

STADT **SCHWABACH**



Die Goldschlägerstadt.

Digitaler Energienutzungsplan

Stadt Schwabach

Digitaler Energienutzungsplan

Stadt Schwabach

Auftraggeber:

Stadt Schwabach

Ludwigstraße 16

91126 Schwabach

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

www.stmwi.bayern.de

Bearbeitungszeitraum:

Oktober 2021 bis April 2023

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Projektablauf und Akteursbeteiligung	6
3	Analyse der energetischen Ausgangssituation	8
3.1	Methodik und Datengrundlage	8
3.1.1	Definition der Verbrauchergruppen	8
3.1.2	Datengrundlage und Datenquellen	9
3.2	Energieinfrastruktur	10
3.3	Sektor Wärme	11
3.3.1	Gebäudescharfes Wärmekataster	11
3.3.2	Wärmebedarf und Anteil erneuerbare Energien	13
3.4	Sektor Strom	14
3.5	Sektor Verkehr	17
3.6	CO ₂ -Bilanz	18
3.7	Entwicklung der CO ₂ -Bilanz	21
4	Potenzialanalyse	23
4.1	Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz	23
4.1.1	Gebäudescharfes Sanierungskataster	24
4.1.2	Private Haushalte	25
4.1.3	Kommunale Liegenschaften	29
4.1.4	Wirtschaft	30
4.2	Transformationsprozesse	31
4.2.1	Elektrifizierung im Sektor Mobilität	31
4.2.2	Elektrifizierung durch den Einsatz von Wärmepumpen (Power-to-Heat)	31
4.3	Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien	33
4.3.1	Solarthermie und Photovoltaik	34
4.3.2	Wasserkraft	40
4.3.3	Biomasse	41

4.3.4	Windkraft	45
4.3.5	Kraft-Wärme-Kopplung.....	47
4.3.6	Geothermie	47
5	Entwicklungsszenarien	54
5.1	Energiebedarf.....	54
5.2	Erzeugung.....	56
6	Maßnahmenkatalog	60
7	Zusammenfassung	80
	Nomenklatur	82
	Quellenverzeichnis.....	83
	Abbildungsverzeichnis	84
	Tabellenverzeichnis	86

Genderhinweis

Um eine leichtere Lesbarkeit zu gewährleisten, wird im vorliegenden Text auf die Unterscheidung zwischen männlich, weiblich und divers verzichtet und bei personenbezogenen Bezeichnungen die männliche Form angeführt. Dies soll jedoch keinesfalls eine Diskriminierung der anderen Geschlechtergruppen darstellen, sondern soll sich im Sinne der sprachlichen Vereinfachung auf alle Personengruppen beziehen.

1 Einleitung

Mit dem digitalen Energienutzungsplan für die Stadt Schwabach wird ein kommunenscharfes 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. 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
- sowie eine gebäudespezifische Analyse des Sanierungspotenzials,
- eine standortspezifische Potenzialanalyse zum Ausbau erneuerbarer Energieträger,
- einen Maßnahmenkatalog mit konkreten Projekten zur weiteren Umsetzung und
- eine Detailanalyse von zwei ausgewählten Pilotprojekten.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des digitalen Energienutzungsplans zusammen. Die Erstellung erfolgte im Auftrag der Stadt Schwabach sowie in Kooperation mit den Stadtwerken Schwabach, der GEWOBAU der Stadt Schwabach und den Wirtschaftsbetrieben. 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 und Ähnliches). Auch wenn es sich dabei ausschließlich um energie-relevante Informationen handelt und nicht um Informationen zu Personen selbst, werden im folgenden **Hauptteil** des Abschlussberichts ausschließlich zusammengefasste und anonymisierte Daten dargestellt, welche keinen unmittelbaren Rückschluss auf die personenbezogenen Daten zulassen.

2 Projektablauf und Akteursbeteiligung

Die Entwicklung des digitalen Energienutzungsplans erfolgte in mehreren Projektphasen. Zuerst wurde auf Basis einer umfassenden Bestandsaufnahme eine fortschreibbare und detaillierte Energiebilanz für Strom und Wärme im Ist-Zustand (Jahr 2020) erstellt. Dabei wurde zwischen den Verbrauchergruppen „Private Haushalte“, „Kommunale Liegenschaften“ und „Wirtschaft“ unterschieden. Die Energieströme in der Kommune 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 Maßnahmenkatalogs für die Stadt Schwabach, der konkrete Projekte als Basis der weiteren Umsetzung beschreibt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit kommunalen Akteuren ausgearbeitet und während des Prozesses konkretisiert.

