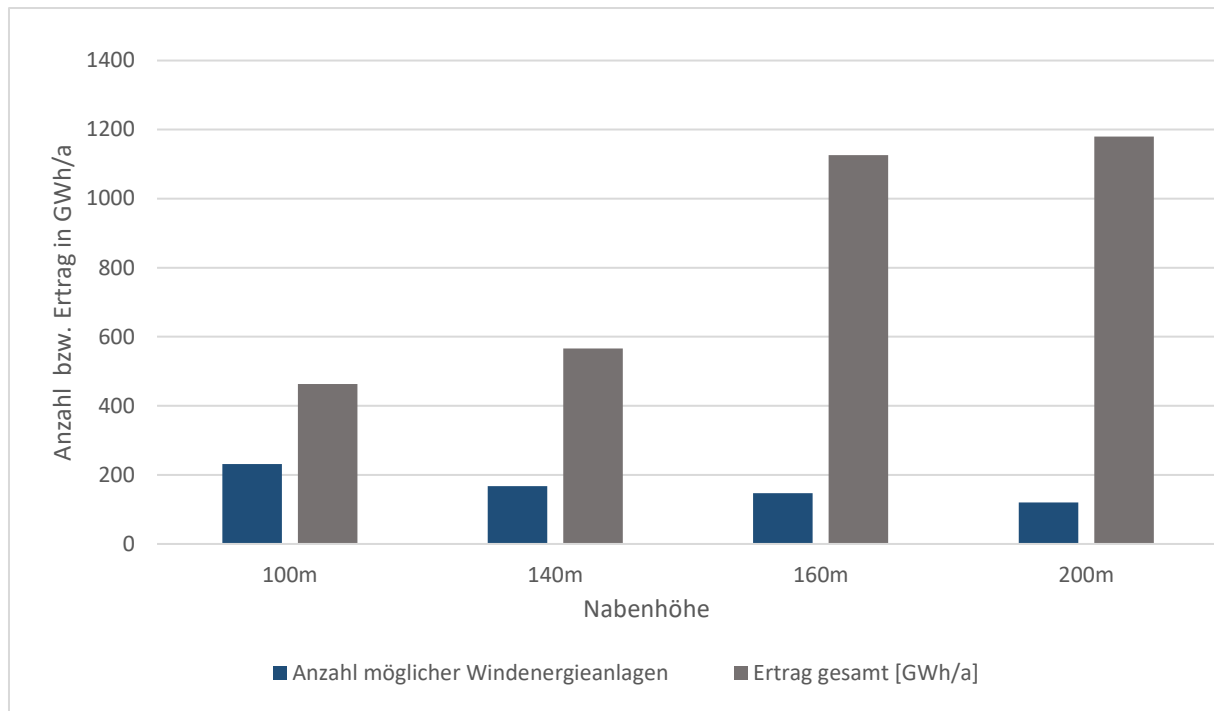


Abbildung 33: Ergebnisse der Potenzialberechnung für Windenergie im Untersuchungsgebiet

5.3 Unvermeidbare Abwärme aus Industrie und KWK-Anlagen

Potenziale für unvermeidbare Abwärme bestehen in der Regel in denselben Industriezweigen, in denen auch Prozesswärme vorliegt oder größere Feuerungsanlagen stehen. Ähnlich wie bei der Prozesswärme hängen die Temperatur und die Menge der verfügbaren Abwärme stark vom jeweiligen Produktionsprozess ab und können zudem durch Produktionsschwankungen beeinflusst werden. Aufgrund dieser individuellen Gegebenheiten wird für die Identifikation von Abwärmepotenzialen die gleiche Vorgehensweise wie bei der Ermittlung von Reduktionspotenzialen an Prozesswärme angewendet.

Auf Basis des Marktstammdatenregisters und des Registers für meldepflichtige Anlagen nach 44.BImSchV konnten in Schönwölkau folgende Unternehmen mit möglichen Abwärmepotenzialen identifiziert werden:

- Leinemilch GmbH
- Agrargenossenschaft Hohenroda eG
- Sauenhaltung Thierbach GmbH

Alle drei Unternehmen betreiben Biogas-KWK-Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung mit einer thermischen Gesamtleistung von ca. 2.555 kW. Unter Annahme von ca. 4.000 Vollbenutzungsstunden beträgt die potenzielle Abwärmemenge ca. 10.220 MWh/a. Sollte die Abwärmenutzung aus einer dieser drei Biogasanlagen für die nähere Umgebung als mögliche Versorgungsoption in Betracht kommen, ist die konkrete Abwärmemenge, deren ganzjährige

Verfügbarkeit sowie der Auskopplungsaufwand zu ermitteln und weitere technische Details zu klären.

