

Digitaler Energienutzungsplan

Stadt Schönsee

Jahr 2023

Digitaler Energienutzungsplan

Stadt Schönsee

Auftraggeber:

Stadt Schönsee
Hauptstraße 25
92539 Schönsee

Auftragnehmer

Institut für Energietechnik IfE GmbH
an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden
Kaiser-Wilhelm-Ring 23a
92224 Amberg

Gefördert durch das

Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Bearbeitungszeitraum:

August 2021 bis April 2023

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Projektablauf und Akteursbeteiligung | 2 |
| 3 | Analyse der energetischen Ausgangssituation | 3 |
| 3.1 | Methodik und Datengrundlage..... | 3 |
| 3.1.1 | Definition der Verbrauchergruppen | 3 |
| 3.1.2 | Datengrundlage und Datenquellen | 4 |
| 3.2 | Energieinfrastruktur..... | 5 |
| 3.3 | Sektor Wärme | 5 |
| 3.3.1 | Gebäudescharfes Wärmekataster | 5 |
| 3.3.2 | Wärmebedarf und Anteil erneuerbarer Energien | 7 |
| 3.4 | Sektor Strom | 8 |
| 3.5 | Sektor Verkehr | 10 |
| 3.6 | Gesamtenergie- und CO ₂ -Bilanz im Ist-Zustand..... | 11 |
| 4 | Potenzialanalyse..... | 13 |
| 4.1 | Grundannahmen | 13 |
| 4.2 | Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz | 13 |
| 4.2.1 | Private Haushalte..... | 13 |
| 4.2.2 | Kommunale Liegenschaften | 14 |
| 4.2.3 | Gewerbe und Industrie..... | 15 |
| 4.2.4 | Gebäudescharfes Sanierungskataster | 15 |
| 4.3 | Transformationsprozesse..... | 16 |
| 4.3.1 | Elektrifizierung im Sektor Mobilität..... | 16 |
| 4.3.2 | Elektrifizierung durch den Einsatz von Wärmepumpen (Power-to-Heat)..... | 17 |
| 4.4 | Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien | 17 |
| 4.4.1 | Potenzialbegriff..... | 17 |
| 4.4.2 | Solarthermie und Photovoltaik..... | 18 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.4.3 | Solarkataster..... | 19 |
| 4.4.4 | Photovoltaik auf Freiflächen..... | 20 |
| 4.4.5 | Wasserkraft..... | 21 |
| 4.4.6 | Biomasse..... | 21 |
| 4.4.7 | Windkraft..... | 25 |
| 4.4.8 | Geothermie..... | 27 |
| 5 | Energieszenario 2040 – Zusammenfassung der Potenzialanalyse..... | 29 |
| 6 | Maßnahmenkatalog..... | 33 |
| 7 | Schwerpunktprojekt | 37 |
| 7.1 | Aufbau eines Nahwärmenetzes im Kernort Schönsee..... | 37 |
| 7.1.1 | Ist-Zustand | 37 |
| 7.1.2 | Möglicher SOLL-Zustand..... | 39 |
| 7.1.3 | Fördermöglichkeiten Wärmenetze Bundesförderung effizienter Wärmenetze (BEW) .. | 46 |
| 8 | Zusammenfassung | 49 |
| | Abbildungsverzeichnis | 51 |
| | Tabellenverzeichnis | 53 |

1 Einleitung

Mit dem digitalen Energienutzungsplan für die Stadt Schönsee wird ein Instrument zur Umsetzung einer nachhaltigen Energieerzeugungs- und Energieversorgungsstruktur erarbeitet. Der Fokus liegt dabei auf der Identifizierung von konkreten Handlungsmöglichkeiten vor Ort, um die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen und den Ausbau erneuerbarer Energien zu forcieren. Der digitale Energienutzungsplan umfasst:

- eine umfassende Bestandsaufnahme der derzeitigen Energieinfrastruktur mit einer detaillierten Energie- und CO₂-Bilanz in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr
- ein digitales Energiemodell mit gebäudescharfem Wärmekataster in den Verbrauchergruppen Private Haushalte, Kommunale Liegenschaften und Wirtschaft
- eine gebäudespezifische Analyse des Sanierungspotenzials
- eine standortspezifische Potenzialanalyse zum Ausbau erneuerbarer Energieträger
- ein Energieszenario zur Erreichung einer bilanziellen Eigenversorgung aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2040
- die Ausarbeitung eines umfassenden Maßnahmenkatalogs mit detaillierter Betrachtung einzelner Leuchtturmprojekte

Das Projekt wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert.

Hinweis zum Datenschutz:

Die Erstellung eines Energienutzungsplans setzt zum Teil die Erhebung und Verwendung von Daten voraus, die zumindest mittelbar einen Personenbezug aufweisen können (zum Beispiel Datenerhebungsbögen, Verbrauchsangaben). Auch wenn es sich dabei ausschließlich um energierelevante Informationen handelt und nicht um Informationen zu Personen selbst, unterliegen die Daten und das ausgearbeitete Kartenmaterial dem Datenschutz. Der vorliegende Bericht dient entsprechend nur dem internen Gebrauch.

2 Projekttablauf und Akteursbeteiligung

Die Entwicklung des digitalen Energienutzungsplans erfolgte in mehreren Projektphasen. Zunächst wurde auf Basis einer umfassenden Bestandsaufnahme eine fortschreibbare Energiebilanz für Strom, Wärme und Mobilität im Ist-Zustand (Jahr 2019) erstellt. Dabei wurde zwischen den Verbrauchergruppen „Private Haushalte“, „Kommunale Liegenschaften“, „Gewerbe und Industrie“ und „Verkehr“ unterschieden. Die Energieströme wurden, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Energieträgern (Strom, Erdgas, Heizöl, Biomasse, ...) erfasst und der Anteil der erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung ermittelt. Ausgehend von der energetischen Ausgangssituation wurde der CO₂-Ausstoß berechnet. Als zentrales Ergebnis dieser Projektphase wurde ein gebäudescharfes Wärmekataster ausgearbeitet.

Im nächsten Schritt wurde verbrauchergruppenspezifisch untersucht, welche Energieeinsparpotenziale und Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz realistisch ausgeschöpft werden können. Ebenso wurden die erschließbaren Ausbaupotenziale regionaler erneuerbarer Energieträger analysiert.

Zentrales Element des digitalen Energienutzungsplans ist die Ausarbeitung eines Energieszenarios zum Erreichen einer bilanziell vollständigen Eigenversorgung aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2040. Dieses Energieszenario dient als übergeordneter Handlungsleitfaden und Basis zur Ableitung eines konkreten Maßnahmenkatalogs.

Der Energienutzungsplan wurde in enger Abstimmung mit allen relevanten Akteuren ausgearbeitet:

Auftaktveranstaltung:

Die grundlegende und strategische Organisation, die Zeitplanung und die fachliche Ausrichtung des digitalen Energienutzungsplans wurde bei einer Auftaktveranstaltung besprochen.

Abstimmungstermine:

Im Rahmen von mehreren Terminen wurden, in enger Abstimmung mit den lokalen Akteuren, regelmäßig die Zwischenergebnisse abgestimmt sowie der Maßnahmenkatalog erarbeitet und fortgeschrieben.

Abschlussveranstaltung:

Die Endergebnisse des digitalen Energienutzungsplans wurden dem Stadtrat vorgestellt und der Abschlussbericht übergeben.

3 Analyse der energetischen Ausgangssituation

3.1 Methodik und Datengrundlage

Im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans wird nach dem sogenannten Territorialprinzip bilanziert. Hierbei werden die Energieverbräuche sowie die Potenziale jeweils nur innerhalb der Kommune betrachtet. Dies bedeutet, dass nur Energieverbräuche innerhalb der Stadtgrenze erfasst und bilanziert werden und der Anteil erneuerbarer Energien sich rein aus den Erzeugungsmengen der Anlagen im Stadtgebiet zusammensetzt.

3.1.1 Definition der Verbrauchergruppen

Im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans werden folgende Verbrauchergruppen definiert:

a) Private Haushalte

Die Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ umfasst alle zu Wohnzwecken genutzten Flächen im Betrachtungsgebiet. Dies schließt sowohl Wohnungen in Wohngebäuden als auch in Nicht-Wohngebäuden (z. B. hauptsächlich gewerblich genutzte Halle mit integrierter Wohnung) ein.

b) Kommunale Liegenschaften

In der Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“ werden alle Liegenschaften der Kommune, inkl. Straßenbeleuchtung und gemeindeeigener Ver- und Entsorgungseinrichtungen, zusammengefasst. Hierfür konnte auf gebäudescharfe Energieverbrauchsdaten der Kommune zurückgegriffen werden.

c) Gewerbe und Industrie

In der Verbrauchergruppe „Gewerbe und Industrie“ werden alle Energieverbraucher zusammengefasst, die nicht in eine der Verbrauchergruppen „Private Haushalte“ oder „Kommunale Liegenschaften“ fallen. Dies beinhaltet Betriebe aus Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie. Auch Landwirtschafts- und offiziell als Tourismusbetriebe gemeldete Unternehmen sind dieser Verbrauchergruppe zugeordnet.

d) Verkehr

Der Endenergiebedarf im Sektor Verkehr schließt sämtliche Bereiche der Mobilität mit ein. So sind nicht nur die zugelassenen Kfzs oder Lkws im Bilanzraum in dieser Analyse berücksichtigt, sondern auch Flug-, Schienen- und Bahnverkehr.

3.1.2 Datengrundlage und Datenquellen

Alle Datenerhebungen, Analysen und Berechnungen im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans beziehen sich auf das Bilanzjahr 2019. Für das Jahr 2020 lag während der Projektbearbeitung noch keine vollständige Datenbasis vor. Die Analyse des Energieverbrauchs stützt sich auf die nachfolgenden Datenquellen:

- Energieabsatz- und Einspeisedaten der lokal tätigen Energieversorgungsunternehmen für die leitungsgebundenen Energieträger Strom (inkl. Heizstrom) und Erdgas. Hierfür wurden exakte Netzabsatzdaten für das Jahr 2019 zur Verfügung gestellt.
- Gebäudescharfe Erfassung des Energieverbrauchs der kommunalen Liegenschaften mittels Erfassungsbogen.
- Datenerhebungsbögen im Bereich der Wirtschaftsbetriebe.
- Datenerhebungsbögen im Bereich der Biogasanlagen.
- Datenabfrage Solarthermie: Die Gesamtfläche, der je Kommune installierten Solarthermieanlagen, wurde mit Hilfe des Solaratlas, einem interaktiven Auswertungssystem für den Datenbestand aus dem bundesweiten „Marktanreizprogramm Solarthermie“, ermittelt. Die Aufstellung umfasst alle Kollektortypen (Flachkollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren) und Anwendungen (Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung).
- Wärmebereitstellung aus Erdwärme: Die Wärmeerzeugung aus oberflächennaher Geothermie (Wärmepumpen zur Gebäudebeheizung) kann aufgrund der fehlenden Datenbasis nicht eigens aufgeschlüsselt werden, ist jedoch über den Stromverbrauch (Heizstrom) zum Antrieb der Wärmepumpen in der Energie- und CO₂-Bilanz enthalten.
- Öffentlich zugängliche statistische Daten (z. B. Statistik Kommunal).
- Geodaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung (z. B. 3D-Gebäude- und Geländemodell, Laserscandaten, etc.) zur Simulation des Wärmekatasters.
- Veröffentlichungen über den bundesweiten Endenergieverbrauch nach Kraftstoffarten des Bundesverkehrsministeriums wurden für die Analyse des Endenergiebedarfs im Sektor Mobilität herangezogen.

3.2 Energieinfrastruktur

Hinweis:

Die Energieinfrastrukturen sind eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Erstellung des Energienutzungsplans und dienen als Übersicht zur Erstinformation. Detaillierte Informationen sind für konkrete Vorhaben stets bei den zuständigen Netzbetreibern einzuholen.

Stromnetz

Das Stromnetz in Schönsee wird von der Bayernwerk AG betrieben. Es liegen vollständige Netzabsatzdaten und Daten zur Stromeinspeisung vor.

Erdgasnetz

In der Stadt Schönsee ist kein Erdgasnetz vorhanden.

Wärmenetze

In der Stadt Schönsee sind aktuell keine Wärmenetze vorhanden.

3.3 Sektor Wärme

3.3.1 Gebäudescharfes Wärmekataster

Das gebäudescharfe Wärmekataster ist ein Werkzeug der kommunalen Wärmeplanung. Es erfasst alle beheizten Gebäude und beinhaltet zu jedem Gebäude Informationen zu Nutzung, Baustruktur und Wärmebedarf. Es bietet damit eine flächendeckende Information zur Struktur und dem Wärmebedarf des Gebäudebestands. Wärmekataster finden als Planungs- und Entscheidungsgrundlagen beim Ausbau von Wärmenetzen, bei der Entwicklung von Förder- und Sanierungsmaßnahmen, in der Energie- und Sanierungsberatung sowie im Rahmen des Klimaschutzmonitorings Anwendung.

Zur Erstellung des gebäudescharfen Wärmekatasters wurden in einem ersten Schritt wesentliche Daten zum Gebäudebestand erfasst und zusammen mit einem 3D-Gebäudemodell zu einem digitalen Modell vereint. Für jedes Gebäude wurde auf dieser Grundlage dessen Wärmebedarf ermittelt. Ergänzt wurden die berechneten Werte durch konkrete Verbrauchswerte aus den Fragebögen für Gewerbe- und Industriebetriebe, Biogasanlagen und Kommunale Liegenschaften. Ergänzend wurden die anonymisierten Daten der Kaminkehrer eingearbeitet.

Abbildung 1 zeigt den Ausschnitt eines anonymisierten gebäudescharfen Wärmekatasters. Das Wärmekataster für die Stadt Schönsee liegt dem Energienutzungsplan bei und wird in das GIS überführt.



Abbildung 1: Anonymisierter Ausschnitt eines gebäudescharfen Wärmekatasters

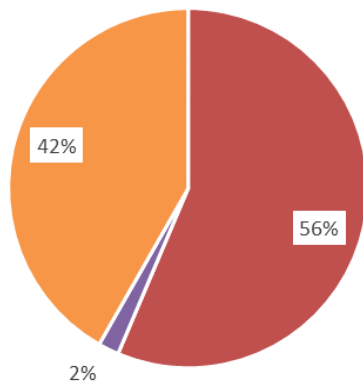
Die Wärmedichte fasst den Wärmebedarf mehrerer Gebäude zusammen und hebt somit Gebietsumgriffe mit einem hohen Wärmebedarf hervor. Abbildung 2 zeigt exemplarisch den Wärmebedarf als Wärmedichtekarte in definierten Gebietsumgriffen der Stadt Schönsee.



Abbildung 2: Exemplarischer Ausschnitt zur Darstellung der Wärmedichte auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters

3.3.2 Wärmebedarf und Anteil erneuerbarer Energien

Der jährliche Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung aller Verbrauchergruppen beläuft sich auf rund 40.807 MWh pro Jahr. In Abbildung 3 ist die Aufteilung des Wärmebedarfs in die einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. Den höchsten Wärmebedarf weist die Verbrauchergruppe der privaten Haushalte auf, gefolgt von Gewerbe und Industrie und den kommunalen Liegenschaften.

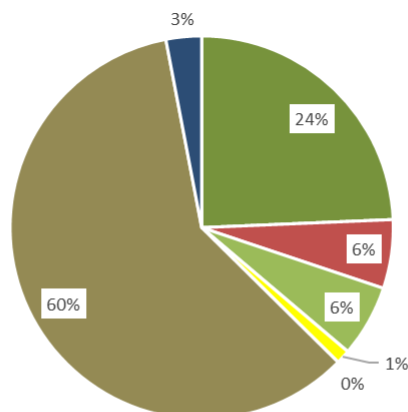


| Wärmebedarf nach Verbrauchergruppen | MWh/a |
|-------------------------------------|---------------|
| Private Haushalte | 23.012 |
| Kommunale Liegenschaften | 763 |
| Gewerbe und Industrie | 17.032 |
| Summe | 40.807 |

■ Private Haushalte ■ Kommunale Liegenschaften ■ Gewerbe und Industrie

Abbildung 3: Wärmebedarf im Jahr 2019 – Verbrauchergruppen

Von den insgesamt 40.807 MWh Wärmebedarf im Jahr 2019 werden rund 32 % aus erneuerbaren Energien bereitgestellt, insbesondere über Biomasse (Holz). Der mit Abstand größte Anteil an der Wärmeversorgung wird durch Heizöl gedeckt (60 %).