Der zeitliche und inhaltliche Projektablauf des Energienutzungsplans ist zusammenfassend in Abbildung 1 dargestellt. Für die Projektkoordination und die Abstimmung zentraler Fragestellungen wurden regelmäßige Abstimmungsrunden mit den lokalen Akteuren durchgeführt.

Auftaktveranstaltung	<ul style="list-style-type: none">• Vorstellung der Inhalte des ENP• Abstimmung der Datenerhebung• Abstimmung der Akteursbeteiligung
1. Abstimmungsrunde	<ul style="list-style-type: none">• Entwurfsbesprechung des energetischen Ist-Zustands• Vor-/Entwurfsbesprechung der Potenziale Energieeinsparung• Vor-/Entwurfsbesprechung der Potenziale Erneuerbare Energien
2. Abstimmungsrunde	<ul style="list-style-type: none">• Abstimmung der Nachbereitung des Ist-Zustands• Abstimmung der Entwürfe der Potenzialanalysen
3. Abstimmungsrunde (Steuerungsrunde Klimaschutz)	<ul style="list-style-type: none">• Vorstellen der vorläufigen Endergebnisse des Energienutzungsplans• Abstimmung Maßnahmenkatalog und Auswahl Detailprojekte
Abschlusspräsentation im Stadtrat	<ul style="list-style-type: none">• Vorstellung der Ergebnisse und offizieller Projektabschluss

Abbildung 1: Projektablauf und Einbindung der Akteure

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 (Strom und Wärme) jeweils nur innerhalb des Stadtgebiets betrachtet. Dies bedeutet, dass nur Energieverbräuche innerhalb der Stadtgrenzen erfasst und bilanziert werden und der Anteil erneuerbarer Energien sich rein aus den Erzeugungsmengen der Anlagen im jeweiligen 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 Hallen mit integrierter Wohnung) ein.

b) Kommunale Liegenschaften

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

c) Wirtschaft

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

3.1.2 Datengrundlage und Datenquellen

Alle Datenerhebungen, Analysen und Berechnungen im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans beziehen sich auf das Bilanzjahr 2020. Für das Jahr 2021 lag während der Projektbearbeitung 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 2020 zur Verfügung gestellt.
- Gebäudescharfe Erfassung des Energieverbrauchs der städtischen Liegenschaften mittels Erfassungsbogen.
- 33 konkrete Datenerhebungsbögen im Bereich der Wirtschaftsbetriebe.
- Datenabfrage Solarthermie: Die Gesamtfläche, der im Betrachtungsgebiet installierten Solarthermieanlagen, wurde mit Hilfe des Solaratlas, einem interaktiven Auswertungssystem für den Datenbestand aus dem bundesweiten „Marktanreizprogramm Solarthermie“, ermittelt [BAFA Solar]. 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, digitales Oberflächenmodell, etc.) zur Simulation des Wärmekatasters.
- Für die Analyse des Endenergiebedarfs im Sektor Mobilität wurden Veröffentlichungen über den bundesweiten Endenergieverbrauch nach Kraftstoffarten des Bundesverkehrsministeriums herangezogen.

3.2 Energieinfrastruktur

Hinweis:

Die abgebildeten Darstellungen der Energieinfrastrukturen sind eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Erstellung des Energienutzungsplans und dienen als Übersichtsplan zur Erstinformation. Die tatsächliche Lage der Leitungen kann von den Plänen abweichen; neue Leitungen können nach Fertigstellung des Energienutzungsplans entstanden sein. Die Darstellungen ersetzen daher keine Planauskunft. Diese ist für konkrete Vorhaben stets bei den zuständigen Netzbetreibern einzuholen.

Wärmenetze

In der Stadt Schwabach wurden Wärmenetze als leitungsgebundene Infrastruktur erfasst. Hierzu zählen u. a. Nahwärmenetze mit Nutzung der Abwärme aus der Biogärungsanlage und Fernwärmenetze.

Stromnetz

Das Stromnetz der Stadt Schwabach wird von den Stadtwerken Schwabach betrieben. Für die Stadt Schwabach liegen vollständige Netzabsatzdaten und Daten zur Stromeinspeisung aller Netzbetreiber vor.