5.4 Großwärmespeicher

Wärmespeicher lassen sich nach Speicherdauer in saisonale sowie kurz- und mittelfristige Speicher unterteilen. Saisonale Speicher ermöglichen beispielsweise die Nutzung von Solarthermie aus dem Sommer für die Heizperiode, während kurz- und mittelfristige Speicher die Strom- und Wärmeerzeugung entkoppeln oder den Betrieb von Großwärmepumpen optimieren. In beiden Fällen wird meist Wasser als Speichermedium verwendet, angepasst an die Druckverhältnisse der Netze. Die Speicher können verschiedene Wärmenetze mit unterschiedlichen Anforderungen verbinden und so die Effizienz steigern.

Für große saisonale Speicher eignen sich vor allem Erdbeckenspeicher, Behälterspeicher oder Erdsondenfelder. Erdsondenfelder können im Winter als Wärmequelle und im Sommer als Speicher dienen. Erdbeckenspeicher benötigen viel Platz und einen ebenen Untergrund, bestehen aus Dämm- und Drainageschichten sowie mehreren Folienschichten und dürfen keinen Kontakt zum Grundwasser haben. Sie werden oben abgedeckt und können zusätzlich energetisch oder öffentlich genutzt werden, meist am Rand von Siedlungen. Behälterspeicher benötigen weniger Fläche und können auch in Siedlungszentren errichtet werden, sofern genügend Platz zur Verfügung steht.

Geeignete Standorte für saisonale Speicher liegen in der Nähe von Wärmeerzeugern oder Netzen. Grundsätzlich können alle Flächen genutzt werden, die nicht durch Ausschlusskriterien ausgeschlossen sind. Daher ergeben sich als potenzielle Flächen für große Wärmespeicher primär die Potenzialflächen für Solarthermie oder für Erdsondenfelder.

Für die kurz- und mittelfristige Speicherung von Wärme kommen Behälterspeicher zum Einsatz, meist überirdisch errichtete Metallzylinder, die mit einer entsprechenden Dämmung ausgestattet sind. Vorrangig kommt das bereits bestehende oder geplante Kraftwerksgelände für den Bau eines solchen Speichers in Frage.

5.5 Einsparpotenziale für Wärme

5.5.1 Energetische Gebäudesanierungen

Um den Einfluss einer zunehmenden energetischen Sanierung der Bestandsbauten, beispielsweise durch Dämmmaßnahmen, Fenstertausch oder Abluftwärmenutzung auf die bisherigen Betrachtungen aufzuzeigen, wurde auf Grundlage des ermittelten Gebäudealters, der berechneten Bedarfe sowie der realen Verbrauchsdaten eine Hochrechnung des Sanierungspotenzials aller erfassten Objekte im Untersuchungsgebiet vorgenommen.

Im Ergebnis zeigt sich, dass durch eine umfassende Sanierung der Gebäude auf ein konventionelles Sanierungsniveau nach IWU bis zu 7,7 GWh/a an Raumwärme und Trinkwarmwasserbedarf eingespart werden könnten. Dies entspricht ca. 22 % des

gegenwärtigen Wärmebedarfs für diese Bereiche. Je nach Sektor ergeben sich unterschiedliche Einsparpotenziale (siehe Abbildung 34):

- Im Bereich der Wohngebäude können voraussichtlich ca. 19 % eingespart werden,
- im Sektor der Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe ca. 24 %,
- und im öffentlichen Gebäudebereich ca. 44 %.