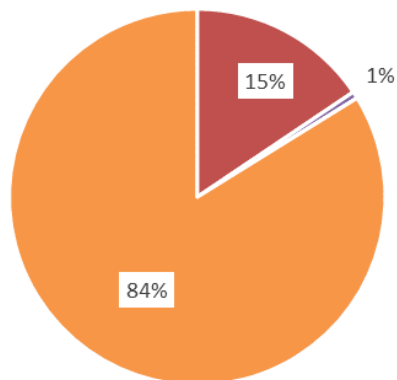
| Energieträger "Thermisch" | MWh/a |
|---|---------------|
| Holz | 9.929 |
| Heizstrom | 2.366 |
| Abwärme Biomasse-KWK | 2.475 |
| Solarthermie | 489 |
| Erdgas | 0 |
| Heizöl | 24.324 |
| Sonstiges (Flüssiggas, Sonderbrennstoffe) | 1.224 |
| Summe | 40.807 |

■ Holz ■ Heizstrom
 ■ Abwärme Biomasse-KWK ■ Solarthermie
 ■ Erdgas ■ Heizöl
 ■ Sonstiges (Flüssiggas, Sonderbrennstoffe)

Abbildung 4: Wärmeverbrauch im Jahr 2019 - Energieträger

3.4 Sektor Strom

Der Strombezug im Jahr 2019 beläuft sich in Summe auf rund 17.134 MWh. Die Aufteilung des Strombedarfs in die einzelnen Verbrauchergruppen zeigt, dass die Verbrauchergruppe Gewerbe und Industrie mit rund 14.362 MWh den mit Abstand größten Anteil einnimmt, gefolgt von den privaten Haushalten. Die kommunalen Liegenschaften benötigen in etwa 1 % des jährlichen Strombedarfs in der Stadt Schönsee.



| Strombezug nach Verbrauchergruppen | MWh/a |
|---|---------------|
| Private Haushalte | 2.669 |
| Kommunale Liegenschaften | 103 |
| Gewerbe und Industrie | 14.362 |
| Summe | 17.134 |

■ Private Haushalte ■ Kommunale Liegenschaften ■ Gewerbe und Industrie

Abbildung 5: Strombezug im Jahr 2019 - Verbrauchergruppen

Im Rahmen der Gesamt-Energiebilanz wurden des Weiteren die eingespeisten Strommengen aus Energie-Erzeugungsanlagen im Stadtgebiet detailliert erfasst und analysiert.

Abbildung 6 zeigt die eingespeisten Strommengen aus Aufdach-Photovoltaik, Wasserkraft, Biogas sowie aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK). In Summe wurden im Bilanzjahr 2019 rund 18.264 MWh in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist. Den größten Anteil bildeten dabei die Biogasanlagen. Dem gegenüber steht ein Strombezug im Jahr 2019 in Höhe von 17.134 MWh.

⇒ **Jahr 2019: Bilanzieller Anteil erneuerbarer Energien/KWK an der Stromversorgung rund 107 %**

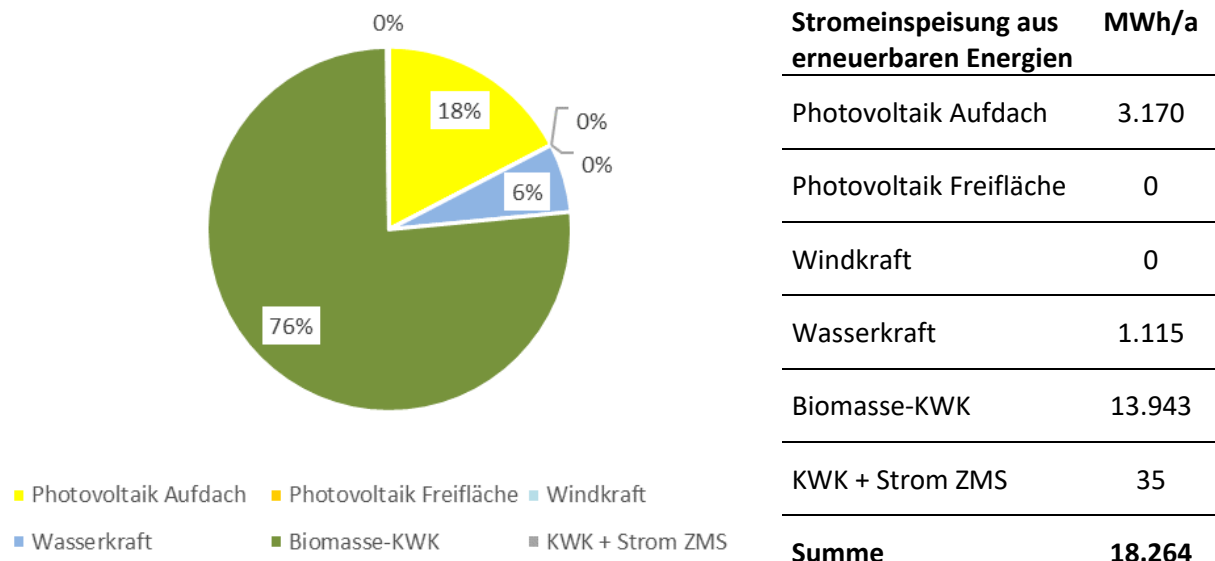


Abbildung 6: Stromverbrauch im Jahr 2019 – Bilanzieller Mix

Hinweise:

- Die Stromeigennutzung aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen und KWK-Anlagen ist nicht im Anteil des jeweiligen Energieträgers enthalten. Stattdessen wird die tatsächlich in das öffentliche Netz eingespeiste Strommenge aus erneuerbaren Energien berücksichtigt und dem tatsächlichen Strombezug aus dem öffentlichen Netz gegenübergestellt. Stromeigennutzung führt zu einer Minderung des Strombezugs aus dem Stromnetz. Diese angewandte Bilanzierungsmethodik ist entscheidend für eine kontinuierliche Fortschreibung des Energienutzungsplans und der Energiebilanz, da nur Bezugs- und Einspeisedaten den Energieversorgern exakt und vollumfänglich vorliegen.
- Zum Zeitpunkt der Datenerhebung lag für alle Datensätze als letztes vollständiges Kalenderjahr das Jahr 2019 vor (Bilanzjahr) → im Jahr 2020 und später neu errichtete EEG- und KWK-Anlagen sind in der Energiebilanz im Ist-Zustand nicht mit eingerechnet.

Im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans wurden die eingespeisten Strommengen aus Energieerzeugungsanlagen detailliert erfasst und analysiert. Nachfolgende Abbildung 7 zeigt eine Standortübersicht der Erneuerbare-Energien-Anlagen mit einer elektrischen Leistung größer 30 kW.

(Hinweis: Anlagen mit einer elektrischen Leistung kleiner 30 kW sind nicht verzeichnet, da diese Informationen aus Datenschutzgründen nicht georeferenziert vorliegen).

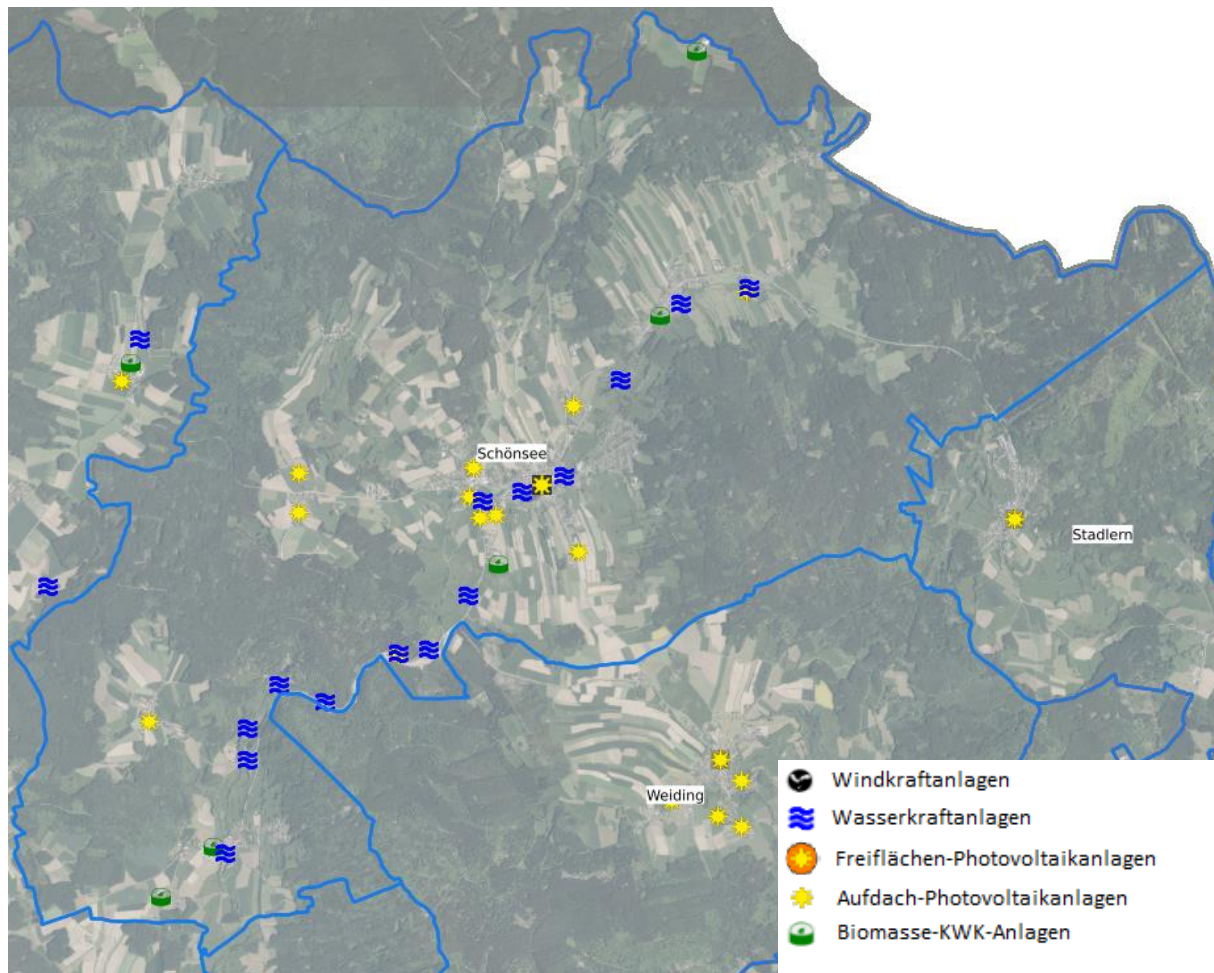


Abbildung 7: Übersichtskarte der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Betrachtungsgebiet [Energie-Atlas Bayern (www.energie-atlas.bayern.de), Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, eigene Bearbeitung]

3.5 Sektor Verkehr

Als Grundlage für die Berechnung des Energiebedarfs im Sektor Verkehr wurden die Zulassungszahlen des Kraftfahrt-Bundesamts herangezogen. Zudem wurde anhand statistischer Daten des Umweltbundesamts ein einwohnerspezifischer Kennwert gebildet, der neben den KfZs auch weitere Verkehrsmittel einschließt (u. a. Bahn-, Flugverkehr). In Summe lässt sich ein jährlicher Pro-Kopf-Energiebedarf für Mobilität von rund 9.100 kWh pro Einwohner ermitteln. Umgelegt auf die Stadt Schönsee entspricht dies einem Energiebedarf in Höhe von 21.412 MWh.

Hinweis: Die Berechnung des Energiebedarfs stützt sich u. a. auf allgemeine bundesdeutsche Kennwerte. Eine detaillierte Analyse des Sektors Verkehr kann nur über Detailstudien erfolgen, die nicht Bestandteil dieses Energienutzungsplans sind.

3.6 Gesamtenergie- und CO₂-Bilanz im Ist-Zustand

In Abbildung 8 ist dargestellt, wie sich der Endenergiebedarf auf die betrachteten Verbrauchergruppen „Private Haushalte“, „Kommunale Liegenschaften“, „Gewerbe und Industrie“ und „Verkehr“ verteilt. Den höchsten Energieverbrauch weist im Vergleich die Verbrauchergruppe „Gewerbe und Industrie“ auf, gefolgt von den Verbrauchergruppen „Private Haushalte“, „Mobilität“ und den „Kommunalen Liegenschaften“.

Die Kommunalen Liegenschaften spielen hinsichtlich des Gesamt-Endenergiebedarfs im Vergleich eine eher untergeordnete Rolle. Jedoch kommt dieser Verbrauchergruppe ein besonderes Augenmerk zu, da für die Kommune die Handlungsmöglichkeiten am unmittelbarsten gegeben sind und mit konkreten Maßnahmen gegenüber den Bürger*innen und Unternehmen eine Vorbildfunktion ausgeübt werden kann.

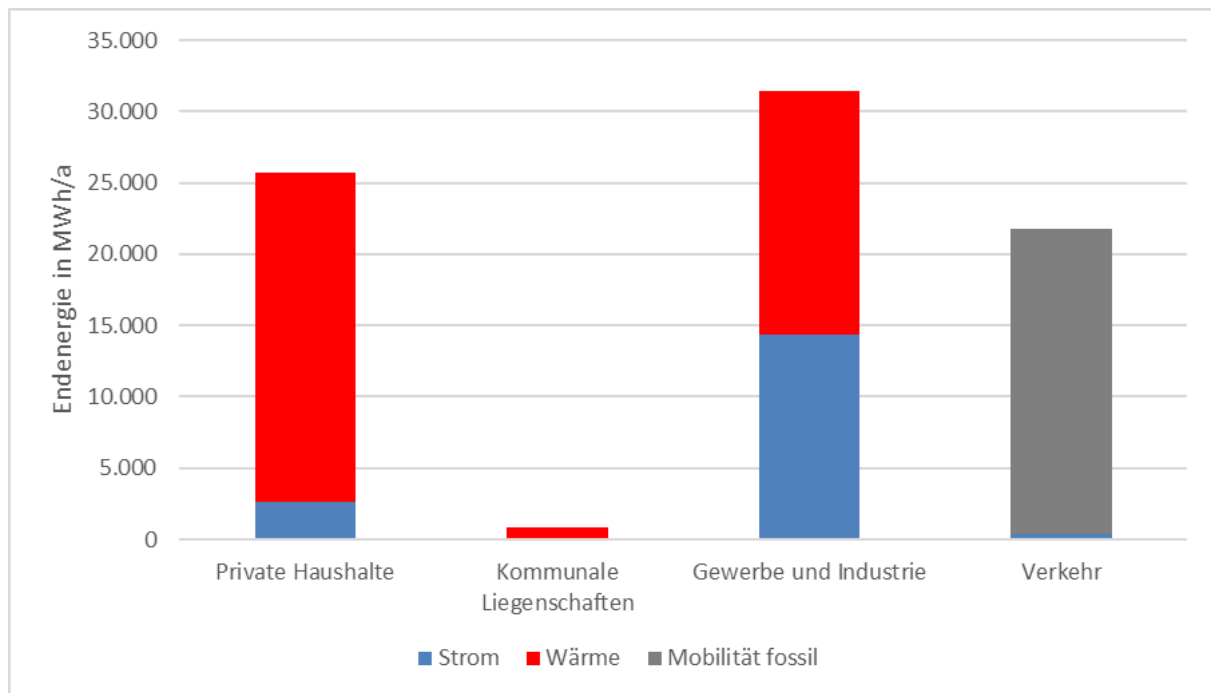


Abbildung 8: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach den Verbrauchergruppen

Um auf Basis des ermittelten Strom- und Wärmebedarfes sowie der Anteile der jeweiligen Energieträger am Endenergiebedarf die CO₂-Bilanz bilden zu können wird jedem Energieträger ein spezifischer CO₂-Emissionsfaktor zugewiesen, das sogenannte CO₂-Äquivalent. Dieses beinhaltet neben den direkten Emissionen (z.B. aus der Verbrennung von Heizöl) auch die vorgelagerten Bereitstellungsketten (Gewinnung und Transport des Energieträgers). Im CO₂-Äquivalent sind also alle klimawirksamen Emissionen enthalten, die für die Bereitstellung und Nutzung eines Energieträgers anfallen. Dies beinhaltet

auch die Emissionen an weiteren klimawirksamen Gasen, wie z. B. Methan, die auf die Klimawirksamkeit von Kohlendioxid normiert und im CO₂-Äquivalent verrechnet werden.

Die verwendeten CO₂-Äquivalente wurden mit Hilfe des Lebenszyklus- und Stoffstromanalyse-Modells GEMIS in der Version 4.9 ermittelt und sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die absoluten CO₂-Emissionen für die einzelnen Energieträger ergeben sich dann aus der eingesetzten Energiemenge multipliziert mit dem jeweiligen CO₂-Äquivalent. Für die Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung innerhalb des Betrachtungsgebiets, wird eine CO₂-Gutschrift in Höhe des CO₂-Äquivalents für den deutschen Strommix auf Verteilnetzebene angesetzt. Dahinter steht die Annahme, dass diese Strommenge in gleicher Höhe Strom aus dem deutschen Kraftwerkspark verdrängt. Durch diese Betrachtungsweise können sich bilanziell negative CO₂-Emissionen ergeben. Dies wäre in diesem Fall so zu interpretieren, dass gegenüber der durchschnittlichen Stromerzeugung in Deutschland anderorts, außerhalb des Bilanzgebiets, CO₂-Emissionen kompensiert werden.