Gasnetz

Das Gasnetz der Stadt Schwabach wird von den Stadtwerken Schwabach betrieben. Für die Stadt Schwabach liegen vollständige Netzabsatzdaten vor.

3.3 Sektor Wärme

3.3.1 Gebäudescharfes Wärmekataster

Das gebäudescharfe Wärmekataster ist ein Werkzeug der kommunalen Wärmeplanung. Es erfasst alle beheizten Gebäude im Stadtgebiet 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 (Informationen zur Gebäudenutzung und zur Baualterstruktur des Gebäudebestandes) erfasst und zusammen mit einem 3D-Gebäudemodell (Ermittlung von Gebäudebauteilen und Kubatur) 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 sowie kommunale Liegenschaften.

Abbildung 2 zeigt einen exemplarischen Ausschnitt des gebäudescharfen Wärmekatasters. Das flächendeckende Wärmekataster liegt dem Energienutzungsplan bei und wird in das Stadt-GIS überführt.

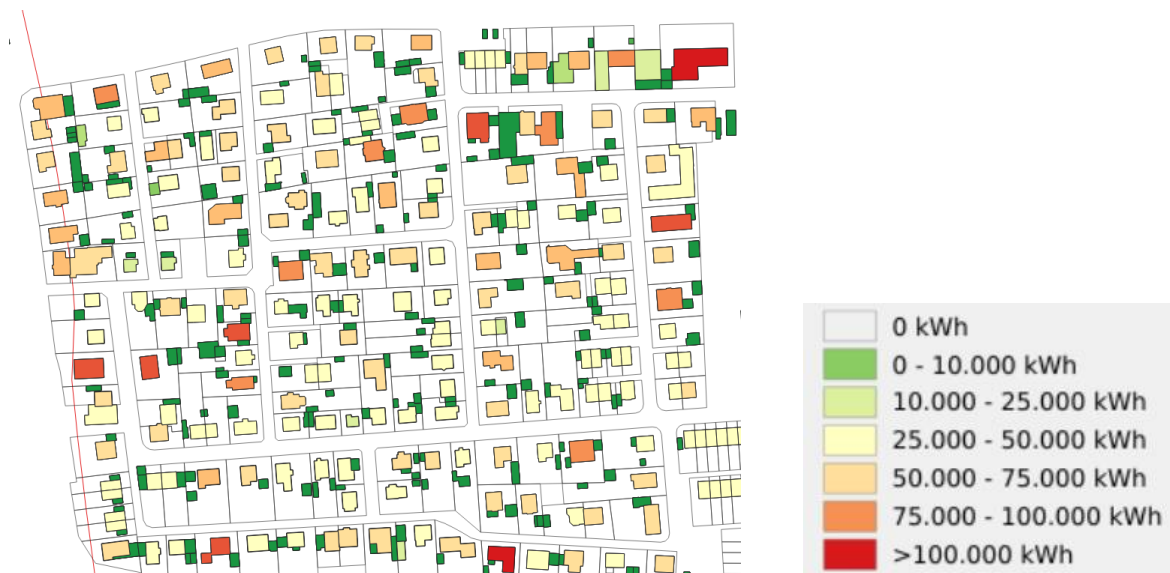
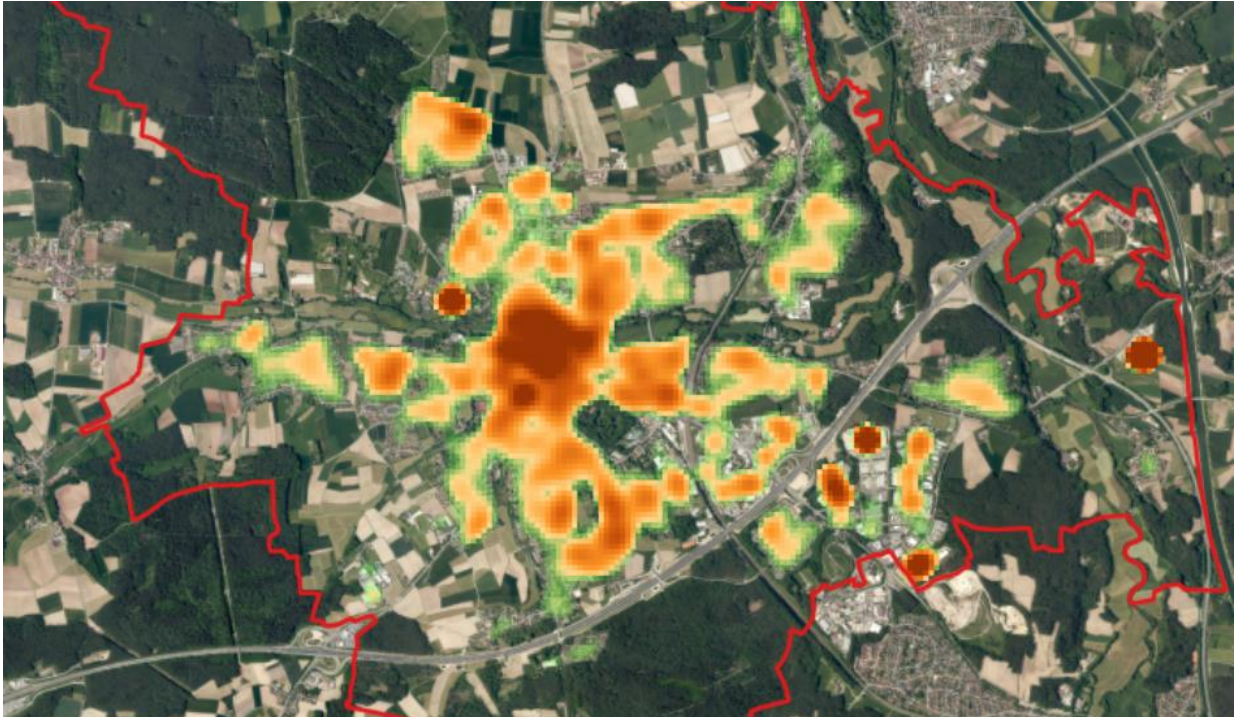