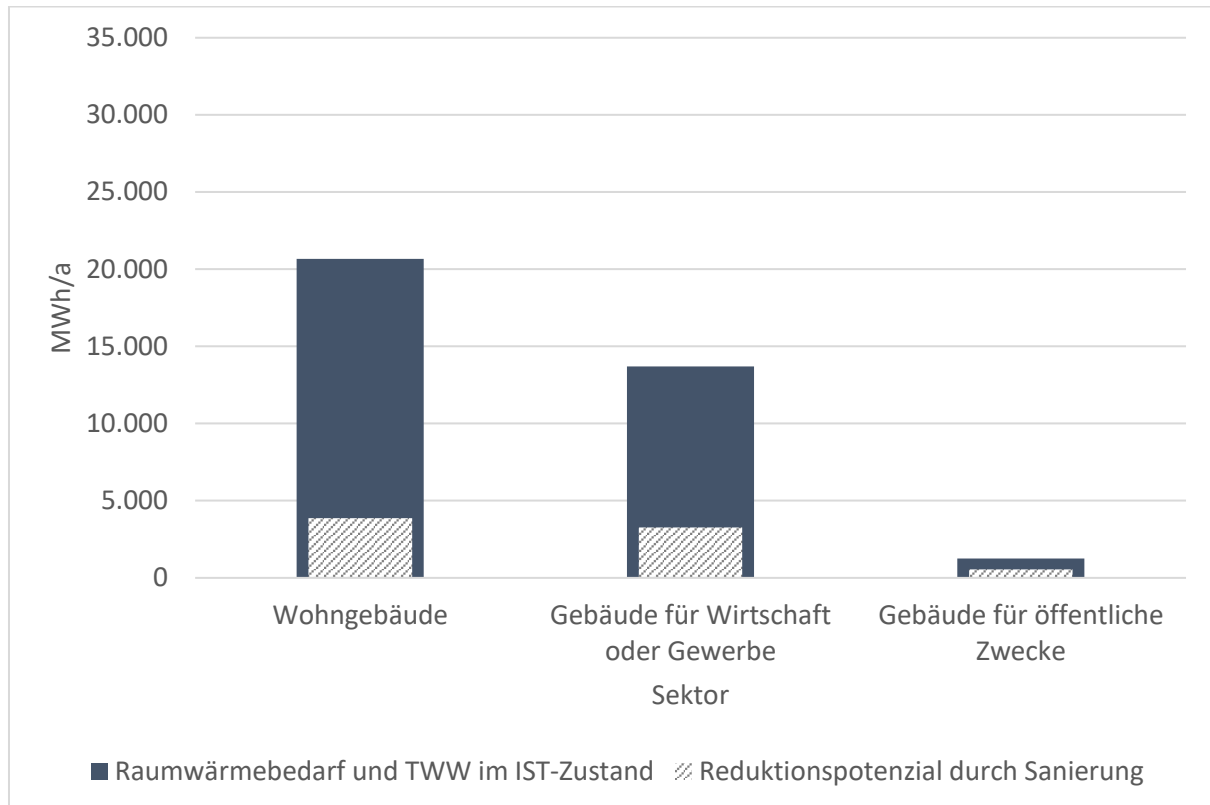


Abbildung 34: Reduktionspotenzial durch Sanierung

Bei Annahme eines durchschnittlichen Wärmepreis von 11 ct/kWh, kann eine Reduktion des Wärmebedarfs um 1.000 kWh/a ca. 110 Euro pro Jahr einsparen. Die potenzielle Einsparung wäre mit den Kosten einer korrekten Sanierungsmaßnahme zu vergleichen.

5.5.2 Effizienz in Prozessen

Die energetische Optimierung von wärmebasierten industriellen Prozessen bietet grundsätzlich Potenziale zur Reduktion des Prozesswärmebedarfs. Die erreichbaren Reduktionspotenziale sind jedoch nur individuell bestimmbar, da sie vom jeweiligen Prozess und dessen Ausgestaltung abhängen.

Im Rahmen der Untersuchung konnten auf Basis der Rückmeldungen der befragten Unternehmen keine konkreten Reduktionspotenziale für Prozesswärme durch Effizienzmaßnahmen identifiziert werden.

5.6 Zwischenfazit Potenzialanalyse

Im ländlichen Raum, wie er für die Gemeinde Schönwölkau charakteristisch ist, bestehen im Vergleich zu verdichteten städtischen Gebieten besondere Vorteile hinsichtlich der Potenziale zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Insbesondere stehen deutlich mehr Flächen für die Nutzung erneuerbarer Energien zur Verfügung. Dies betrifft vor allem Freiflächen für Photovoltaik, Solarthermie, Windkraft und Geothermie, die in städtischen Gebieten aufgrund der hohen Flächenkonkurrenz und Bebauungsdichte nur eingeschränkt nutzbar sind.

Die geringere Bebauungsdichte sowie die landwirtschaftliche Prägung ermöglichen zudem die energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen, beispielsweise Stroh, Gülle oder Waldrestholz. Solche Potenziale sind in Städten kaum vorhanden. Auch die Installation von Wärmepumpen und geothermischen Anlagen ist im ländlichen Raum durch größere Grundstücke und weniger Nutzungskonflikte technisch einfacher umsetzbar.

Darüber hinaus bestehen weniger städtebauliche und rechtliche Restriktionen, etwa durch Denkmalschutz, Verschattung oder komplexe Eigentumsverhältnisse. Dies erleichtert die Umsetzung von Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und kann zu einer höheren Flexibilität und Kosteneffizienz führen. Die genannten Vorteile spiegeln sich in den im Rahmen dieser Potenzialanalyse ausgewiesenen hohen Potenzialen für die Gemeinde wider.

Die Abbildung 35 und Abbildung 36 zeigen den potenziellen Deckungsgrad des gegenwärtigen gesamten Wärmebedarfs von ca. 45 GWh/a in Schönwölkau durch die untersuchten dezentralen und zentralen Potenzialkategorien in Prozent.