Tabelle 1: Die CO₂-Äquivalente der jeweiligen Energieträger [GEMIS 4.9; KEA; Berechnungen IfE]

| Energieträger | CO ₂ -Äquivalent (Direkt + Vorkette) [g/kWh _{End}] |
|--|---|
| Strom | 558 |
| Erdgas | 244 |
| Flüssiggas | 271 |
| Heizöl EL | 313 |
| Braunkohle | 449 |
| Biogas | 90 |
| Biomethan | 111 |
| Holzpellets | 18 |
| Hackschnitzel | 14 |
| Scheitholz | 13 |
| <i>...angelehnt an Berechnungen der KEA BW</i> | |
| Verkehr | 300 |

Aus dem Gesamtendenergieverbrauch und der Stromeinspeisung erneuerbarer Energien und KWK resultiert ein Ausstoß von rund 15.343 Tonnen CO₂ pro Jahr (inkl. Verkehr). Dies entspricht einem jährlichen Ausstoß klimawirksamer Gase von rund 6,4 Tonnen CO₂ pro Kopf. Wenn der Verkehr ausgeklammert wird beträgt der Ausstoß rund 8.920 Tonnen CO₂ pro Jahr, was pro Kopf einen Ausstoß von 3,7 Tonnen CO₂ pro Jahr entspricht.

4 Potenzialanalyse

4.1 Grundannahmen

Betrachtungszeitraum: Der angenommene Betrachtungszeitraum zur Ermittlung der Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz erstreckt sich bis zum Zieljahr 2040. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich stets auf den Endzustand im Jahr 2040 (Ausbauziel) im Vergleich zum Ausgangszustand im Bilanzjahr 2019. Als Normierungsbasis dient der Zeitraum eines Jahres, d. h. alle Ergebnisse sind als Jahreswerte nach Umsetzung der Ausbauziele angegeben (z. B. jährlicher Energieverbrauch in MWh/a und jährliche CO₂-Emissionen in t/a).

Demographie / Struktur der Wirtschaft: Prinzipiell korreliert der Endenergiebedarf u. a. mit der Bevölkerungszahl, der Anzahl an Wohngebäuden oder der Anzahl und Art der Wirtschaftsbetriebe. Die prognostizierte Änderung des Bevölkerungsstandes oder der Betriebe im Betrachtungsgebiet liegt jedoch außerhalb der erzielbaren Genauigkeit der in diesem Gesamtenergiekonzept errechneten Bilanzen. Folglich kann nicht ausgeschlossen werden, dass die unvermeidbare Abweichung der errechneten Ergebnisse von den tatsächlichen zukünftigen Werten, die Effekte der demographischen Entwicklung egalisiert. Für die Ausarbeitung der Potenzialanalyse in den nachfolgenden Kapiteln wird ein gleichbleibender Bevölkerungsstand und eine gleichbleibende Anzahl und Art der Wirtschaftsbetriebe wie im Ist-Zustand angenommen.

4.2 Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz

4.2.1 Private Haushalte

Für die Sanierungsvarianten im Wohngebäudebestand wurden die Berechnungen mit der Maßgabe einer ambitionierten, aber realistischen Sanierungsrate der Wohngebäudefläche von 2 % pro Jahr durchgeführt. Durch die Einsparmaßnahmen soll in diesem Szenario ein energetischer Stand von im Mittel rund 100 kWh/m² erzielt werden. Insgesamt könnten somit rund 16 % des Wärmeverbrauchs der Wohngebäude bis 2040 eingespart werden, was einer Reduktion von derzeit ca. 23.012 MWh/a auf etwa 19.220 MWh/a entspricht. Die hier zu Grunde gelegte Sanierungsrate und Sanierungstiefe liegt über dem Bundesdurchschnitt, könnte jedoch über entsprechende Informations-, Beratungs- und Fördermaßnahmen erreicht werden.

Der Einsatz von stromsparenden Haushaltsgeräten trägt zu einer Reduzierung des Stromverbrauchs und somit auch zu einer Reduktion des CO₂-Ausstoßes bei. Die Ermittlung der Einsparpotenziale in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ erfolgt in Anlehnung an die [EU-Energie-Effizienzrichtlinie]. Es wird angenommen, dass, bezogen auf den Ist-Zustand, bis zum Zieljahr 2040 jährlich 1,5 % des Strombedarfs eingespart werden können. In Summe kann der Stromverbrauch in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ bis zum Jahr 2040 von derzeit 2.669 MWh pro Jahr auf 1.943 MWh gesenkt werden (rund 27 %). Nicht enthalten ist hierbei der künftig zusätzlich notwendige Strombedarf für Transformationsprozesse (z. B. verstärkter Einsatz von Wärmepumpen). Dieser zusätzliche Strombedarf wird in Kapitel 4.3 betrachtet.

4.2.2 Kommunale Liegenschaften

Aus Sicht des Bundes kommt den Städten und Kommunen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen zu. Die Motivation zur eigenen Zielsetzung und Mitwirkung bei der Reduktion der CO₂-Emissionen für die Städte und Kommunen kann dabei in mehrere Ebenen untergliedert werden:

- Die Selbstverpflichtung aus Überzeugung von der Notwendigkeit des Handelns
- Die Vorbildfunktion für alle Bürger
- Die wirtschaftliche Motivation

In Abstimmung mit der Steuerungsrunde erfolgt die Ermittlung der Einsparpotenziale in der Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“ in Anlehnung an die EU-Energie-Effizienzrichtlinie. Es wird angenommen, dass, bezogen auf den Ist-Zustand, bis zum Zieljahr 2040 jährlich

- 1,5 % des Strombedarfs
- 1,5 % des thermischen Endenergiebedarfs

eingespart werden können.

Als Ergebnis kann bei Ausschöpfen der Energieeinsparpotenziale im Bereich der Kommunalen Liegenschaften der Stromverbrauch von derzeit 103 MWh/a auf rund 75 MWh jährlich und der Wärmebedarf von rund 763 MWh/a auf ca. 556 MWh/a gesenkt werden. Nicht enthalten ist hierbei der künftig zusätzlich notwendige Strombedarf für Transformationsprozesse (z. B. verstärkter Einsatz von Wärmepumpen). Dieser zusätzliche Strombedarf wird in Kapitel 4.3 betrachtet.

4.2.3 Gewerbe und Industrie

Da Unternehmen je nach Betrieb und Branche sehr unterschiedlichen Nutzungen unterliegen, kann eine genaue Analyse der Energieeinsparpotenziale nur durch eine ausführliche Begehung der Betriebe sowie der damit verbundenen, umfangreichen Datenerhebung erfolgen. Die Ermittlung der Einsparpotenziale in der Verbrauchergruppe „Gewerbe und Industrie“ erfolgt daher in Anlehnung an die EU-Energie-Effizienzrichtlinie. Es wird angenommen, dass, bezogen auf den Ist-Zustand, bis zum Zieljahr 2040 jährlich

- 1,5 % des Strombedarfs
- 1,5 % des thermischen Endenergiebedarfs

eingespart werden können. Mit dieser Zielstellung könnten bis zum Zieljahr 2040 der thermische Energiebedarf von 17.032 MWh pro Jahr im Ist-Zustand auf rund 12.400 MWh jährlich reduziert werden. Der Strombedarf könnte von 14.362 MWh/a auf 10.456 MWh/a reduziert werden. Nicht enthalten ist hierbei der künftig zusätzlich notwendige Strombedarf für Transformationsprozesse (z. B. verstärkter Einsatz von Wärmepumpen). Dieser zusätzliche Strombedarf wird in Kapitel 4.3 betrachtet.

4.2.4 Gebäudescharfes Sanierungskataster

Für die Entwicklung von Zukunftsstrategien für Sanierungsmaßnahmen und die Wärmeversorgungsstruktur bildet das Sanierungskataster Szenarien des künftigen Wärmebedarfs ab. Hierbei wurden die in den Verbrauchergruppen beschriebenen Einsparpotenziale kartografisch dargestellt.

Das Sanierungskataster bietet damit eine strategisch-technische Entscheidungsgrundlage für Netzausbaustrategien in Kommunen. Weiterhin bietet das Sanierungskataster Informationen zum Sanierungspotenzial einzelner Gebäude, die als Grundlage für die Identifikation städtebaulicher Sanierungsgebiete mit energetischen Missständen dienen können. Maßnahmen, wie etwa die Erstellung von Quartierskonzepten, lassen sich daraus ableiten. Die Informationen zum Sanierungspotenzial können darüber hinaus in Aktivitäten zur Energie-Erstberatung einfließen und die Gestaltung kommunaler Förderprogramme stützen.



Abbildung 9: Anonymisierter Ausschnitt eines Sanierungskatasters vor und nach der Sanierung (Szenario 2 % Sanierungsrate bis zum Jahr 2040)

4.3 Transformationsprozesse

Für das Erreichen der Klimaneutralität (Dekarbonisierung des Energiesystems) ist es erforderlich, bestimmte Bereiche zu elektrifizieren und damit die Verbrennung fossiler Energieträger zu substituieren. Dies betrifft zum einen den Sektor Mobilität und zum anderen den Sektor Wärme.

4.3.1 Elektrifizierung im Sektor Mobilität

Im Bereich Mobilität beinhaltet die Transformation eine entweder direkte Elektrifizierung der Antriebstechnologien (batterieelektrisch) oder eine Elektrifizierung der Antriebe über eine Zwischenstufe (z. B. Wasserstoff). In Anlehnung an die im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie e.V. erstellte Studie „Klimapfade für Deutschland“ [BDI, Berechnung IfE], kann für das Aufstellen eines möglichen Transformationsszenarios der Anteil batterieelektrischer und wasserstoffbetriebener Transportmittel auf in etwa 38 % im Jahr 2030 und auf rund 88 % im Jahr 2040 beziffert werden. Da elektrische Antriebe (gemäß Endenergiebedarf) energieeffizienter arbeiten als konventionelle Verbrennungsmotoren, geht mit dem Transformationsschritt auch eine direkte Energieeinsparung einher. So benötigt der Elektromotor im Vergleich nur noch rund ein Drittel dessen, was ein klassischer Benzin- oder Dieselmotor benötigt [Berechnung IfE]. Parallel dazu muss die dafür erforderliche elektrische Energie entweder unmittelbar aus erneuerbaren Stromquellen oder indirekt aus erneuerbaren Quellen mit einem Zwischenschritt (z. B. Wasserstoff) zur Verfügung gestellt werden. Der Strombedarf steigt also insgesamt an (siehe Abbildung 13).

4.3.2 Elektrifizierung durch den Einsatz von Wärmepumpen (Power-to-Heat)

Unter Power-to-Heat wird die Erzeugung von Wärme unter dem Einsatz elektrischer Energie verstanden. Insbesondere der Einsatz von Wärmepumpen (mit denen je nach Typ Jahresarbeitszahlen > 4 erreicht werden können) wird zukünftig eine steigende Bedeutung in der Wärmeversorgungsstruktur in Deutschland bekommen. Das Bundeswirtschaftsministerium hat im Jahr 2021 das Ziel formuliert, dass bis zum Jahr 2030 insgesamt 6 Millionen Wärmepumpen in Deutschland installiert sein sollen [BMWi]. Bei einem Wohngebäudebestand in Höhe von rund 19 Millionen Wohngebäuden in Deutschland [statista] entspricht dies rund einem Drittel aller Gebäude. → Dieses Ziel wird für das Entwicklungsszenario im Rahmen dieses Energienutzungsplans übernommen.

Aufgrund der Ziele des Freistaats Bayern, bis zum Jahr 2040 klimaneutral zu sein [Bayerische Staatsregierung], wird von einer nochmaligen Verdopplung der Anzahl an Wärmepumpen im Zeitraum 2030 bis 2040 ausgegangen. Somit wird im Rahmen dieses Energienutzungsplans im Jahr 2040 angesetzt, dass 60 % des dann noch vorhandenen Wärmebedarfs der Wohngebäude über Wärmepumpen / Power-to-Heat Lösungen versorgt werden [Berechnung IFE]. Für die Berechnung des künftigen Strombedarfs für Wärmepumpen wird von einer konservativen Jahresarbeitszahl von 3 ausgegangen.

Der zusätzliche erforderliche Strombedarf ist in Abbildung 13 dargestellt.

4.4 Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien

4.4.1 Potenzialbegriff

Basis für die Ausarbeitung der Potenzialanalyse erneuerbarer Energien ist zunächst die Festlegung auf einen Potenzialbegriff. Nachfolgende Potenzialbegriffe werden im Rahmen des Energienutzungsplans definiert:

Das theoretische Potenzial

Das theoretische Potenzial ist als das physikalisch vorhandene Energieangebot einer bestimmten Region in einem bestimmten Zeitraum definiert. Das theoretische Potenzial ist demnach z. B. die Sonneneinstrahlung innerhalb eines Jahres, die nachwachsende Biomasse einer bestimmten Fläche in einem Jahr oder die kinetische Energie des Windes im Jahresverlauf. Dieses Potenzial kann als eine physikalisch abgeleitete Obergrenze aufgefasst werden, da aufgrund verschiedener Restriktionen in der Regel nur ein deutlich geringerer Teil nutzbar ist.

Das technische Potenzial

Das technische Potenzial umfasst den Teil des theoretischen Potenzials, der unter den gegebenen Energieumwandlungstechnologien und unter Beachtung der aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen erschlossen werden kann. Im Gegensatz zum theoretischen Potenzial ist das technische Potenzial veränderlich (z. B. durch Neu- und Weiterentwicklungen) und vom aktuellen Stand der Technik abhängig.

Das wirtschaftliche Potenzial

Das wirtschaftliche Potenzial ist der Teil des technischen Potenzials, der „unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen interessant ist“.

Der vorliegende Energienutzungsplan orientiert sich bei der Potenzialbetrachtung am **technisch-wirtschaftlichen Potenzial**. Dabei wird zwischen bereits genutztem und noch ungenutztem Potenzial differenziert. Das genutzte Potenzial verdeutlicht, welchen Beitrag die bereits in Nutzung befindlichen erneuerbaren Energieträger liefern. Das noch ungenutzte Potenzial zeigt, welchen zusätzlichen Beitrag erneuerbare Energiequellen leisten können.

Hinweis zu Post-EEG-Anlagen: *Ab dem Jahr 2021 endete für die ersten EE-Anlagen der frühen 2000er-Jahre die EEG-Förderung. Dies setzt sich entsprechend fort, sodass eine jährlich zunehmende Zahl an EE-Anlagen-Betreibern keine feste EEG-Vergütung mehr erhalten wird. Sollte dann kein wirtschaftlicher Weiterbetrieb der Anlagen mehr möglich sein, müsste von deren Rückbau ausgegangen werden, was das Erreichen der Klimaneutralität in Bayern bis 2040 deutlich erschweren würde. Daher wird für die Potenzialanalyse angenommen, dass Rahmenbedingungen für einen wirtschaftlichen Weiterbetrieb der Post-EEG-Anlagen geschaffen werden. → Es wird kein Rückbau von EE-Anlagen einkalkuliert.*

4.4.2 Solarthermie und Photovoltaik

Die Nutzung der direkten Sonneneinstrahlung ist auf verschiedene Arten möglich. Zum einen stehen Möglichkeiten der passiven Nutzung von Sonnenlicht und -wärme zur Verfügung, die vor allem in der baulichen Umsetzung bzw. Gebäudearchitektur Anwendung finden (z. B. solare Gewinne über großzügig verglaste Fassaden). Zum anderen kann die Sonnenstrahlung aktiv zur Energieerzeugung genutzt werden, in erster Linie zur Warmwasserbereitung (Solarthermie) und Stromerzeugung (Photovoltaik).

4.4.3 Solarkataster

Zur Analyse der Photovoltaik- und Solarthermiefpotenziale auf Dachflächen wurde ein gebäudescharfes Solarkataster ausgearbeitet. Grundlage für die Solarpotenzialanalyse sind Laserscandaten, die beim Überfliegen des jeweiligen Untersuchungsgebietes generiert wurden. Aus diesen Informationen wird ein vereinfachtes Modell der Häuser und der umgebenden Objekte (z. B. Bäume) erstellt. Dabei werden Einstrahlung und Verschattung berechnet. Stark verschattete Bereiche werden als nicht geeignet identifiziert. Für die übrigen Dachflächen wird die Einstrahlung für den Verlauf eines ganzen Jahres bestimmt. Somit können alle Dachflächen auf Grundlage der Einstrahlungssimulation kategorisiert werden, inwieweit diese zur Installation von Solarthermie- oder Photovoltaikmodulen geeignet sind. Das Solarkataster dient als Basis der Potenzialanalyse für Solarthermie und Photovoltaik auf Dachflächen im Stadtgebiet Schönesee.



Abbildung 10: Auszug des Solarkatasters für die Stadt Schönesee

4.4.3.1 Solarthermie auf Dachflächen

Viele der für solare Nutzung geeigneten Dachflächen (siehe Solarkataster) können sowohl für die Installation von Solarthermieanlagen als auch für die Installation von Photovoltaikanlagen für die Stromproduktion genutzt werden. Aufgrund der direkten Standortkonkurrenz der beiden Techniken muss dabei eine prozentuale Verteilung berücksichtigt werden. Um ein praxisbezogenes Ausbausoll an Solarthermiefläche vorgeben zu können, wird als Randbedingung ein Deckungsziel des Warmwasserbedarfs in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ anvisiert. Ausgehend von einem spezifischen Energiebedarf für die Brauchwassererwärmung von $12,5 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{m}^2_{\text{WF}} \cdot \text{a}$ [EnEV] ergibt sich für das Betrachtungsgebiet ein jährlicher Gesamt-Energiebedarf von rund $1.713 \text{ MWh}_{\text{th}}$ für die Wassererwärmung. Das angestrebte Deckungsziel wird auf 60 % festgelegt.