Abbildung 2: Exemplarischer Auszug des gebäudescharfen Wärmekatasters

Die Wärmedichte fasst den Wärmebedarf mehrerer Gebäude zusammen und hebt somit Siedlungsbe-
reiche mit einem hohen Wärmebedarf hervor. Abbildung 3 zeigt exemplarisch den Wärmebedarf als
Wärmedichtekarte.



**Abbildung 3: Exemplarischer Ausschnitt zur Darstellung der Wärmedichte auf Grundlage des gebäudescharfen Wärme-
katasters**

3.3.2 Wärmebedarf und Anteil erneuerbare Energien

Der jährliche Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung aller Verbrauchergruppen beläuft sich auf rund 470.600 MWh pro Jahr. In Abbildung 4 ist die Aufteilung des Wärmebedarfs in die einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. Den höchsten Wärmebedarf weist die Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ auf.

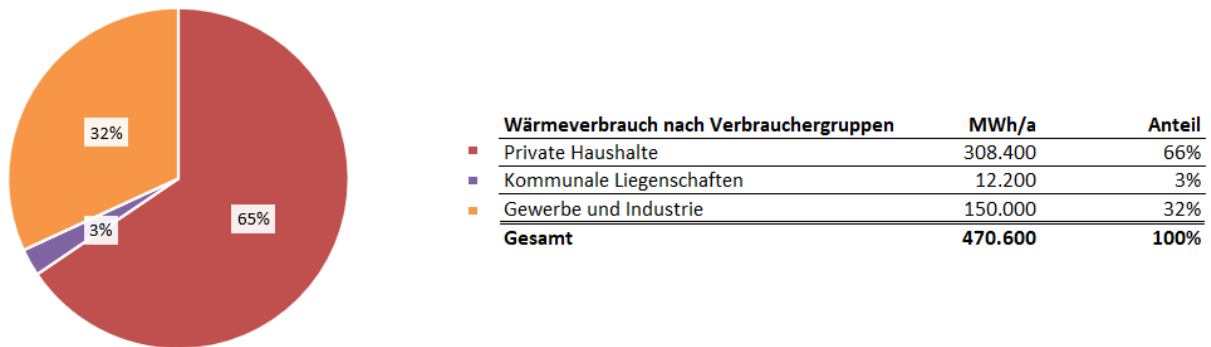


Abbildung 4: Wärmebedarf der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2020

Von den insgesamt 470.600 MWh Wärmebedarf werden rund 8 % aus erneuerbaren Energien bereitgestellt, insbesondere über Biomasse (Holz). Heizöl und Erdgas nehmen einen Anteil von insgesamt 39 % bzw. 49 % an der Wärmebereitstellung ein. 2 % des Wärmebedarfs werden über Nahwärmenetze gedeckt, welche zu drei Viertel auf der Basis von Erdgas (insbesondere Erdgas KWK) betrieben werden.