Dabei wird deutlich, dass die höchsten Potenziale im Bereich der Wärmeerzeugung bei der Freiflächen-Solarthermie und der zentralen oberflächennahen Geothermie liegen. Beide könnten den Wärmebedarf rechnerisch zu mehr als 100 % decken. Wie in den entsprechenden Abschnitten beschrieben, müssen hierbei jedoch Flächenkonkurrenzen zu anderen Nutzungen (insbesondere Landwirtschaft) sowie saisonale Effekte bei der Solarthermie berücksichtigt werden. Die oberflächennahe Geothermie kann zudem als saisonaler Speicher für die Solarthermie dienen.

Das größte Potenzial für die Stromerzeugung liegt in der Windenergie. Auch hier sind Flächenkonkurrenzen, insbesondere zur solaren Nutzung von Freiflächen, sowie saisonale Effekte zu beachten.

Neben den zentralen Potenzialen zeigen sich auch dezentrale Potenziale, die bei flächendeckender Umsetzung einen Großteil des Wärmebedarfs decken könnten. Hierzu zählen insbesondere Wärmepumpen mit Nutzung von Umweltwärme aus Luft oder Erdreich. Auch das Strompotenzial aus Dachphotovoltaik weist einen hohen bilanziellen Deckungsgrad auf, vorausgesetzt, es erfolgt ein Ausgleich über saisonale Speicher und eine direkte Umwandlung des PV-Stroms in Wärme.

Durch eine Reduktion des Wärmebedarfs über energetische Sanierung kann der zu deckende Gesamtwärmebedarf weiter gesenkt werden, wodurch die möglichen Deckungsgrade nochmals gesteigert werden.

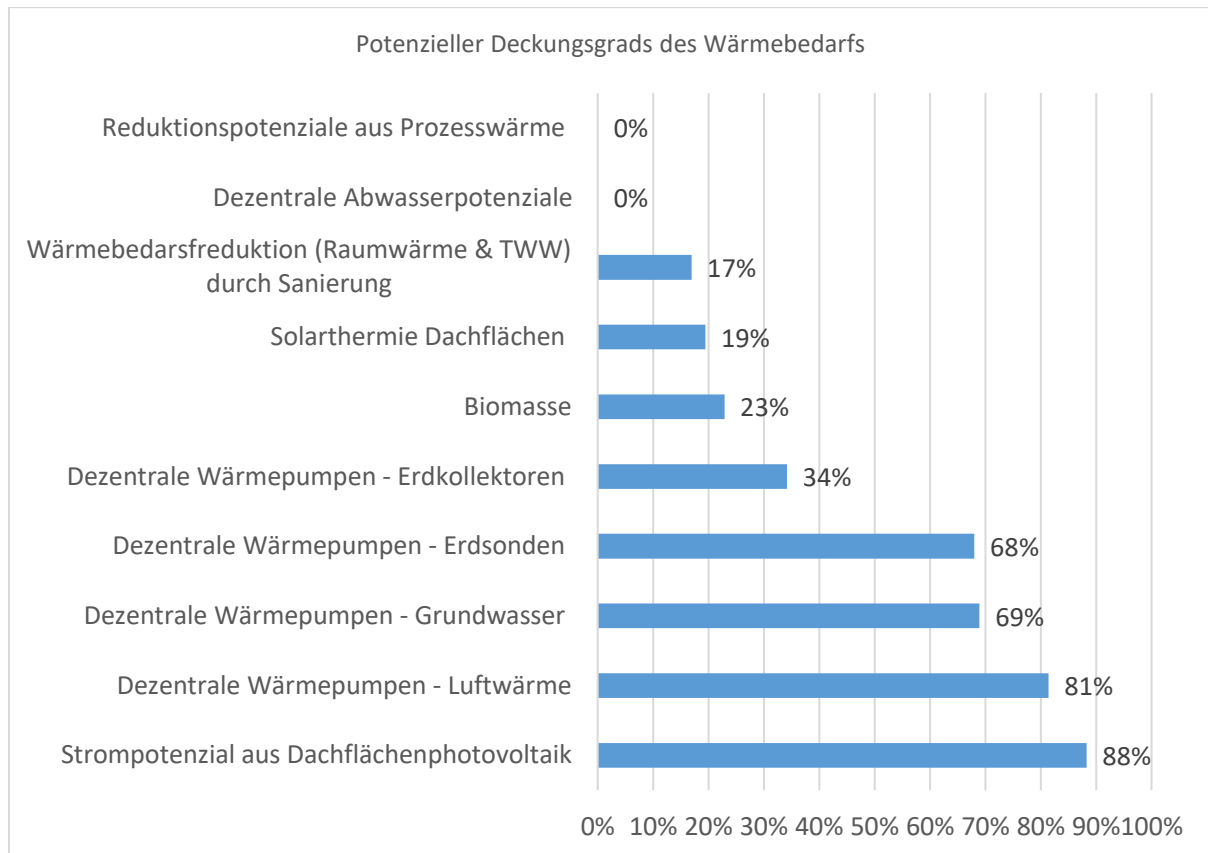


Abbildung 35: Potenzieller Deckungsgrad des Wärmebedarfs durch dezentrale Potenziale