Dies entspricht einem Energiebedarf von rund $1.028 \text{ MWh}_{\text{th}}$, der durch Solarthermie gedeckt werden soll. Um dies zu erreichen, werden insgesamt rund 2.570 m^2 an Kollektorfläche benötigt. Diese Fläche wird im Rahmen des Energienutzungsplans gleichzeitig als technisches Potenzial der Solarthermie definiert. Derzeit sind im Betrachtungsgebiet bereits Solarthermieanlagen mit einer Gesamtfläche von rund 1.397 m^2 installiert, sodass noch ein Ausbaupotenzial von rund 1.173 m^2 besteht. Das Ausbaupotenzial für Solarthermie auf Dachflächen beträgt somit 539 MWh.

4.4.3.2 Photovoltaik auf Dachflächen

Berücksichtigt man einen Vorrang von Solarthermie zur Warmwassererzeugung auf Wohngebäuden, so ergibt sich, ausgehend von der Annahme, dass das verbleibende Potenzial voll ausgeschöpft wird, ein technisches Gesamtpotenzial von 40.195 MWh/a . In Absprache mit den beteiligten Akteuren wurde ein Abzugsfaktor von 30 % gewählt, welcher potenzielle Hemmnisse in der praktischen Umsetzung (z. B. aus statischen Gründen) berücksichtigt. Somit steht ein Gesamtpotenzial in Höhe von 28.137 MWh Stromerzeugung pro Jahr zur Verfügung. Dies entspricht einer Gesamtleistung in Höhe von rund 31.263 kW_p .

Im Bilanzjahr 2019 waren bereits Module mit einer Gesamtleistung von rund 3.407 kW_p installiert, sodass unter den beschriebenen Annahmen noch ein Ausbaupotenzial von rund 27.856 kW_p besteht.

4.4.4 Photovoltaik auf Freiflächen

Im Rahmen des Energienutzungsplans für den Landkreis Schwandorf wurde ein umfassender Kriterienkatalog in Abstimmung mit allen relevanten Akteuren ausgearbeitet. Um die Potenziale für Photovoltaik auf Freiflächen ermitteln zu können, wurde dieser ebenso für den Energienutzungsplan der Stadt Schönsee verwendet. Der Kriterienkatalog zeigt potenzielle Flächen für die Installation von PV-Freiflächenanlagen im Stadtgebiet auf, wodurch - unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit - die Belange der sauberen Energieerzeugung und des Klimaschutzes nachvollziehbar mit den Belangen der Nahrungsmittelerzeugung, des Landschaftsbildes und des Naturschutzes zusammengeführt werden. Als Ergebnis konnte eine transparente Entscheidungsgrundlage für die Öffentlichkeit, Grundeigentümer, sonstige eingebundene Akteure sowie die Antragsteller bzw. Betreiber von Photovoltaik-Freiflächenanlagen geschaffen werden.

Im Energienutzungsplan wurde ein Ausbauziel der Freiflächen-Photovoltaik bis zum Jahr 2040 von insgesamt 22 Hektar definiert. Hierdurch könnten jährlich rund 17.600 MWh Strom produziert werden.

4.4.5 Wasserkraft

Im Ist-Zustand (Jahr 2019) werden rund 1.115 MWh Strom aus Wasserkraft gewonnen. Nach Abstimmung mit dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt Weiden werden in Schönsee keine größeren Potenziale zur Steigerung der Wasserkraftnutzung gesehen.

4.4.6 Biomasse

4.4.6.1 Holz für energetische Nutzung

Die Stadt Schönsee weist eine Waldfläche von rund 2.893 ha auf. [Statistik kommunal Bayern]

Über die aus den Auswertungen von Referenz-Kaminkehrerdaten abgeleiteten Kennwerte und Fragebögen kann errechnet werden, dass im Jahr 2019 in etwa 9.929 MWh Endenergie aus Biomasse bereitgestellt wurden (vergleiche Kapitel 3.3.2).

Zur Analyse des technischen Gesamtpotenzials an Holz für die energetische Nutzung wurde die Expertise des zuständigen Amtes für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, sowie der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) hinzugezogen. Insbesondere aktuelle Berechnungen der LWF stellen eine wesentliche Grundlage für die Potenzialanalyse im Bereich der holzartigen Biomasse dar.

Im Wesentlichen sind drei Quellen in diesem Zusammenhang von Bedeutung: Waldderbholz, Flur- und Siedlungsholz sowie Altholz. Während das LWF detaillierte Betrachtungen zu den Punkten Waldderbholz und Flur- und Siedlungsholz angestellt und veröffentlicht hat, so konnte das Aufkommen an Altholz mit Hilfe der vorliegenden Abfallstatistiken ermittelt werden.

Energieholz aus Forstwirtschaft

Die Betrachtungen der LWF in Bezug auf Waldderbholz geben die jährlich anfallende Energiemenge aus Holz oberhalb der Derbholzgrenze (>7 cm Durchmesser) an. Das potenzielle Holzaufkommen wurde auf Basis von Stichprobenflächen der dritten Bundeswaldinventur und unter Berücksichtigung von LWF-eigener Studien zum Waldumbau (im Zusammenhang mit der Anpassung der Wälder an den Klimawandel) ermittelt. Der energetisch nutzbare Anteil am Holzaufkommen wurde aus bekannten Holzeinschlagserhebungen, aus welchen die unterschiedliche Sortierungspraxis von Kleinprivatwald und größeren Forstbetrieben ersichtlich ist, abgeleitet. Der Anteil des Energieholzes in Privatwäldern ist beispielsweise größer, als in von großen Forstbetrieben bewirtschafteten Wäldern. Die Flächen der Besitzarten und -größen konnten über das automatisierte Liegenschaftsbuch ermittelt werden. Nach Analysen der LFW beläuft sich das energetische Potenzial somit auf 30.667 MWh.

Flur- und Siedlungsholz

Auch bei der Analyse des Aufkommens an Flur- und Siedlungsholz wurde auf Berechnungen der LWF zurückgegriffen [LWF]. Es handelt sich dabei um eine Potenzialberechnung unter Verwendung unterschiedlicher Fernerkundungs-, Modellierungs- und Inventurdatensätze. Es gibt die erzielbare Energiemenge aus Gehölzen, Hecken und Bäumen im Offenland an. Basis sind unter anderem Flächendaten aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) und dem digitalen Oberflächenmodellen (nDOM). Zudem wird sich auch hier auf Daten aus der dritten Bundeswaldinventur und die damit in Verbindung stehende Analyse von Stichprobenflächen gestützt.

Die LWF merkt an, dass es sich dabei um das theoretisch vorhandene Energiepotenzial handelt und nicht final abgeleitet werden kann, zu welchem Grad diese theoretischen Potenziale in der Praxis tatsächlich nutzbar gemacht werden können.

In Summe beträgt das theoretische Potenzial 250 MWh. Letztlich werden (unter anderem aus Gründen der Erfordernis der Wälder als CO₂-Senke und möglicher klimatischer Einflüsse) nicht 100 % des theoretischen Potenzials technisch nutzbar sein. Dies wird später mit einem Abschlagsfaktor berücksichtigt. Somit kann das hier angegeben theoretische Potenzial als legitime Größe für das spätere Ausweisen eines technischen Potenzials betrachtet werden.

Altholz

Laut Abfallbilanz fielen im Jahr 2019 im Betrachtungsgebiet pro Einwohner 20 kg Altholz an [LfU Altholz]. Ähnlich wie zuvor beim Aufkommen an Landschaftspflegeholz, steht auch diese Menge nur theoretisch vollständig zur Verfügung. In der Praxis wird diese Fraktion allerdings nur zu etwa der Hälfte einer energetischen Verwertung zugeführt. Die andere Hälfte erfährt eine stoffliche Verwertung. Unter Berücksichtigung der Einwohnerzahl im Betrachtungsgebiet steht somit eine Altholz-Menge von rund 49 t zur energetischen Nutzung zur Verfügung, was einer Energiemenge von rund 118 MWh/a entspricht.

Zusammenfassung feste Biomasse

In Tabelle 2 ist das technische Potenzial zur Energiebereitstellung aus holzartiger Biomasse zusammenfassend aufgelistet.

Tabelle 2: Zusammenfassung des rechnerischen, territorialen Gesamtpotenzials im Bereich fester Biomasse

| Energiebereitstellung | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------|
| Energieholz aus Waldbeständen | MWh/a | 30.667 |
| <u>zusätzlich:</u> | | |
| Flur- und Siedlungsholz | MWh/a | 250 |
| Altholz | MWh/a | 118 |
| Rechnerisches Gesamtpotenzial | MWh/a | 31.035 |

In Summe beträgt das rechnerische Gesamtpotenzial an fester Biomasse in der Stadt Schönsee rund 31.035 MWh, wovon aktuell rund 9.929 MWh genutzt werden. Das Ausbaupotenzial beträgt rechnerisch also 21.106 MWh.

4.4.6.2 Biogas / Biomasse-KWK

Der Begriff Biomasse-KWK beinhaltet nicht nur die klassischen Biogasanlagen, sondern vereint sämtliche Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, die auf der Basis von Biomasse Strom und Wärme generieren. Zumeist ist jedoch der Hauptanteil von Biomasse-KWK-Systemen auf der Basis von Biogas betrieben. Häufig sind noch (meist kleinere) Anlagen mit enthalten, die entweder auf der Basis von Biomethan oder Pflanzenöl betrieben werden oder auch kleinere Holzvergaser-Anlagen. Auch Klärgas-BHKWs sind in dieser Kategorie mit eingeschlossen.

Abhängig von der Entwicklung landwirtschaftlicher Betriebe im Betrachtungsgebiet und klimatischer Effekte auf die Erträge aus bestehenden landwirtschaftlichen Flächen, können i.d.R. im landkreisweiten Mittel maximal 10-20 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen nachhaltig zum Anbau von Energiepflanzen herangezogen werden. Hinzu kommen Potenziale aus der energetischen Verwertung von Gülle, Klärschlamm und biogenen Abfallstoffen. So ergibt sich ein rechnerisches Gesamtpotenzial zum Betrieb von Biomasse-KWK-Anlagen mit einer jährlichen Stromerzeugung von ca. 3.838 MWh.

Holzvergaser-Anlagen bzw. Heizkraftwerke auf der Basis von holzartiger Biomasse sind im Ausbaupotenzial zu Biomasse-KWK nicht mit enthalten. Es ist anzunehmen, dass der Hauptteil, der zur Verfügung stehenden Biomasse Holz (wie bisher) in klassischen Verbrennungsprozessen und nicht in Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozessen verwendet wird. Somit sind die diesbezüglich analysierten Stoff- und Energiemengen in der Kategorie Energieholz enthalten (Kapitel 4.4.6.1).

Im Ist-Zustand erzeugen die Biomasse-KWK-Anlagen in der Stadt Schönsee jährlich rund 13.943 MWh. Dementsprechend ist das nachhaltig vorhandene Potenzial im Stadtgebiet rechnerisch bereits überbeansprucht. Es muss im Zuge dessen aber beachtet werden, dass die Versorgung von Biogasanlagen mit Substrat in der Praxis auch über die Grenzen der Gemeinden, Landkreise und (besonders im Falle der östlichen Kommunen des Landkreises) sogar über Bundesgrenzen (Tschechien) hinweg erfolgt und somit auch Substrat in den Bilanzraum des Landkreises importiert wird. Wieviel mögliches Substrat über die Grenzen des Bilanzraums hinweg verbracht werden, ist nicht zu quantifizieren.

In Abstimmung mit der Steuerungsrunde wurde daher ein Szenario im Rahmen des Energienutzungsplans entwickelt, welches davon ausgeht, dass die Biogasleistung auch langfristig in dieser Form konstant bleibt. Das bedeutet, dass man innerhalb des Szenarios auch weiterhin von einem Substratimport in den Landkreis ausgeht.

Das skizzierte Szenario nimmt an, dass die Biogasleistung aus dem Ist-Zustand in etwa konstant bleibt. Die rechnerische Wärmeauskopplung, die unter diesen Umständen möglich wäre, läge bei rund 9.907 MWh (dabei wurde ein Anteil Eigenbedarf zur Fermenter-Beheizung bereits abgezogen). Diese Abwärme kann insbesondere bei einer Nutzung in Wärmenetzen einen wertvollen Beitrag leisten, fossile Energieträger wie Öl und Gas zu ersetzen. Vielerorts in Bayern lässt sich feststellen, dass Biogasanlagen hinsichtlich einer sinnvollen Wärmenutzung eher deplatziert errichtet wurden. Bei Neuanlagen müsste verstärkt ein Augenmerk auf eine intelligente Verortung für eine sinnvolle Einbindung der Abwärmenutzung und somit auch zur maximal effizienten Ausnutzung des Energiegehalts der eingesetzten Substrate gelegt werden.

In Bayern ist allgemein festzustellen, dass bestehenden Biogasanlagen Perspektiven geboten werden müssen, um weiter kostendeckend betrieben werden zu können. Der Weiterbetrieb ist im Kontext des erneuerbaren Energiemix' von großer Bedeutung, da sie – anders als die viel diskutierte Energieform Sonne und Wind – keiner Volatilität unterliegen, sondern jederzeit bedarfsgerecht gesteuert werden können. Mit dem Wegfallen von zentralen Großkraftwerken (Atom- und Kohlekraftwerke) sind dezentrale, grundlastfähige Kraftwerke auf regenerativer Basis von Biomasse, KWK-Anlagen und – mit Abstrichen – Wasserkraft von großer Bedeutung für die Stabilität des zukünftigen Energiesystems. Andererseits sehen Behörden und Fachverbände die Verbesserung der Flächeneffizienz von Biogasanlagen auch als wichtige zukünftige Anforderung. So wird zukünftig auch verstärkt eine Nutzung von biogenen Abfallstoffen angestrebt.

4.4.7 Windkraft

Im Ist-Zustand ist keine Windkraftanlage im Stadtgebiet Schönsee installiert. Für die Potenzialanalyse im Bereich Windkraft wurde auf die Studie „Gebietskulisse Windkraft“ des Bayerischen Landesamts für Umwelt zurückgegriffen. Die Gebietskulisse Windkraft bietet eine Erstbewertung windhöflicher Gebiete aus umweltfachlicher Sicht hinsichtlich ihrer Eignung als Potenzialflächen zur Windenergienutzung. Sie ersetzt nicht die immissionsschutzrechtliche Genehmigung. Ein Rechtsanspruch (etwa auf eine Genehmigung) lässt sich daraus nicht ableiten.

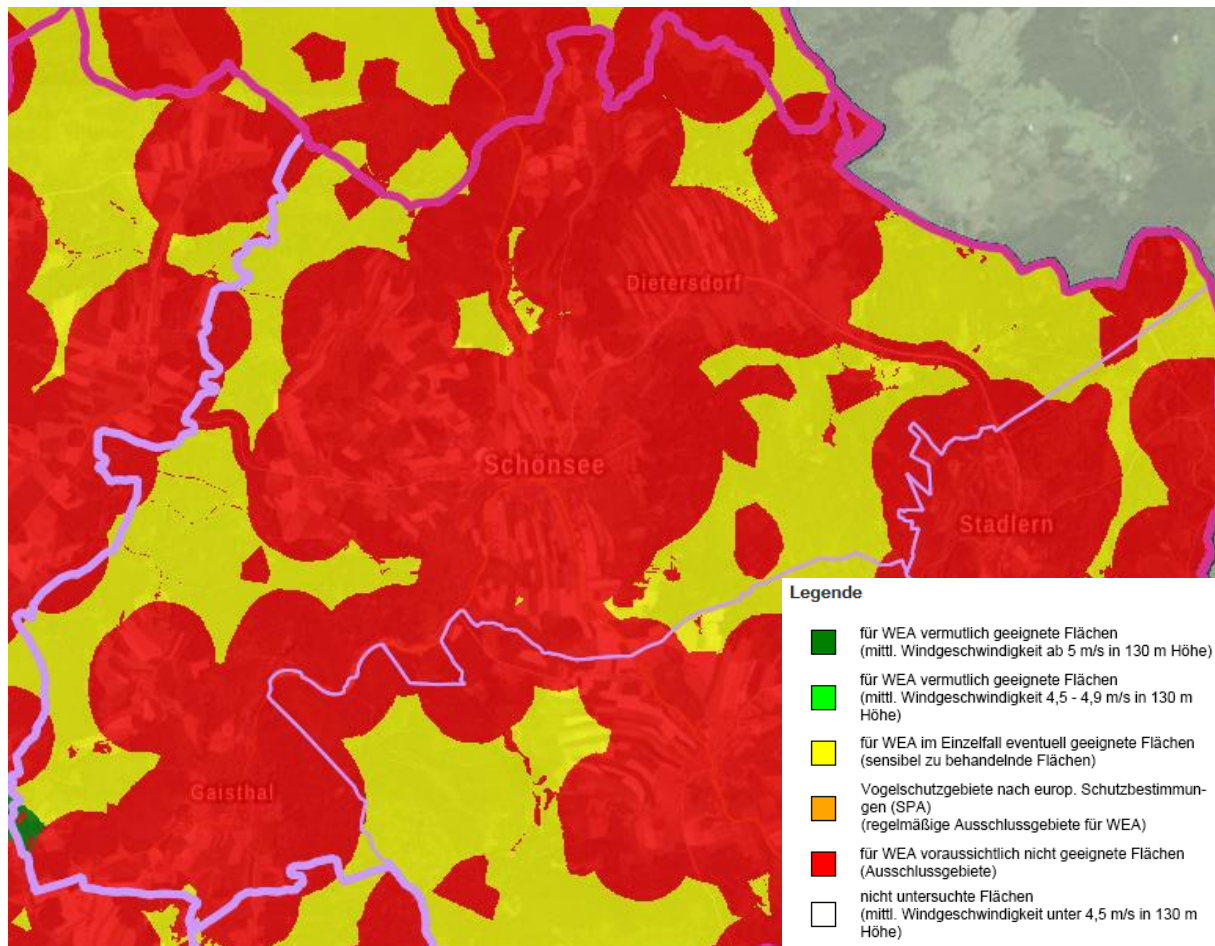


Abbildung 11: Auszug aus der Gebietskulisse Windkraft [Energie-Atlas Bayern (www.energieatlas.bayern.de), Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, eigene Bearbeitung]

Im Rahmen des Energienutzungsplans wird für das Szenario 2040 ein Ausbau von 33 % des gesamttechnischen Potenzials berücksichtigt. (225 Meter Gesamthöhe) Dies würde eine jährliche Stromerzeugung von rund 33.000 MWh bedeuten, was rund 193 % des gesamten Strombedarfs in Schönsee im Jahr 2019 entspricht.