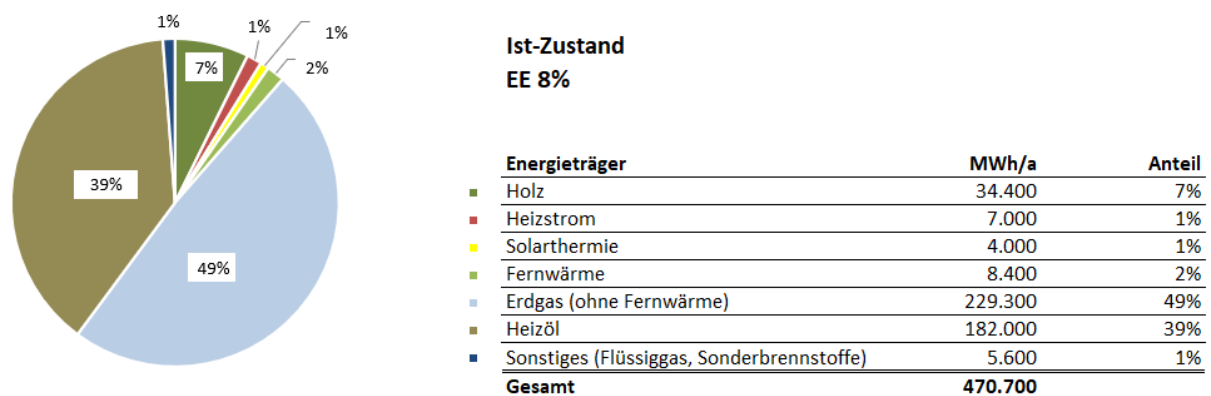


Abbildung 5: Wärmeverbrauch und Anteil der Energieträger im Jahr 2020

3.4 Sektor Strom

Der Strombezug in der Stadt Schwabach im Jahr 2020 beläuft sich in Summe auf rund 157.100 MWh. Zur Ermittlung des Strombedarfs wurden die Daten der Stromnetzbetreiber herangezogen. Die Aufteilung des Strombedarfs in die einzelnen Verbrauchergruppen zeigt, dass der Sektor Gewerbe und Industrie mit 62 % den größten Anteil einnimmt, gefolgt von den privaten Haushalten mit 36 % und den kommunalen Liegenschaften mit 2 % (Abbildung 6).