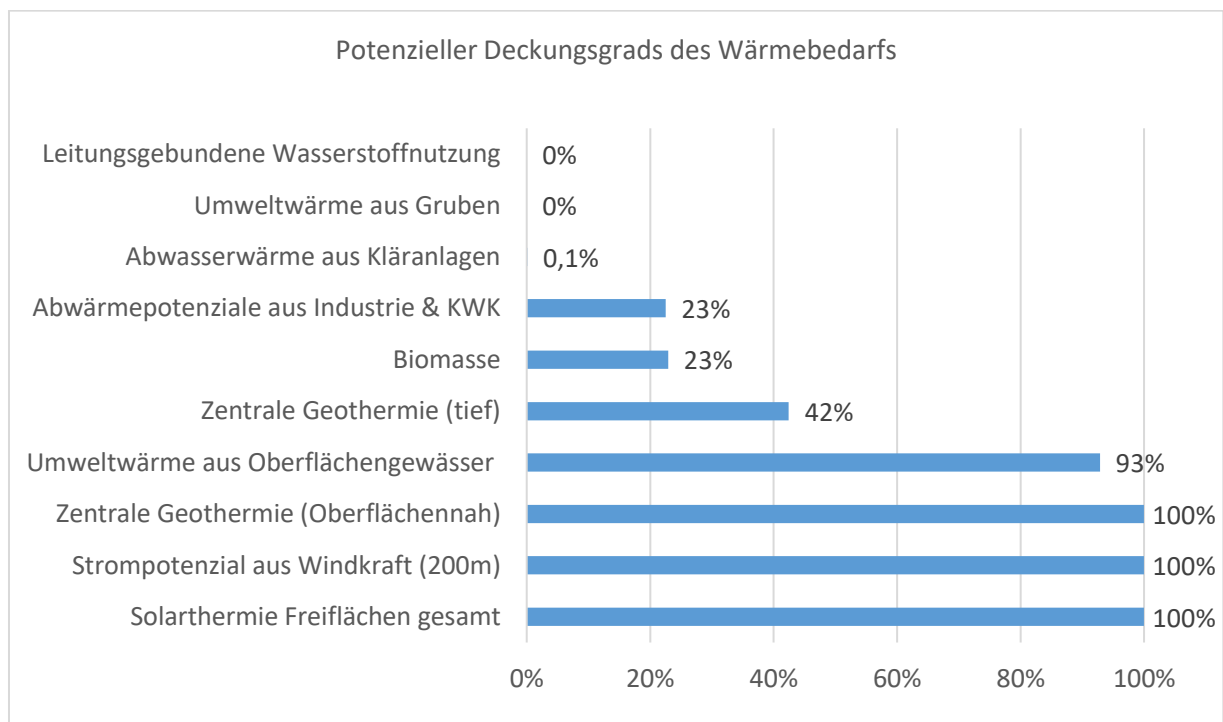


Abbildung 36: Potenzieller Deckungsgrad des Wärmebedarfs durch zentrale Potenziale

Abseits des möglichen Deckungsgrads hat jede Potenzialart individuelle Besonderheiten und Herausforderungen bei der Realisierung. So sind bspw. Solar und Windbasierte Potenziale schwankend und benötigen Speicherinfrastruktur. Weiterhin benötigen die Potenzialarten unterschiedlich viel Platz oder stehen in Nutzungskonkurrenz zu bereits bestehenden Nutzungsarten. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** wird dementsprechend eine kurze qualitative Einordnung pro Potenzial hinsichtlich seiner potenziellen Energiemenge und einer möglichen Realisierung gegeben.

Tabelle 11: Einordnung der dezentralen Potenziale

Dezentrale Potenziale	Einordnung
Wärmebedarfsreduktion an Raumwärme & TWW durch Sanierung	Geringes Gesamtpotenzial, aber Senkung des zu deckenden Wärmebedarfs
Dezentrale Erdsonden	Hohes Potenzial, geringer Flächenbedarf
Dezentrale Erdkollektoren	Mittleres Potenzial, hoher individueller Flächenbedarf
Dezentrale Grundwasserwärme	Hohes Potenzial, Gefahr von Ressourcen Übernutzung
Dezentrale Luftwärme	Hohes Potenzial, an vielen Gebäuden nutzbar
Solarthermie auf Dachflächen	Ergänzendes Potenzial zur TWW-Bereitstellung / Heizungsunterstützung in vielen Gebäuden möglich
Lokale Biomassereststoffe	Geringes Gesamtpotenzial und ggf. bereits in Nutzung
Dezentrale Abwasserwärme	Kein Potenzial, da Kanäle nicht ausreichend groß
Wärmebedarfsreduktion an Prozesswärme	Potenzial nicht bekannt
Strompotenzial aus Dachflächenphotovoltaik	Hohes Potenzial (saisonal schwankend); an vielen Gebäuden nutzbar und in Wärmeenergie wandelbar
Einordnung:	