Hinweise:

- Zum Zeitpunkt der Konzepterstellung wurden die Rahmenbedingungen für die Errichtung von Windkraftanlagen auf Bundesebene überarbeitet → das hier ausgewiesene Potenzial kann nur als Orientierung dienen
- Die Analysen im Rahmen des Energienutzungsplans basieren auf allgemeinen Studien und ersetzen keine Detailanalyse / Machbarkeitsstudie. Insbesondere im Bereich der Windkraft können konkrete Aussagen nur durch Fachbüros auf Basis vertiefter Analysen ausgearbeitet werden.
- Das Potenzial zur Nutzung von Kleinwindkraft weist eine hohe lokale Varianz auf und ist nur bedingt durch flächendeckende Analysen zu ermitteln.

4.4.8 Geothermie

Die Geothermie oder Erdwärme ist die im derzeit zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme. Sie umfasst die in der Erde gespeicherte Energie, soweit sie entzogen werden kann. Sie kann sowohl direkt genutzt werden, etwa zum Heizen und Kühlen, als auch zur Erzeugung von elektrischem Strom.

Grundsätzlich gibt es zwei Arten der Geothermienutzung:

- oberflächennahe Geothermie bis ca. 400 Meter Tiefe zur Wärme- und Kältengewinnung
- tiefe Geothermie ab 400 Meter Tiefe. In diesen Tiefen kann neben der Wärmeproduktion auch die Produktion von Strom interessant sein

Unter oberflächennaher Geothermie versteht man die Nutzung der Erdwärme in bis zu 400 Metern Tiefe. Durch Sonden oder Erdwärmekollektoren wird dem Erdreich Wärme auf niedrigem Temperaturniveau entzogen und diese Wärme mithilfe von Wärmepumpen und dem Einsatz elektrischer Energie auf eine für die Beheizung von Gebäuden nutzbare Temperatur angehoben.

Die Tiefengeothermie nutzt Erdwärme auf hohem Temperaturniveau in Tiefen ab 400 Metern. Eine nähere Betrachtung sowie eine Quantifizierung des Potenzials im Rahmen des Energienutzungsplans wurden nicht vorgenommen.

Potenzialermittlung oberflächennahe Geothermie

Zur Ermittlung der Potenziale oberflächennaher Geothermie wurde auf hydrogeologische Daten des Geologischen Dienstes des Landesamtes für Umwelt zurückgegriffen. In Abbildung 12 ist die Standortteignung oberflächennaher Geothermie im Stadtgebiet Schönsee dargestellt [LfU Bayern]. Es zeigt sich, dass viele Gebiete grundsätzlich für die Nutzung oberflächennaher Geothermie geeignet erscheinen. Der Großteil des Stadtgebiets ist grundsätzlich für die Nutzung von Erdwärmekollektoren und -sonden geeignet. *(Wichtig: Die Übersicht dient lediglich als Erstinformation. Die Umsetzung einer Anlage mit Nutzung oberflächennaher Geothermie bedarf zwingend einer detaillierten Einzelfalluntersuchung).*

Neben der hydrologischen Eignung und den bohrrechtlichen Rahmenbedingungen sind jedoch der energetische Zustand des Gebäudes sowie das im Gebäude zum Einsatz kommende Wärmeabgabesystem ausschlaggebend für die Nutzung oberflächennaher Geothermie.

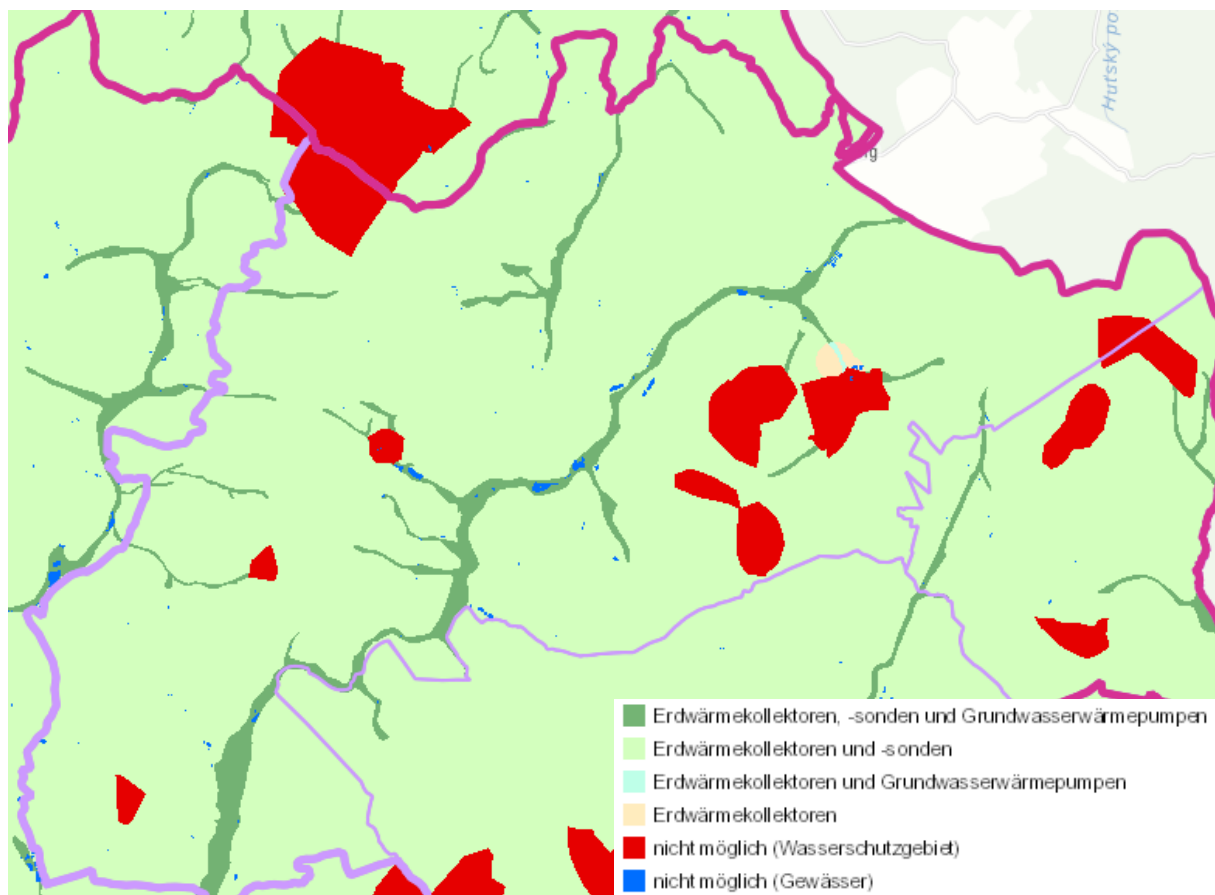


Abbildung 12: Standorteignung oberflächennahe Geothermie

Auf die Ausweisung bzw. Quantifizierung eines Gesamtausbaupotenzials wurde verzichtet, da für den Einsatz oberflächennaher Geothermie immer eine Einzelfallprüfung auf Basis der tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort notwendig ist. Der Einsatz von Wärmepumpen kann künftig einen wesentlichen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen leisten, wenn der für den Betrieb der Wärmepumpen notwendige Stromeinsatz aus regenerativen Energieformen erfolgt. Aus diesem Grund ist der weitere Ausbau der regenerativen Stromerzeugung wichtig, um diese Stromüberschüsse durch den Einsatz von Wärmepumpen regional nutzen zu können und den Bedarf an Heizöl und Erdgas zu mindern (Sektorenkopplung Power-to-Heat siehe Abbildung 13). Der weitere Ausbau von Wärmepumpensystemen könnte z. B. über Informationskampagnen forciert werden.

5 Energieszenario 2040 – Zusammenfassung der Potenzialanalyse

Basierend auf der Analyse der energetischen Ausgangssituation (siehe Kapitel 3) und der Potenzialanalysen (siehe Kapitel 4) wurden strategische Szenarien für Strom, Wärme und Mobilität erarbeitet, aus denen Handlungsoptionen und der Entwicklungspfad zur Senkung des Energieverbrauchs und für den Ausbau erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2040 abgeleitet werden können. Das Energieszenario 2040 stellt zugleich die Zusammenfassung der Ergebnisse aus den vorangegangenen Kapiteln dar. Anhand der Analyse und Zielsetzung können konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

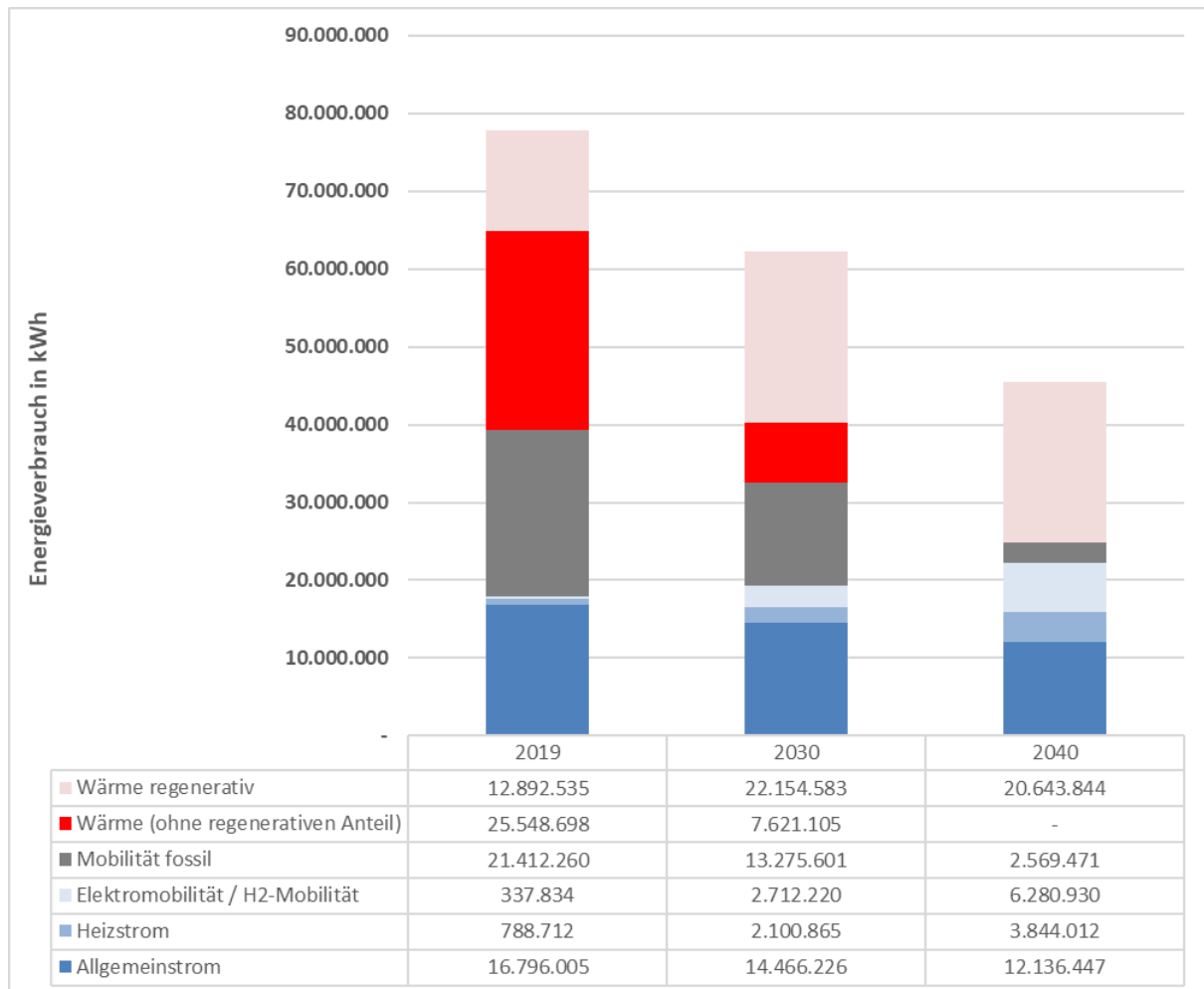


Abbildung 13: Energieszenario 2019 bis 2040 – Auswirkungen der Energieeinsparung und Transformation durch Elektrifizierung

Abbildung 13 zeigt die Energiebedarfs-Seite sowie die Auswirkung der in Kapitel 4 geschilderten Einspar- und Transformationsprozesse vom Ist-Zustand im Jahr 2019 (linker Balken) über das Jahr 2030 (mittlerer Balken) bis hin zum Zieljahr 2040 (rechter Balken). Die resultierende Einsparung basiert zum einen auf den berechneten Energieeinsparpotenzialen (z. B. durch Gebäudesanierungen) und zum anderen auf den beschriebenen Transformationsprozessen (E-Mobilität, Power-to-Heat).

Durch die verstärkte Elektrifizierung der Sektoren steigt jedoch der künftige Strombedarf (wertvollste Energieform!).

Zum Erreichen einer bilanziellen Eigenversorgung aus regenerativen Energien bis zum Jahr 2040 gilt es, den aufgezeigten Bedarf im Jahr 2040 vollständig durch Erschließung der Potenziale zu decken. In Abbildung 14 ist entsprechend der Ausbau der in Kapitel 4 ermittelten Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien dargestellt. Es ist ersichtlich, dass, gemäß diesem Entwicklungsszenario, eine Zunahme von rund 18.264 MWh im Ist-Zustand auf rund 82.564 MWh im Jahr 2040 erfolgen würde. Dies ist zum Großteil auf den Einsatz von Windkraftanlagen, PV-Aufdachanlagen und PV-Freiflächenanlagen zurückzuführen.

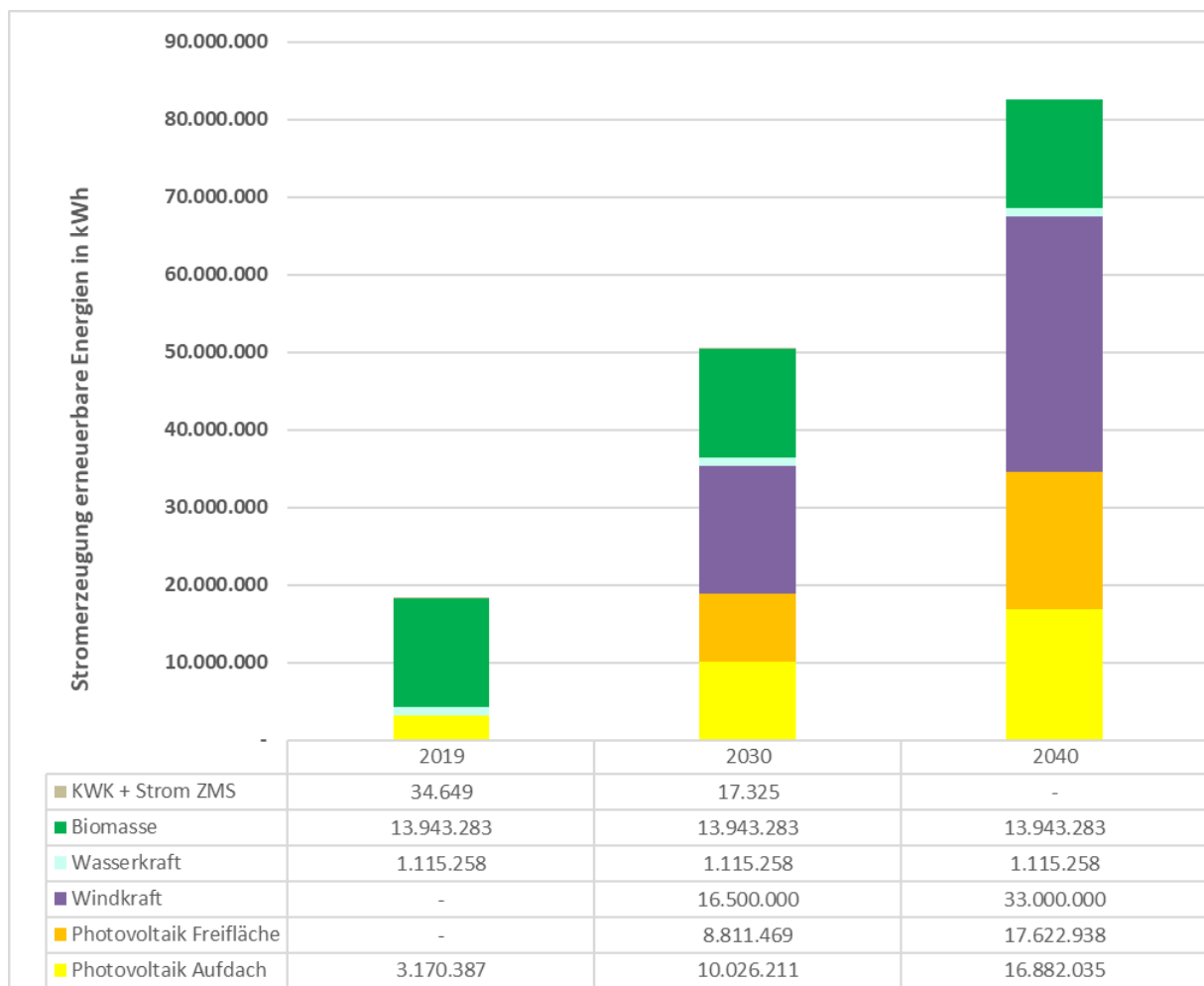


Abbildung 14: Energieszenario 2019 bis 2040 - Ausbauszenario erneuerbarer Energien im Strombereich

Den Bedarf (Abbildung 13) und die Erzeugung (Abbildung 14) im Jahr 2040 herausgegriffen und gegenübergestellt, ergibt sich das in Abbildung 15 dargestellte Verhältnis aus den jeweiligen Verbrauchssektoren und den regenerativ, regional bereitgestellten erneuerbaren Energie-Mengen. Hierbei geht deutlich hervor, dass bei Ausschöpfung des Potenzials an erneuerbaren Energien (rechte Säule) eine insgesamt bilanzielle Eigenversorgung der Energiebedarfe im Jahr 2040 (linke Säule) möglich wäre.