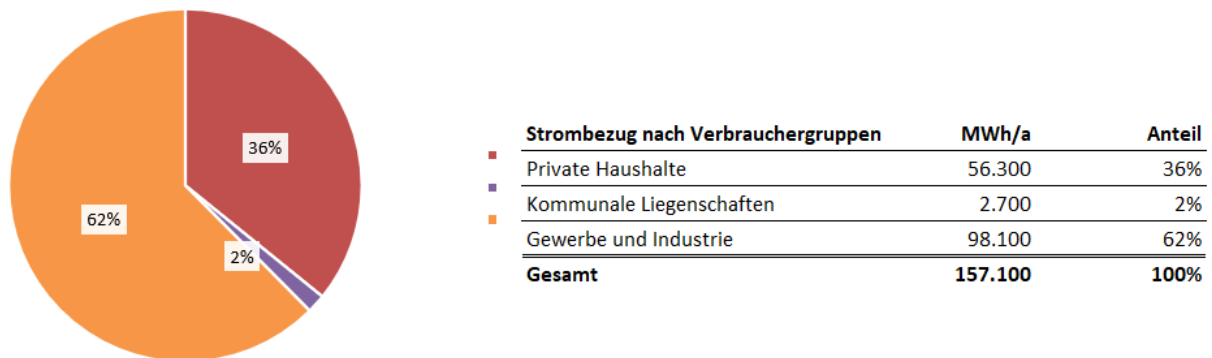


Abbildung 6: Strombezug der Stadt Schwabach nach Verbrauchergruppen

Anschließend wurde der Strombezug den Erzeugungsmengen der jeweiligen Energieträger gegenübergestellt. Hierfür wurden die eingespeisten Strommengen aus Energieerzeugungsanlagen genauer analysiert. Zu beachten ist dabei, dass die Eigenstromnutzung aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen und KWK-Anlagen hierbei nicht im Anteil des jeweiligen Energieträgers enthalten ist. Stattdessen wird die tatsächlich im Stadtgebiet erzeugte und eingespeiste Strommenge aus erneuerbaren Energien berücksichtigt und dem Strombezug gegenübergestellt. In Summe wurden im Bilanzjahr 2020 innerhalb der Stadt Schwabach bilanziell rund 16.300 MWh aus Erneuerbaren Energiequellen und 4.100 MWh aus konventionellen KWK-Anlagen in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist. Dem gegenüber steht ein Strombezug im Jahr 2020 in Höhe von 157.100 MWh. Somit besteht noch eine bilanzielle Deckungslücke von 140.800 MWh bzw. 90 %.

Die Stadtwerke Schwabach beteiligen sich auch außerhalb des Stadtgebiets in verschiedensten Projekten zur Erzeugung von regenerativem Strom. Dadurch wurde im Jahr 2019¹ außerhalb des Stadtgebiets rund 72 MWh Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt. Aufgrund des in Kapitel 3.1 beschriebenen

¹ Das Jahr 2020 konnte nicht abgebildet werden, da zum Bearbeitungszeitraum die entsprechenden Daten für das Jahr 2020 noch nicht vorlagen.

Territorialprinzips werden diese Strommengen in der Energiebilanz des Energienutzungsplans nicht berücksichtigt.

→ **Bilanzieller Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung beträgt rund 10 % (Jahr 2020)**

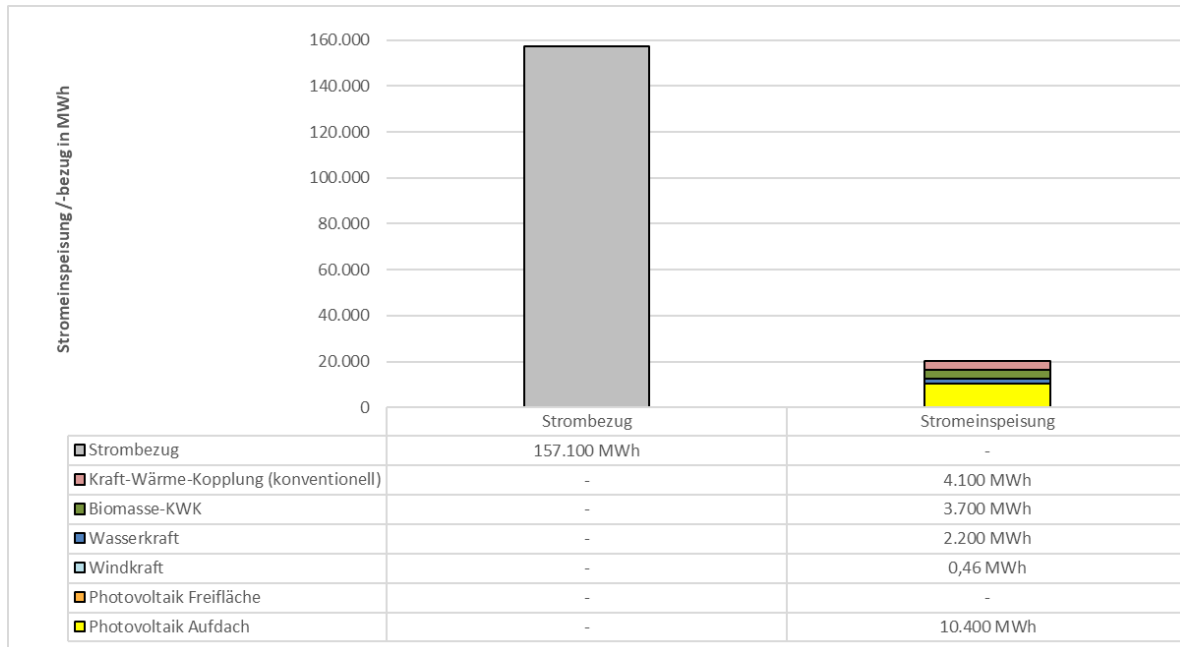


Abbildung 7: Strombezug und Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien / KWK im Jahr 2020

Hinweise:

- *Aufgrund der Festlegung auf das Bilanzjahr 2020 wurden die im Jahr 2020 und später neu errichteten EEG- und KWK-Anlagen nicht berücksichtigt.*
- *Die Stromeigennutzung führt in dieser Betrachtung zu einer Minderung des Strombezugs aus dem Stromnetz. Die angewandte Bilanzierungsmethodik ist entscheidend für eine kontinuierliche Fortschreibung des digitalen Energienutzungsplans und der Energiebilanz, da nur diese Daten den EVU exakt und vollumfänglich vorliegen.*

Im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans wurden die eingespeisten Strommengen aus Energieerzeugungsanlagen im Bilanzgebiet detailliert erfasst und analysiert. Nachfolgende Grafik zeigt eine Übersicht der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Stadtgebiet.