Hohes Potenzial mit geringen Realisierungshemmnissen	Hohes bis mittleres Potenzial mit Realisierungshemmnissen	Geringes Potenzial und/oder hohe Realisierungshemmnisse	Kein Potenzial
--	---	---	----------------

Tabelle 12: Einordnung der zentralen Potenziale

Zentrale Potenziale		Einordnung	
Solarthermie Freiflächen		Hohes Potenzial (saisonal schwankend); ggf. Saisonalspeicher nötig; Nutzungskonkurrenz mit Landwirtschaft	
Zentrale Geothermie (Oberflächennah)		Hohes Potenzial; als Saisonalspeicher nutzbar; Nutzungskonkurrenz mit Landwirtschaft	
Zentrale Geothermie (tief)		Geringes Potenzial; keine kommerzielle Erfahrung mit petrothermaler Geothermie	
Lokale Biomassereststoffe		Geringes Gesamtpotenzial und ggf. bereits in Nutzung	
Abwärme aus Kläranlagen		Sehr geringes Gesamtpotenzial, ggf. in Kläranlagen selbst nutzbar	
Abwärmepotenziale aus Industrie & KWK		Geringes Potenzial aus KWK, aber ggf. aus industriellen Prozessen; zentrale Lage der Abwärmequelle	
Umweltwärme aus Oberflächengewässer		Geringes Potenzial; Nutzungskonkurrenz zu bestehenden Gewässernutzungen	
Umweltwärme aus Gruben		Kein Potenzial, da keine Gruben	
Windkraft		Hohes Potenzial (saisonal schwankend); eher zur Stromerzeugung und Netzeinspeisung; Nutzungskonkurrenz mit Landwirtschaft	
Einordnung:			
Hohes Potenzial mit geringen Realisierungshemmnissen	Hohes bis mittleres Potenzial mit Realisierungshemmnissen	Geringes Potenzial und/oder hohe Realisierungshemmnisse	Kein Potenzial

Abschließend lässt sich festhalten, dass Schönwölkau über ein breites und hohes potenzielles Angebot an erneuerbaren Wärmequellen verfügt. Für eine künftige treibhausgasneutrale Wärmeversorgung bietet sich daher ein Mix aus unterschiedlichen Optionen an.

Als ländliche Gemeinde hat Schönwölkau den Vorteil einer hohen Flächenverfügbarkeit. Die großen unbesiedelten Flächen im Gemeindegebiet ermöglichen ein erhebliches Energieangebot durch Freiflächenpotenziale. Zudem bietet die geringe Bebauungsdichte häufig ausreichend Platz für die Installation von Wärmepumpen, deren Technik stetig effizienter und leiser wird. Auch die Dachflächen bieten ein großes Potenzial, um Teile des Wärmebedarfs zu decken.

Mögliche Versorgungsoptionen sind daher häufig multivalente Systeme, wie beispielsweise die Kombination von Wärmepumpe oder Biomassekessel mit Photovoltaik und/oder Solarthermie.

Ausblick:

Im nächsten Schritt wird auf Basis der vorliegenden Bestands- und Potenzialanalyse ein Zielszenario für die klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045 entwickelt. Dieses Zielszenario wird die Entwicklungspfade für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 beschreiben und Indikatoren wie Endenergieverbrauch, Treibhausgasemissionen, Anteil erneuerbarer Energien und Anschlussquoten an Wärmenetze enthalten.