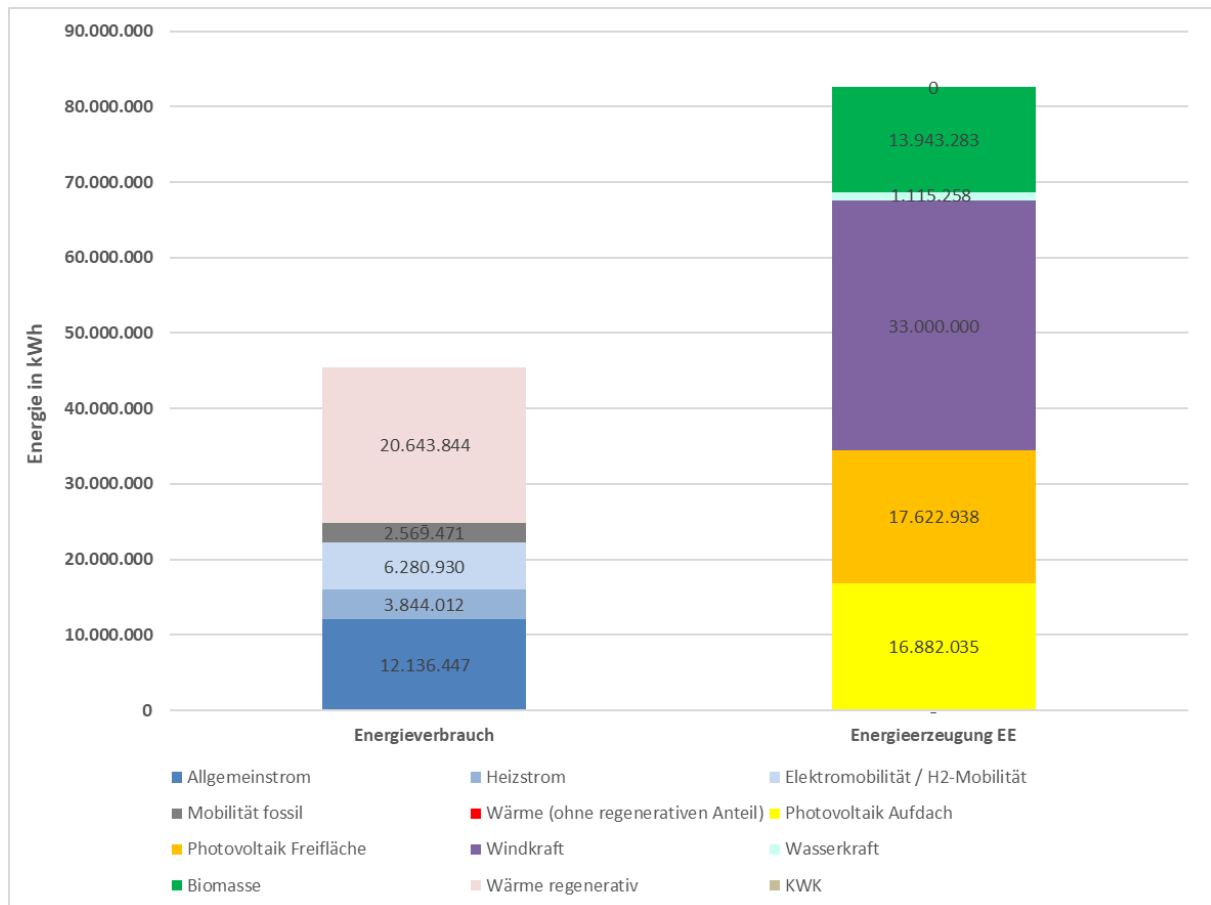


Abbildung 15: Energieszenario im Jahr 2040 – Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der erneuerbaren Energien

Hinweise:

- Es muss erwähnt werden, dass es sich hierbei um eine rein bilanzielle Betrachtung handelt, keine Autarkiebetrachtung. Der tatsächliche Autarkiegrad könnte jedoch auf verschiedene Wege erhöht werden. So ist es ggf. möglich, Verbraucher nach der aktuellen Erzeugung auszurichten, bspw. wenn ein hohes Angebot an Sonne und Wind vorliegt (Lastmanagement). Alternativ können verschiedene Formen von Stromspeichern dazu dienen, Überkapazitäten zu puffern und bei Bedarf freizugeben. Darüber hinaus wäre ein Speichern von Strom über Zwischenstufen (wie z. B. das Medium Wasserstoff) denkbar.

- *Der Ausbau erneuerbarer Energien ist stark von den Möglichkeiten zur Einspeisung des Stroms in die Netze abhängig. Insbesondere auf der Mittelspannungs- und Hochspannungsebene zeigen sich häufig Kapazitätsengpässe, die den zügigen Ausbau erneuerbarer Energien verzögern.*

6 Maßnahmenkatalog

Das Kernziel des digitalen Energienutzungsplans ist die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkatalogs, der konkrete Handlungsempfehlungen für die Kommune aufzeigt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit den kommunalen Akteuren ausgearbeitet und während der Konzepterstellung stetig an die aktuellen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen angepasst und konkretisiert.

Auf Basis des Maßnahmenkatalogs wurde die nachfolgende Maßnahme als Schwerpunktprojekt im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans näher geprüft (siehe Kapitel 7):

- Aufbau eines Nahwärmenetzes im Kernort Schönsee

| Nr. | Projekttitle | Beschreibung und nächste Schritte | Verantwortliche Akteure |
|-----|--|--|-------------------------|
| 1 | Beleuchtungstausch Rathaus Schönsee | Im Rathaus der VG Schönsee ist derzeit noch zum Großteil alter Leuchtenbestand verbaut. Die Leuchten sollen nun zum Großteil auf LED umgerüstet werden. Erfahrungsgemäß ist in diesem Zusammenhang an vielen Stellen die Inanspruchnahme von Fördermitteln möglich - dies ist aber immer individuell zu prüfen. | Stadt Schönsee |
| 2 | PV-Anlagen auf kommunalen Liegenschaften | In der Stadt gibt es verschiedene kommunale Gebäude (u. a. Rathaus, Kindergarten), die sich grundsätzlich für die Installation einer PV-Anlage anbieten würden. Eine allgemeine Prüfung der städtischen Liegenschaften wäre aktuell sehr sinnvoll. Im ersten Schritt könnte das Potenzial anhand des im Rahmen des Energienutzungsplans erstellte Solarpotenzialkatasters ermittelt werden. Bei etwas diffizileren Konstellationen könnte als weiterführender Schritt eine detailliertere technisch/wirtschaftliche Begutachtung durch fachkundige Anlaufstellen erfolgen. | Stadt Schönsee |
| 3 | Photovoltaikanlage auf dem Dach der Schule | Um einen Teil des Strombedarfs zukünftig über dezentral selbst erzeugten Solarstrom decken zu können, möchte die Stadt eine PV-Anlage auf der Schule installieren. Schulen bieten sich aufgrund des sehr taglastigen Verbraucherprofils gut für die Solarstromnutzung an und bieten i.d.R. günstige Bedingungen für einen wirtschaftlichen Betrieb. | Stadt Schönsee |

| | | | |
|---|--|--|---|
| 4 | Aufbau eines Wärmenetzes im Kernort | Die Stadt befindet sich zur Zeit in der vertieften Konzipierung eines großen Wärmenetzes im Kernort. Neben kommunalen Liegenschaften (u. a. Schule, Rathaus, Feuerwehrhaus) sollen an das Netz auch weitere Gebäude (kirchliche Liegenschaft und Neubau eines Seniorenheims), angeschlossen werden. Gespeist werden soll das Netz durch die Abwärme einer neuen Biomasse-Pyrolyse-Anlage. Die Gespräche mit dem zukünftigen Betreiber der Anlage laufen und sind wesentlicher Bestandteil der laufenden Kalkulationen. | Stadt Schönsee, Wärmeabnehmer, Wärmenetzbetreiber |
| 5 | Energetische Einzelmaßnahmen am Schulgebäude | Ein Teil der Schule wurde bereits in größerem Maße energetisch saniert. Dennoch verbleibt ein hoher Restverbrauch. Um diesen bestenfalls noch zu reduzieren, prüft die Stadt weitere effizienzsteigernde bzw. energieinsparende Schritte für das Schulgebäude. Beispielsweise ist ein umfangreicher Beleuchtungstausch auf LED angedacht. | Stadt Schönsee |
| 6 | Prüfung PV-Anlage Feuerwehrhaus | Das Feuerwehrhaus hätte aufgrund seiner günstigen Ausrichtung hohes Potenzial für eine PV-Anlage. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen für Aufdach-Photovoltaik wurden zuletzt mit dem EEG 2023 wieder verbessert, was der Maßnahme aktuell zuträglich sein sollte. Für eine den Vor-Ort-Verhältnissen optimal angepasste Anlagendimensionierung und die zugehörige Wirtschaftlichkeitsbewertung empfiehlt es sich, eine fachkundige Einschätzung vor Ort durchführen zu lassen. | Stadt Schönsee |
| 7 | Umrüstung Straßenbeleuchtung | Ein Teil (ca. 20 %) der Straßenbeleuchtung wurde bereits durch effiziente LED-Technik getauscht. Dies betrifft vor allem Neubaugebiete und Außenbereiche. Weitere alte Bestands-Leuchten sollen nun auch noch sukzessive umgerüstet werden, hierfür hat der Stadtrat bereits einen entsprechenden Beschluss gefasst. | Stadt Schönsee |

| | | | |
|----|--|---|---|
| 8 | Alternative Wärmeversorgung Kläranlage und Bauhof | <p>Sowohl die Kläranlage als auch der Bauhof werden noch über ältere Wärmeerzeuger beheizt. Eine Überlegung der Stadt ist es, die beiden Liegenschaften zukünftig aus Abwärme der Firma Irlbacher zu versorgen. Ausgehend vom Firmenstandort gibt es bereits eine bestehende Wärmeleitung, welche bisher nicht weit entfernt von Kläranlage und Bauhof endet. Aussagen des Unternehmens nach, wäre eine ganzjährige Versorgung möglich. Alternativ oder ergänzend dazu, besteht auch bereits eine Wärmeleitung für eine Abwärmenutzung der Biogasanlage Utz. Sie ist bereits bis in die Nähe des Bauhofs verlegt. Daher wäre ggf. auch eine Mischform aus beiden Wärmequellen denkbar.</p> <p>Sofern bestehende Wärmenetze erweitert werden, bietet es sich an auch weitere potenzielle Wärmeabnehmer entlang einer gedachten Trasse, z. B. private Haushalte, in die Betrachtungen mit einzubeziehen. Dies kann im ersten Schritt durch Annahmen (i.V.m. dem Wärmekataster) oder durch eine Fragebogenaktion erfolgen.</p> | Stadt Schönsee, Firma Irlbacher, Biogasanlagenbetreiber |
| 9 | Beleuchtungsumrüstung Centrum Bavaria Bohemia (CeBB) | <p>Das Gebäude gehört mit jährlich 32.000 kWh zu den größten Stromverbrauchern unter den städtischen Liegenschaften. Nach Einschätzung der Stadt, ist noch viel älterer Leuchtmittelbestand vorhanden. Es scheint daher sinnvoll, eine Bestandsaufnahme der zur Zeit verbauten Leuchten und Leuchtmittel vorzunehmen, um anschließend gezielt vor allem viel genutzte Räume und Abschnitte hinsichtlich einer Umrüstung auf LED technisch/wirtschaftlich im Detail zu betrachten. Weiteres Potenzial für Stromeinsparmaßnahmen könnte im Zusammenhang mit z.B. Heizungspumpen oder Raumlufttechnischen Anlagen bestehen.</p> | Stadt Schönsee |
| 10 | Effizienzsteigerung Pumpstationen | <p>Auf die vorhandenen Pumpstationen entfällt in Summe ein großer Teil des jährlichen Gesamtstromverbrauchs der städtischen Verbrauchsstellen. Maßnahmen wie beispielsweise ein Tausch noch bestehender stufen geregelter Pumpen auf frequenzgesteuerte Pumpen bergen erfahrungsgemäß ein hohes Einsparpotenzial. Der Bestand an Pumpen sollte aufgenommen, der (energetische) Zustand bewertet und ggf. gezielt eine Umstellung auf hocheffiziente Pumpen individuell technisch und wirtschaftlich betrachtet werden.</p> | Stadt Schönsee |

| | | | |
|----|---|--|--|
| 11 | Ausbau des Stromnetzes in Schönsee | Das Stromnetz in Schönsee bildete in jüngerer Vergangenheit schon im Zusammenhang mit verschiedenen erneuerbaren Großprojekten einen Flaschenhals. Da mit einem Netzausbau i.d.R. immer konkrete Vorhaben verbunden sein müssen, sollten die Überlegungen hinsichtlich Freiflächen-PV- oder Windkraftanlagen interkommunal (vor allem mit den Nachbargemeinden) und mit dem Netzbetreiber abgestimmt werden. So ergibt sich bestenfalls eine konkrete Gebietskulisse für Projekte, auf deren Basis der Netzbetreiber auch den Ausbau von Umspannwerken und Leitungen planen und umsetzen kann. | Stadt Schönsee, Nachbarkommunen, Netzbetreiber |
| 12 | Informationsveranstaltung für PV-Anlagen für Bürger | Den Ableitungen aus dem Solarpotenzialkataster des Landkreises zufolge, gibt es auch in Schönsee allgemein noch sehr hohes Potenzial für PV-Aufdachanlagen. Die Stadt möchte die Bürger mehr für das Thema sensibilisieren. Es bestehen daher Überlegungen Informationsveranstaltungen für Bürger zu organisieren. | Stadt Schönsee |

7 Schwerpunktprojekt

7.1 Aufbau eines Nahwärmenetzes im Kernort Schönsee

Im Rahmen des Energienutzungsplanes für die Stadt Schönsee wurde untersucht, ob und in welchem Bereich der Aufbau eines Wärmenetzes sinnvoll ist und welche Vorteile der Aufbau eines Wärmenetzes mit sich bringen kann. Als Gebietsumgriff wurde nahezu die gesamte Stadtmitte sowie die Liegenschaften „Am Hopfengarten“ und „Weidinger Straße“ definiert.

Im Zuge der Untersuchung des Gebietes wurde eine überwiegende Wärmeversorgung durch dezentrale Heizölkessel ermittelt, welche in den kommenden Jahren ausgetauscht werden müssen bzw. sollen. Zudem sind in diesem Bereich einige größere bzw. öffentliche Liegenschaften, wie der geplante Neubau der sozialtherapeutischen Einrichtung, das geplante Seniorenheim, die städtische Schule, das Rathaus, die Feuerwehr, die Löw`schen Einrichtungen usw., verortet, welche künftig als Ankerkunden dienen könnten. Daher bietet sich dort der Aufbau einer netzgebundenen Wärmeversorgung vorzugsweise an.

7.1.1 Ist-Zustand

Um den Wärmebedarf zu bestimmen und somit das Wärmenetz auszulegen, wurden die zur Erstellung eines gebäudescharfen Wärmekatasters ermittelten Wärmebedarfe für die einzelnen Gebäude hinterlegt. Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass das Wärmekataster die berechneten Wärmebedarfe graphisch darstellt. Rot hinterlegte Liegenschaften weisen einen hohen Wärmebedarf auf, grün eingefärbte Gebäude haben einen geringen Wärmebedarf.