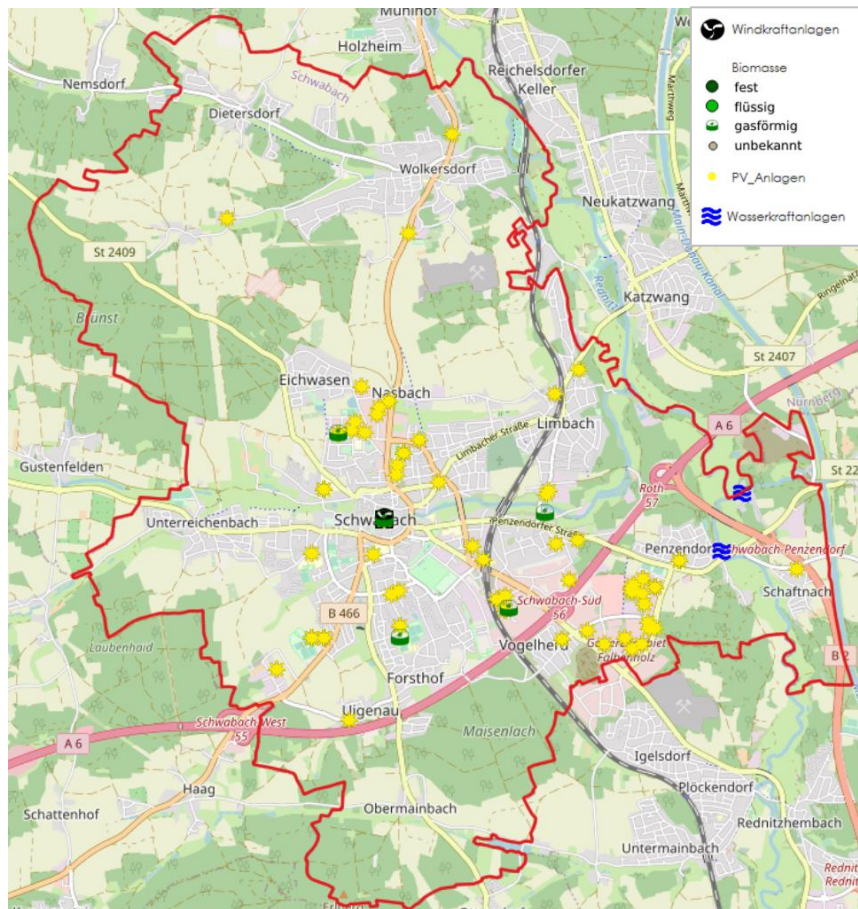


Abbildung 8: Übersichtskarte der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Betrachtungsgebiet

3.5 Sektor Verkehr

Zwar ist der Sektor Verkehr bzw. Mobilität nicht Baustein eines klassischen Energienutzungsplans. Im Hinblick auf die zunehmende Bedeutung der Sektorenkopplung zwischen Strom, Wärme und Mobilität ist es jedoch sinnvoll, diesen separat herauszuarbeiten und in die Energiebilanz der Stadt und in zukünftige Entwicklungsszenarien mit einzubeziehen.

Als Grundlage für die Darstellung des Energiebedarfs im Sektor Mobilität wurde auf Bestandszahlen des Kraftfahrt-Bundesamt zurückgegriffen. 2020 waren in der Stadt Schwabach 31.392 Fahrzeuge zugelassen. Anhand der durchschnittlichen Fahrleistung der jeweiligen Fahrzeugklassen (Kraftfahrt-Bundesamt), kombiniert mit den durchschnittlichen Verbräuchen, kann der Energiebedarf des Sektors Verkehr ermittelt werden. Eine durchschnittliche Fahrleistung für landwirtschaftliche Zugmaschinen lag nicht vor, hier ließ sich der Energieeinsatz aber mit Hilfe der Flächenstatistik landwirtschaftlicher Flächen ableiten. [STA BA]

So lässt sich ein jährlicher Pro-Kopf-Energiebedarf für Mobilität von rund 10 MWh pro Einwohner ermitteln, was umgelegt auf die Stadt Schwabach einen Gesamt-Energieeinsatz von 414.400 MWh bedeutet. Dies entspricht siehe Kapitel 3.7 rund 125.200 t CO₂-Äquivalente.