Die im Rahmen der Potenzialanalyse identifizierten Maßnahmen werden im Endbericht zu einer Umsetzungsstrategie mit konkreten Verantwortlichkeiten, Zeitachsen und Prioritäten weiterentwickelt. Dabei werden auch Synergien mit bestehenden Klimaschutzaktivitäten und Fördermöglichkeiten berücksichtigt.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsgebiet nach Ortsteilen	18
Abbildung 2: Untersuchungsgebiet nach Bereichen	19
Abbildung 3: Verteilung der Gebäudenutzung in der Gemeinde Schönwölkau	20
Abbildung 4: Baublöcke nach überwiegender Wohn- / Nichtwohngebäudeanzahl.....	21
Abbildung 5: Gebäudealter in der Gemeinde Schönwölkau	22
<i>Abbildung 6: Räumliche Verteilung Gebäudealter nach Baublöcken</i>	<i>23</i>
Abbildung 7: Bestehender Flüssiggasnetze in Schönwölkau.....	24
Abbildung 8: Standorte von Großverbrauchern von leitungsgebundenem Gas oder anderen Brennstoffen.....	25
<i>Abbildung 9: Anzahl und Nennwärmeleistung zentraler Heizungsanlagen</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung 10: Anzahl und Nennwärmeleistung von Einzelraumheizungen</i>	<i>26</i>
Abbildung 11: Anteil der Wärmeerzeugungsanlagen nach Alter	27
Abbildung 12: Verteilung Wärmebedarf Schönwölkau nach Sektoren und Wärmeart	28
Abbildung 13: Räumliche Verteilung absoluter Wärmebedarfe in Schönwölkau	29
Abbildung 14: Wärmeflächen- und Wärmelinienichten in Schönwölkau	30
Abbildung 15: Endenergieverbrauch für Wärme und THG-Emissionen nach Energieträger ...	32
Abbildung 16: Aktueller Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch von Wärme.....	34
Abbildung 17: Verteilung des Endenergieverbrauchs für Wärme und der Treibhausgasemissionen nach Sektoren	35
Abbildung 18: Spezifische solare Strahlungsenergie im Untersuchungsgebiet als Indikator für das Solarpotenzial auf Dachflächen	36
Abbildung 19: Solarer Deckungsgrad für die Nutzung von Solarthermie (technisches Potenzial).....	37
Abbildung 20: Potenzialflächen für Freiflächen PV und Solarthermie.....	38
<i>Abbildung 21: Umweltwärmepotenzial aus dezentralen Luftwärmepumpen</i>	<i>40</i>
Abbildung 22: Technisches Potenzial zu Grundwasserwärmepumpen-Nutzung je Gebäude .	41
Abbildung 23: Theoretisches Potenzial von Flächen zur Erdsonden Nutzung im Siedlungsbereich	42
Abbildung 24: Technisches Potenzial von Erdsonden-Wärmepumpen mit Deckungsgrad	43
Abbildung 25: Theoretische Potenzialflächen für Erdkollektoren-Wärmepumpen in Schönwölkau	44
Abbildung 26: Technisches Potenzial von Erdkollektoren-Wärmepumpen mit Deckungsgrad	44
<i>Abbildung 27: Potenzialflächen für zentrale Geothermiefelder</i>	<i>46</i>
Abbildung 28: Grundsätzliche Potenzialflächen für Tiefengeothermie	47
Abbildung 29: Übersicht der Oberflächengewässer im Untersuchungsgebiet	49
<i>Abbildung 30: Forst- und landwirtschaftliche Flächen mit Potenzial für die Gewinnung von Biomassereststoffen</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 31: Biomassepotenziale für Wärme im Untersuchungsgebiet.....</i>	<i>51</i>

Abbildung 32: Potenzialflächen für Windenergie im Untersuchungsgebiet	54
Abbildung 33: Ergebnisse der Potenzialberechnung für Windenergie im Untersuchungsgebiet	55
Abbildung 34: Reduktionspotenzial durch Sanierung	57
Abbildung 35: Potenzieller Deckungsgrad des Wärmebedarfs durch dezentrale Potenziale ..	59
Abbildung 36: Potenzieller Deckungsgrad des Wärmebedarfs durch zentrale Potenziale	59

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anforderungen an Abwasserkanalabschnitte für die Wärmeplanung.....	14
<i>Tabelle 2: Spezifische Biomasseertragskennwerte und weitere Berechnungsparameter</i>	14
Tabelle 3: THG-Emissionsfaktoren.....	31
Tabelle 4: Endenergieverbrauch für Wärme und THG-Emissionen nach Energieträger.....	33
Tabelle 5: Eignung und Ertrag aus der Nutzung von PV und ST auf Dachflächen.....	37
Tabelle 6: Solarthermiefpotenzial auf Freiflächen.....	39
Tabelle 7: Potenziale für dezentrale oberflächennahe Geothermie	42
Tabelle 8: Tierbestand in Zahlen	51
Tabelle 9: Potenziale aus Kläranlagen	52
Tabelle 10: Ergebnisse der Potenzialberechnung für Photovoltaik auf Freiflächen	53
Tabelle 11: Einordnung der dezentralen Potenziale	60
Tabelle 12: Einordnung der zentralen Potenziale	61

8 Abkürzungsverzeichnis

a	annum (Jahr)
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
°C	Grad Celsius
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ Äq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
DE	Deutschland
Dena	Deutsche Energieagentur
etc.	et cetera (und so weiter)
FFH	Flora-Fauna-Habitat
g	Gramm
GEG	Gebäudeenergiegesetz
ggf.	gegebenenfalls
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem
>	größer als
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunden
ha	Hektar
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
<	kleiner als
Km	Kilometer
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung-Anlage
kWh	Kilowattstunden
LANUK	Landesamt für Natur, Umwelt und Klima, NRW
LSG	Landschaftsschutzgebiet
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
NRW	Nordrhein-Westfalen
NSG	Naturschutzgebiet
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden

öff.	öffentliche
%	Prozent
PV	Photovoltaik
t	Tonnen
UNB	Untere Naturschutzbehörde
WPG	Wärmeplanungsgesetz
z.B.	zum Beispiel

9 Literaturverzeichnis

AGFW e. V. (Hrsg.). (2023). *Praxisleitfaden Tiefengeothermie*.