Abbildung 16: Auszug aus dem Wärmekataster

7.1.2 Möglicher SOLL-Zustand

Bei Berücksichtigung eines vollständigen Anschlusses der öffentlichen und kirchlichen Einrichtungen sowie einer Anschlussquote von 30 % der im Gebietsumgriff liegenden privaten Immobilien ergibt sich ein gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste) von ca. 3.100.000 kWh/a. Hierbei wurde für den Gebäudebestand ein Anteil von 15 % des Gesamtwärmebedarfs zur Bereitstellung von Warmwasser berücksichtigt.

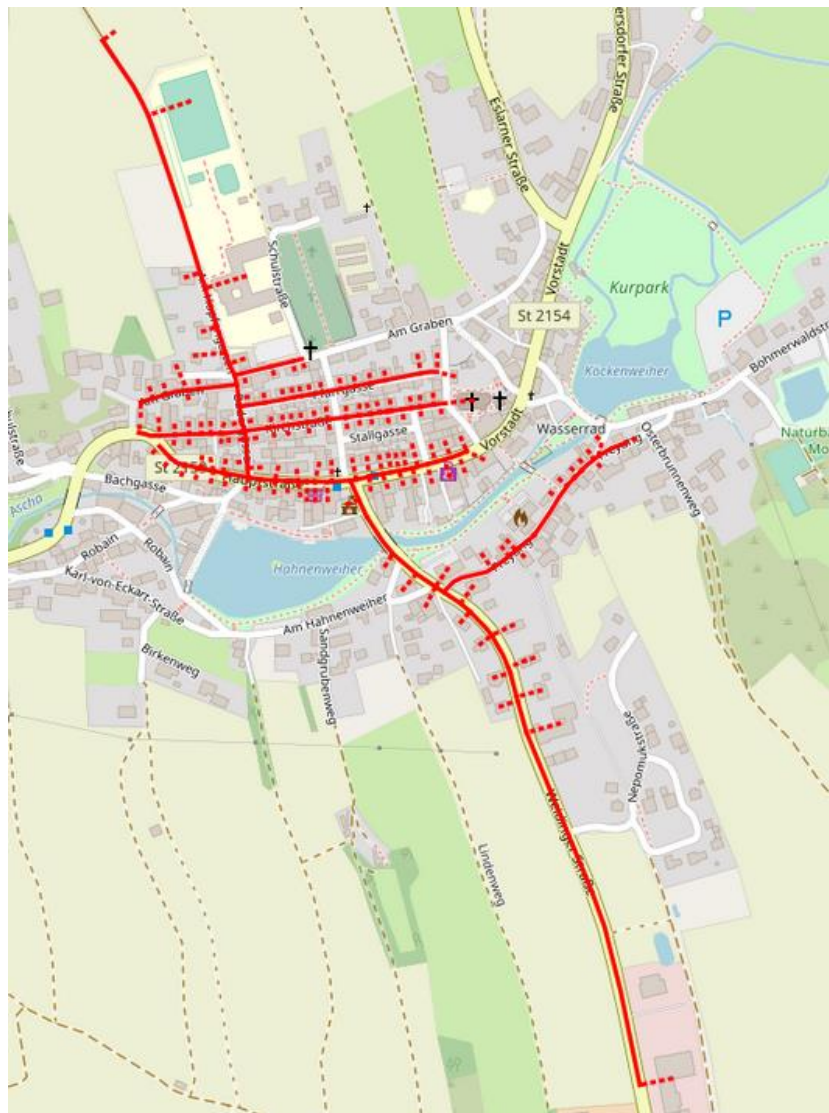


Abbildung 17: betrachteter Gebietsumgriff für das Wärmenetz Schönesee

Für die netzgebundene Wärmeversorgung der im Plan dargestellten Abnehmer ergeben sich folgende Kennzahlen (gerundet) für das Wärmenetz:

Tabelle 3: technische Kennzahlen für das Wärmenetz

| | |
|--|------------------|
| Heizwärmebedarf [kWh/a] | 2.634.000 |
| Warmwasserbereitung [kWh/a] | 472.000 |
| Länge Hauptnetz [m] | 2.700 |
| Länge Hausanschlüssen [m] | 600 |
| gesamte Netzlänge [m] | 3.300 |
| Wärmeverluste [kWh/a] | 719.000 |
| Anteil Wärmeverluste [%] | 23,2 |
| spez. Wärmebelegungsichte [kWh/m*a] | 950 |

Die vorherige Tabelle 3 zeigt, dass der wichtige Kennwert der spezifischen Wärmebelegungsichte, dieser gibt an welche Wärmemenge über eine bestimmte Leitungslänge abgesetzt werden kann, einen guten Wert von 950 kWh/m*a aufweist.

Mithilfe der Gradtagszahlen der Stadt Schönsee wurde der jährliche Wärmebedarf auf die einzelnen Monate aufgeteilt. D.h. der Wärmebedarf wird so über die Monate im Jahr verteilt, wie er aufgrund der Temperaturunterschiede zwischen Außenluft und Raumluft anfällt. Der Wärmebedarf zur Warmwasserbereitstellung sowie die anfallenden Netzverluste werden über das Jahr als konstant angesehen.

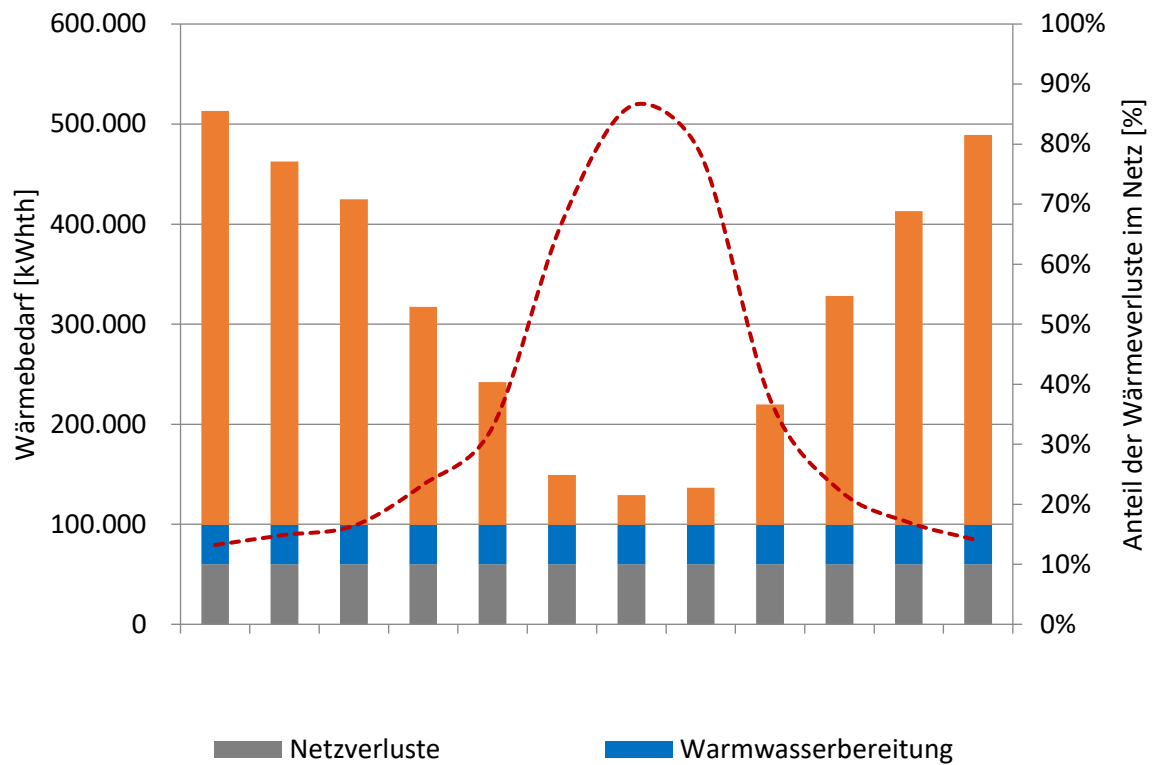


Abbildung 18: monatlicher Wärmebedarf im Gebietsumgriff

In einem weiteren Schritt wurde auf Grundlage der monatlich anfallenden Wärmebedarfe eine geordnete thermische Jahresdauerlinie gebildet. Diese beschreibt den Leistungsbedarf über alle 8.760 Stunden eines Jahres, geordnet vom höchsten bis zum geringsten Leistungsbedarf. Dabei wurden 1.700 Vollbenutzungsstunden angenommen, d.h. rein rechnerisch gesehen wird zu so vielen Stunden die volle Leistung der Wärmeerzeuger benötigt.

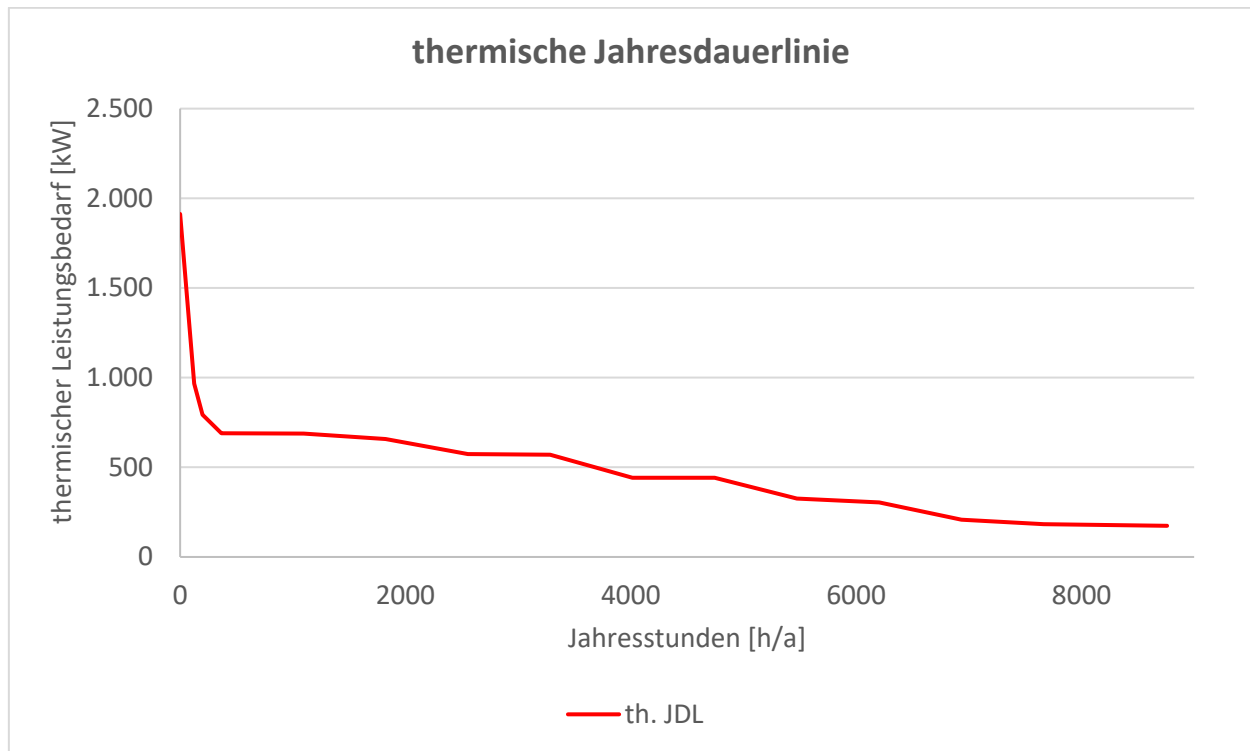


Abbildung 19: Darstellung der Thermischen Jahresdauerlinie im Gebietsumgriff

Als Spitzenlast ergeben sich aus der Jahresdauerlinie etwa 1.900 kW. Im Winter ist eine Leistung von circa 700 kW, im Sommer eine Leistung von annähernd 200 kW, zur Grundlastdeckung notwendig.

Auf Basis der Jahresdauerlinie wurden zwei verschiedene Wärmeversorgungsvarianten betrachtet und eine grobe Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die beiden Konzepte aufgestellt. Einerseits wird die entstehende Wärme aus einer Pyrolyseanlage, andererseits die thermische Nutzung von Hackschnitzeln als Wärmequelle betrachtet. Bei beiden Varianten wird die notwendige Leistung mittels einer Kaskade bereitgestellt, um einen ineffizienten Teillastbetrieb der Anlagen zu reduzieren. Eine Spitzenlastversorgung wurde in dieser ersten Betrachtung nicht berücksichtigt.

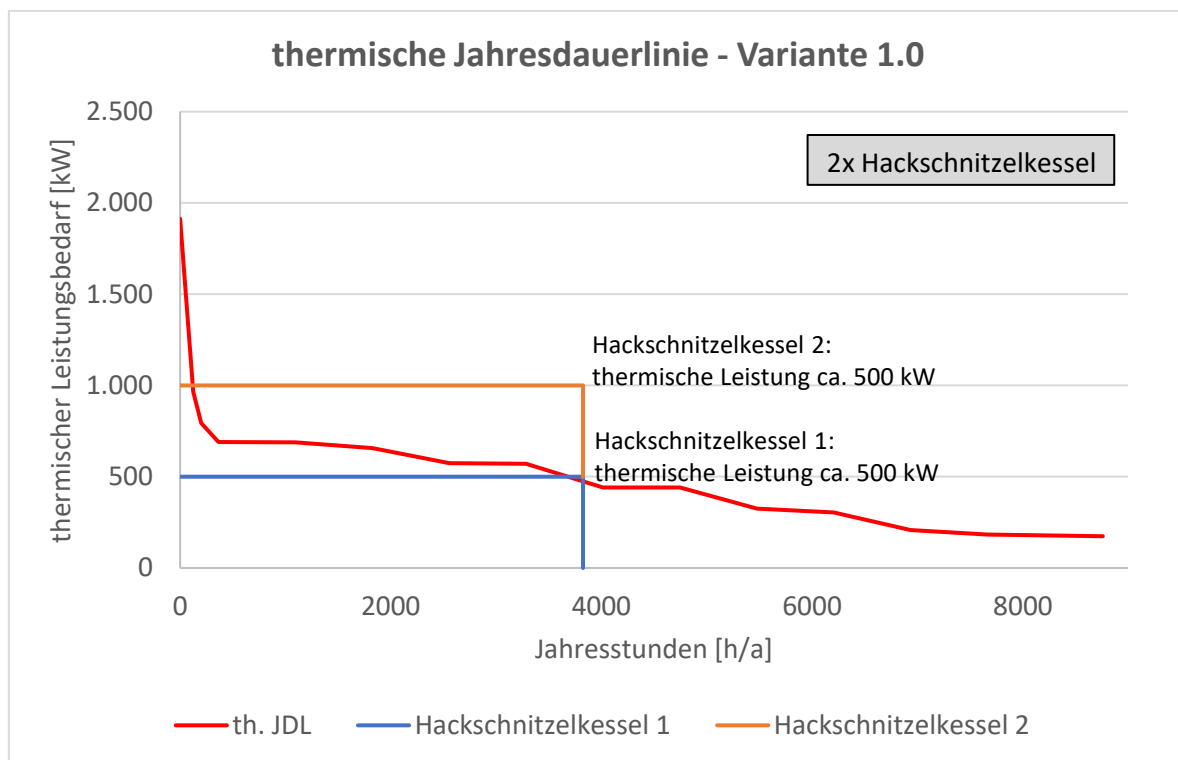


Abbildung 20: Darstellung der Thermischen Jahresdauerlinie - Wärmebereitstellung aus Hackschnitzel

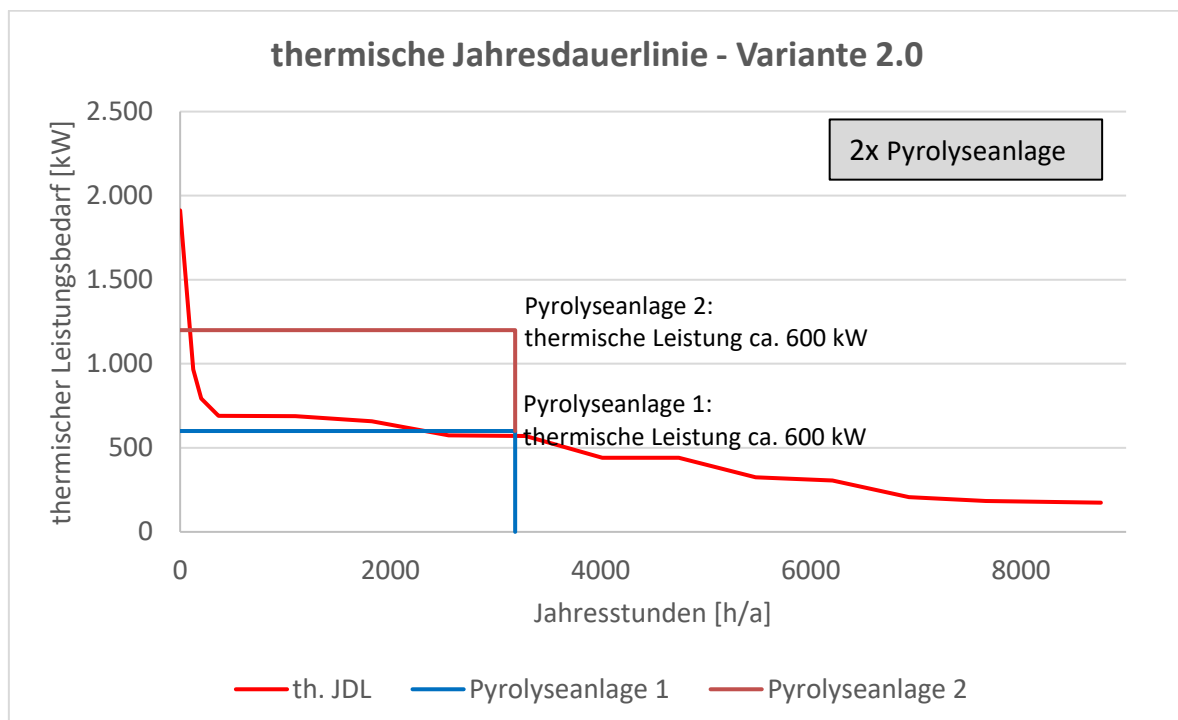


Abbildung 21: Darstellung der Thermischen Jahresdauerlinie - Wärmebereitstellung aus einer Pyrolyseanlage

Wirtschaftliche Bewertung:

Für beide Auslegungen wurde eine überschlägige Wirtschaftlichkeit, bezogen auf einen Zinssatz von 3 % und einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren, ermittelt. Es wurde ausschließlich die Wirtschaftlichkeit des Netzes berechnet, Kosten für die Wärmeerzeugung werden pauschal mit angesetzt (in Ct/kWh). Neben Wärmekosten ab Heizhaus für 3,0 ct/kWh für Wärme aus der Pyrolyseanlage wurde für Vergleichszwecke eine Wärmebereitstellung auf Basis von Hackschnitzelkesseln mit Wärmekosten ab Heizwerk von 6,5 ct/kWh (überschlägig ermittelt) berücksichtigt. Für beide Varianten erfolgt eine wirtschaftliche Bewertung exklusive und inklusive Förderung in Höhe von 40 % (pausch. Ansatz in Anlehnung an die BEW Förderung).