Bundesanstalt für Straßenwesen. (12 2006). Energetische Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, V*, S. 150.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (19. 01 2022). *Energiedaten: Gesamtausgabe*. Von Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz:
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html> abgerufen

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2024). *Neues Gebäudeenergiegesetz und Wärmeplanungsgesetz: Das gilt seit dem 1. Januar 2024*. Abgerufen am 09. 02 2025 von [energiewechsel.de](https://www.energiewechsel.de):
<https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Meldungen/2023/231219-neues-gebaeudeenergiegesetz-und-waermeplanungsgesetz-gilt-ab-2024.html>

Bundesverband Geothermie. (2023). *Aquifer*. Von [geothermie.de](https://www.geothermie.de):
<https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/a/aquifer.html> abgerufen

Daten: Bundesverband Geothermie, Veröffentl.: Frankfurter Allgemeine Zeitung. (2022). *Der heiße Schatz aus der Tiefe*. Von [faz.de](https://www.faz.net): https://www.faz.net/aktuell/technik-motor/energie/tiefengeothermie-welches-potential-hat-sie-in-deutschland-18275126/1412733-18275118.html#fotobox_1_8275126 abgerufen

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2022). *BASISDATEN BIOENERGIE DEUTSCHLAND 2022*. Von
https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2022/Mediathek/broschuere_basisdaten_bioenergie_2022_06_web.pdf abgerufen

Geophysik, L.-I. f. (kein Datum). *Geothermisches Informationssystem. Aktuelle Forschungsdaten zu Potenzial und Nutzung geothermischer Energie*. Von
<https://www.geotis.de/homepage/basics> abgerufen

Hertle, H., Pehnt, M., Gugel, B., Dingelday, M., & Müller, K. (2020). Wärmewende in Kommunen: Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung. *Schriften zur Ökologie, 41*, S. 7-119. Von
https://www.boell.de/sites/default/files/waermewende-in-kommunen_leitfaden.de abgerufen

HIC Hamburg Institut Consulting GmbH; Averdung Ingenieure & Berater GmbH. (2021). *GUTACHTEN ZUR ANALYSE DER ZUKÜNFTIGEN CO2 - NEUTRALEN WÄRMEVERSORGUNGSOPTIONEN UND POLITISCH-RECHTLICHER HANDLUNGSOPTIONEN IM LAND BREMEN*. Von <https://www.bremische->

buergerschaft.de/presse/EK/Gutachten_CO2-neutrale_Waermeversorgung.pdf
abgerufen

ifeu gmbH. (2018). *Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende?* Von
[https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu-
bmu_Abwaermepotenzial_Abwasser_final_update.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu-bmu_Abwaermepotenzial_Abwasser_final_update.pdf) abgerufen

Institut für Energie- & Umweltforschung Heidelberg. (2020). *Bilanzierungssystematik
kommunal – BSKO Abschlussbericht*. Von
[https://www.ifeu.de/publikation/weiterentwicklung-des-kommunalen-
bilanzierungsstandards-fuer-thg-emissionen/](https://www.ifeu.de/publikation/weiterentwicklung-des-kommunalen-bilanzierungsstandards-fuer-thg-emissionen/) abgerufen

Institut für Wohnen und Umwelt. (06. 11 2022). *TABULAWebTool*. Abgerufen am 09. 02 2025
von webtool.building-typology.eu: <https://webtool.building-typology.eu/#bm>

KEA-BW (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH). (2020). *Kommunale
Wärmeplanung: Handlungsleitfaden*. Von [https://www.kea-
bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/094_Leitfaden-Kommunale-
Waermeplanung-022021.pdf](https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/094_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-022021.pdf) abgerufen

LIAG, L.-I. (Hrsg.). (2016). *Tiefe Geothermie - Grundlagen und Nutzungsmöglichkeiten in
Deutschland*.

Prognos AG. (2020). *Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045: Gutachten im Auftrag des
Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz*. Von
[https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/gebaeudestrategie-
klimaneutralitaet-2045.pdf?__blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/gebaeudestrategie-klimaneutralitaet-2045.pdf?__blob=publicationFile&v=6) abgerufen

Sächsische Wärmeplanungsverordnung. (17. Juni 2025).

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. (2025). *Geothermieatlas
Sachsen*. Von Geothermieatlas Sachsen:
<https://www.geologie.sachsen.de/geothermieatlas-13914.html> abgerufen

Umweltbundesamt. (2023). *Windenergie an Land*. Von
[https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-
energien/windenergie-an-land#flaeche](https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/windenergie-an-land#flaeche) abgerufen