Unabhängig von den Wärmeerzeugern fallen für die Verlegung des 3.300 m langen Wärmenetzes spezifische Leitungskosten von 650 €/m und Gesamtkosten von 2,145 Mio. € an. Ebenso fallen bei beiden Versorgungskonzepten Kosten für die Druckhaltung, die Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik, die Hausübergabestationen sowie für die Einbindung der Wärmeerzeuger von insgesamt 600.000 € an. Für die Projektentwicklung wurden 549.000 € angenommen.

Tabelle 4: wirtschaftliche Kennzahlen für das Wärmenetz (ohne Betrachtung von möglichen Fördermitteln)

| | Variante 1.0 ohne Förderung | Variante 2.0 ohne Förderung |
|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Summe Investition [€] | 3.294.000 | 3.294.000 |
| Kapitalkosten [€/a] | 221.409 | 221.409 |
| Betriebskosten [€/a] | 35.000 | 35.000 |
| Netzverlust [ct/kWh] | 6,5 | 3,0 |
| [€/a] | 46.731 | 21.568 |
| Jahreskosten [€/a] | 303.139 | 277.977 |
| Netzdurchleitung [ct/kWh] | 9,8 | 8,9 |
| Wärme ab Heizhaus [ct/kWh] | 6,5 | 3,0 |
| Wärmekosten [ct/kWh] | 16,3 | 11,9 |

Ohne Förderung ergeben sich Wärmekosten von 11,9 ct/kWh bei Nutzung einer Pyrolyseanlage und 16,3 ct/kWh bei Einsatzes einer Biomasseheizung. Mit Förderung sinkt in beiden Versorgungszuständen der Wärmepreis ab. Zum Ende der Erarbeitung des ENP kam vom möglichen Betreiber der Pyrolyseanlage die Aussage, dass die zunächst kommunizierten 3 Ct/kWh Wärmepreis nicht mehr haltbar sind.

Tabelle 5: wirtschaftliche Kennzahlen für das Wärmenetz (inkl. möglicher Fördermittel)

| | Variante 1.0 mit Förderung | Variante 2.0 mit Förderung |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Summe Investition [€] | 1.976.400 | 1.976.400 |
| Kapitalkosten [€/a] | 132.845 | 132.845 |
| Betriebskosten [€/a] | 35.000 | 35.000 |
| Netzverlust [ct/kWh] | 6,5 | 3,0 |
| [€/a] | 46.731 | 21.568 |
| Jahreskosten [€/a] | 214.576 | 189.413 |
| Netzdurchleitung [ct/kWh] | 6,9 | 6,1 |
| Wärme ab Heizhaus [ct/kWh] | 6,5 | 3,0 |
| Wärmekosten [ct/kWh] | 13,4 | 9,1 |

Mit Förderung ergeben sich in der Variante 1 Wärmegestehungskosten von 13,4 Ct/kWh.

Abschließend ist festzuhalten, dass eine detailliertere Untersuchung des Gebietsumgriffs im Hinblick auf den Aufbau eines Wärmenetzes ratsam scheint. Zum einen weist das Wärmenetz bereits bei einer Anschlussquote von 30 % eine spezifische Wärmebelegungsdichte von 950 kWh/m*a auf, zum anderen befinden sich im Gebietsumgriff einige öffentliche Liegenschaften, welche künftig als Ankerkunden angesehen werden können.

Es wird empfohlen im nächsten Schritt eine detaillierte Machbarkeitsstudie mit Förderung durch die BEW durchzuführen. Infos zur BEW Förderung werden im nächsten Kapitel beschrieben.

7.1.3 Fördermöglichkeiten Wärmenetze Bundesförderung effizienter Wärmenetze (BEW)

Das BEW ist zum 15.09.2022 in Kraft getreten und soll das bestehende Förderprogramm „Wärmenetze 4.0“ ersetzen sowie für einen schnelleren Einsatz von erneuerbarer Wärme (EE-Wärme) sorgen. Ziel ist es dabei, die Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045 und das Europäische Klimagesetz (Klimaneutralität bis 2050) zu erreichen. Ebenso ist die Förderung dafür zuständig, die Wirtschaftlichkeitslücke zwischen fossilen und erneuerbaren Wärmenetzen zu schließen.

Im Durchschnitt ist ein Zubau pro Jahr über ca. 681 MW erneuerbare Wärme geplant. In der Betrachtung werden kleine, mittelgroße als auch große Wärmenetze berücksichtigt. Das BEW erfordert für den Neubau von Wärmenetzen einen EE-Wärme-Anteil von mindestens 75 % sowie entweder mehr als 16 Gebäude oder 100 WE. Kann diese Voraussetzung nicht erfüllt werden, so kann eine Förderung nach BEG erfolgen.

Die Aufteilung des Förderprogramms erfolgt nach folgenden Themenbereichen:

- Transformationsplan (Bestandsnetz) und Machbarkeitsstudie (Neues Netz)
- Systemische Förderung
- Einzelmaßnahmen
- Betriebskostenförderung

Insgesamt ist neben einer Förderung für die Erstellung der notwendigen Studie eine investive Förderung und eine Betriebskostenförderung vorgesehen. Diese Instrumente sollen die Wirtschaftlichkeitslücke zu den konventionellen Wärmeerzeugungssystemen schließen.

Zum Stand Q1 2023 gilt:

1. Transformationspläne und Machbarkeitsstudien:
 - Förderquote: 50 %
 - Bewilligungszeitraum: 12 Monate (einmalige Verlängerung um 12 Monate möglich)
 - max. Fördersumme: 2 Mio. € pro Antrag
2. Systemische Förderung Neubaunetze
 - Förderquote: 40 %
 - Bewilligungszeitraum: 48 Monate (einmalige Verlängerung um 24 Monate möglich)
 - max. Fördersumme: 100 Mio. € pro Antrag

3. Transformation Bestandsnetze

- Förderquote: 40 %
- Bewilligungszeitraum: 48 Monate (einmalige Verlängerung um 24 Monate möglich)
- max. Fördersumme: 100 Mio. € pro Antrag

4. Einzelmaßnahmen

- Förderquote: 40 %
- Bewilligungszeitraum: 24 Monate (einmalige Verlängerung um 12 Monate möglich)
- max. Fördersumme: 100 Mio. € pro Antrag

Die Betriebskostenförderung kann für die ersten zehn Betriebsjahre von Wärmepumpen und Solarthermieranlagen beantragt werden. Solarthermie erhält hierdurch eine Förderung von 1 ct/kWh_{th}.

Bei Wärmepumpen ist die Förderung auf 90 % der nachgewiesenen Stromkosten begrenzt. In Abhängigkeit der EEG-Umlage und der Jahresarbeitszahl (JAZ)¹, ergeben sich Förderbeträge bei

- Strombezug (maximal 9,2 ct/kWh_{th,Umweltwärme})
- EE-Eigenstromnutzung mit Strom aus erneuerbaren Energieanlagen ohne Netzdurchleitung (maximal 3 ct/kWh_{th})

Zu den förderfähigen Wärmequellen gehören

- Solarthermieranlagen bzw. Photovoltaisch-thermische Kollektoren
- Wärmepumpen zur Nutzung von Umweltwärme
- Tiefe Geothermie
- Biomassekessel
- Abwärme

Zur förderfähigen Infrastruktur gehören

- Wärmeverteilung
 - Rohrleitungssystem inkl. Verlegung und Dämmung
 - Armaturen
 - Leckageüberwachung
 - Übergabestationen und Wärmepumpen im Eigentum des Wärmenetzbetreibers

¹ Die Jahresarbeitszahl ist der Quotient aus der bereitgestellten Energiemenge in Form von Wärme und der dafür eingesetzten Energiemenge in Form von Brennstoffen oder Strom in einem Kalenderjahr.

- Maßnahmen zur Optimierung des Wärmenetzes
 - Wärmespeicher
 - hocheffiziente Pumpen
 - Anlagen zur Druckerhöhung und Druckhaltung
 - Mess-, Steuer-, und Regelungstechnik
 - Digitalisierungskomponenten
 - Wärmetauscher
 - Wärmepumpen im Netz
- Umfeld Maßnahmen
 - Heizzentralen des Wärmenetzes bei Einbindung neuer, im Rahmen der Richtlinie förderfähiger Anlagen
 - Anlagen zur Besicherung bei Einbindung neuer Anlagen mit klimaschonendem Energieträger

8 Zusammenfassung

Mit dem digitalen Energienutzungsplan für die Stadt Schönsee wurde ein Instrument zur Umsetzung einer nachhaltigen Energieerzeugungs- und Energieversorgungsstruktur erarbeitet. Der Fokus liegt dabei auf der Identifizierung und dem Aufzeigen von konkreten Handlungsmöglichkeiten vor Ort, um die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen und den Ausbau erneuerbarer Energien zu forcieren.

In einer umfassenden Bestandsaufnahme wurde zunächst detailliert die Energiebilanz für die Sektoren Wärme, Strom und Verkehr im Ist-Zustand (Jahr 2019) erfasst und der Anteil der erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung ermittelt. Die Berechnungen zeigen, dass bilanziell rund 107 % Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt wird. Die Wärmeerzeugung erfolgt zu rund 63 % aus fossilen Energiequellen (insbesondere Heizöl).

Sämtliche Energieverbrauchsdaten wurden gebäudescharf erfasst und in ein gebäudescharfes Wärmekataster überführt. Das gebäudescharfe Wärmekataster ist ein Werkzeug der kommunalen Wärmeplanung und beinhaltet zu jedem Gebäude Informationen zu Nutzung, Baustruktur und Wärmebedarf.

Auf Basis der energetischen Ausgangssituation wurde eine umfassende Potenzialanalyse zur Minderung des Energieverbrauchs und zum Ausbau erneuerbarer Energien ausgearbeitet. Für die Potenzialanalyse zur energetischen Sanierung wurde ein gebäudescharfes Sanierungskataster erstellt. Für jedes Gebäude stellt das Sanierungskataster die mögliche Energieeinsparung für definierten Sanierungsvarianten bzw. Sanierungstiefen dar.

Im Bereich der regenerativen Stromerzeugung besteht das größte Ausbaupotenzial aus der solaren Stromerzeugung auf Dachflächen und Freiflächen sowie der Installation von Windkraftanlagen. Durch den weiteren Ausbau der regenerativen Stromerzeugung könnten die bilanziellen Überschüsse durch den Einsatz von Wärmepumpen zur Wärmebereitstellung genutzt werden und den Bedarf an Heizöl mindern. Zudem könnte der Stromüberschuss für den künftig ansteigenden Bedarf an Strom für die Elektromobilität / H2-Mobilität genutzt werden. Des Weiteren ergeben sich durch Sektorenkopplung und den gezielten Einsatz von Elektrolyseuren zur Wasserstoffproduktion („Speicher“) zukünftig weitere Potenziale.

Aufbauend auf die Potenzialanalyse erfolgte die Ausarbeitung eines konkreten Maßnahmenkatalogs. Darauf basierend wurde die Maßnahme „Aufbau einer Nahwärmeversorgung im Kernort Schönsee“ als Schwerpunktprojekt näher beleuchtet.

Durch die hohe Detailschärfe ist der digitale Energienutzungsplan nicht nur ein Instrument für die kommunale Energieplanung, sondern auch eine Unterstützung für Wirtschaftsbetriebe und alle Bürgerinnen und Bürger bei der künftigen Identifizierung von Energieeinsparmaßnahmen und der Nutzung erneuerbarer Energien.

Der digitale Energienutzungsplan zeigt, dass im Stadtgebiet Schönsee gute Voraussetzungen vorliegen, um eine bilanzielle Energieversorgung aus regionalen erneuerbaren Energien (in Verbindung mit klugen Speichertechnologien) zu ermöglichen. Für die Umsetzung der einzelnen Maßnahmen wird die Prüfung einer möglichen Betreiberstruktur / Gesellschaftsstruktur und eine interkommunale Zusammenarbeit empfohlen.

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Abbildung 1: Anonymisierter Ausschnitt eines gebäudescharfen Wärmekatasters | 6 |
| Abbildung 2: Exemplarischer Ausschnitt zur Darstellung der Wärmedichte auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters | 6 |
| Abbildung 3: Wärmebedarf im Jahr 2019 – Verbrauchergruppen | 7 |
| Abbildung 4: Wärmeverbrauch im Jahr 2019 - Energieträger | 7 |
| <i>Abbildung 5: Strombezug im Jahr 2019 - Verbrauchergruppen</i> | <i>8</i> |
| Abbildung 6: Stromverbrauch im Jahr 2019 – Bilanzieller Mix | 9 |
| <i>Abbildung 7: Übersichtskarte der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Betrachtungsgebiet [Energie-Atlas Bayern (www.energieatlas.bayern.de), Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, eigene Bearbeitung]</i> | <i>10</i> |
| Abbildung 8: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach den Verbrauchergruppen | 11 |
| Abbildung 9: Anonymisierter Ausschnitt eines Sanierungskatasters vor und nach der Sanierung (Szenario 2 % Sanierungsrate bis zum Jahr 2040) | 16 |
| Abbildung 10: Auszug des Solarkatasters für die Stadt Schönsee | 19 |
| Abbildung 11: Auszug aus der Gebietskulisse Windkraft [Energie-Atlas Bayern (www.energieatlas.bayern.de), Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, eigene Bearbeitung]..... | 26 |
| Abbildung 12: Standorteignung oberflächennahe Geothermie | 28 |
| Abbildung 13: Energieszenario 2019 bis 2040 – Auswirkungen der Energieeinsparung und Transformation durch Elektrifizierung | 29 |
| Abbildung 14: Energieszenario 2019 bis 2040 - Ausbauszenario erneuerbarer Energien im Strombereich | 30 |
| Abbildung 15: Energieszenario im Jahr 2040 – Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der erneuerbaren Energien | 31 |
| Abbildung 16: Auszug aus dem Wärmekataster | 38 |
| Abbildung 17: betrachteter Gebietsumgriff für das Wärmenetz Schönsee | 39 |
| Abbildung 18: monatlicher Wärmebedarf im Gebietsumgriff | 41 |
| Abbildung 19: Darstellung der Thermischen Jahresdauerlinie im Gebietsumgriff | 42 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 20: Darstellung der Thermischen Jahresdauerlinie - Wärmebereitstellung aus Hackschnitzel | 43 |
| Abbildung 21: Darstellung der Thermischen Jahresdauerlinie - Wärmebereitstellung aus einer Pyrolyseanlage..... | 43 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Die CO ₂ -Äquivalente der jeweiligen Energieträger [GEMIS 4.9; KEA; Berechnungen IfE]..... | 12 |
| Tabelle 2: Zusammenfassung des rechnerischen, territorialen Gesamtpotenzials im Bereich fester Biomasse | 23 |
| Tabelle 3: technische Kennzahlen für das Wärmenetz | 40 |
| Tabelle 4: wirtschaftliche Kennzahlen für das Wärmenetz (ohne Betrachtung von möglichen Fördermitteln) | 44 |
| Tabelle 5: wirtschaftliche Kennzahlen für das Wärmenetz (inkl. möglicher Fördermittel) | 45 |