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 CO₂-Bilanz

Zunächst wurde die Treibhausgasbilanz auf Basis des ermittelten Strom- und Wärmebedarfs, sowie der Anteile der jeweiligen Energieträger am Endenergiebedarf erstellt. Dabei wird für jeden Energieträger ein spezifischer CO₂-Emissionsfaktor ermittelt, das sogenannte CO₂-Äquivalent, das neben den direkten Emissionen (z. B. aus der Verbrennung von Erdgas) auch die vorgelagerten Bereitstellungsketten umfasst (Gewinnung und Transport des Energieträgers). Im CO₂-Äquivalent sind also alle klimawirksamen Emissionen enthalten, die für die Bereitstellung und Nutzung eines Energieträgers anfallen. In den CO₂-Äquivalenten sind neben den reinen CO₂-Emissionen auch die Treibhausgase N₂O und CH₄ berücksichtigt, welche 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-Emissionen² für die einzelnen Energieträger ergeben sich dann aus der eingesetzten Energiemenge, multipliziert mit dem jeweiligen CO₂-Äquivalent. Für die Erzeugung elektrischer Energie innerhalb des Betrachtungsgebiets (z. B. aus Erneuerbaren Energien) 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 ist in diesem Fall so zu interpretieren, dass gegenüber der durchschnittlichen Stromerzeugung in Deutschland CO₂-Emissionen eingespart werden.

² Im Folgenden wird die Bezeichnung der CO₂-Äquivalente auf Grund der vereinfachten Schreibweise als CO₂-Emissionen benannt.

Tabelle 1: Die CO₂-Äquivalente der jeweiligen Energieträger [GEMIS 4.9; 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

- Aus dem Gesamtenergieverbrauch und der Stromeinspeisung erneuerbarer Energien und KWK resultiert ein Ausstoß von rund 196.600 Tonnen CO₂ pro Jahr. Dies entspricht einem jährlichen Ausstoß klimawirksamer Gase von rund 4,8 Tonnen CO₂ pro Kopf.

In Tabelle 2 ist der CO₂-Ausstoß von 196.600 t/a der Stadt Schwabach nach eingesetzten Energieträgern dargestellt.

Tabelle 2: Der CO₂-Ausstoß der Stadt Schwabach aufgeteilt auf die verschiedenen Energieträger

Energieträger	CO ₂ -Ausstoß [t/a]
Strom	87.600
Biomasse	500
Heizstrom	3.900
Erdgas	55.900
Heizöl	57.000
Sonstige	1.500
Stromeinspeisung Erneuerbare Energien	-11.400
Summe	196.600

Darauf aufbauend wurde im zweiten Schritt noch der Sektor Verkehr in die Emissionsbilanz mit aufgenommen. Die hier angesetzten CO₂-Äquivalente sind aber nicht auf Basis der geschilderten GEMIS Faktoren hinterlegt, sondern stützen sich auf Werte des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg IFEU. Es wird ein CO₂-Äquivalent von 326 g/kWh angesetzt. [KEA Emission]

- ➔ Wird der Energiebedarf des Sektors Verkehr mit hinzugezogen, so addieren sich zu den Emissionen aus dem Strom- und Wärmebedarf weitere rund 135.100 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr. Der jährliche Ausstoß an klimawirksamen Gasen steigt so auf insgesamt 8,1 Tonnen CO₂ pro Kopf.

3.7 Entwicklung der CO₂-Bilanz

Die CO₂-Bilanzierung des städtischen Klimaschutzkonzepts 2013 wurde aufgegriffen und mit den Ergebnissen der Ist-Analyse des digitalen Energienutzungsplans gegenübergestellt, um so die seither stattgefunden Entwicklung in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr sowie die Entwicklung der vermiedenen Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien aufzuzeigen. Um eine Vergleichbarkeit mit den Daten des städtischen Klimaschutzkonzepts zu gewährleisten, wurde die Bilanz aus dem Jahr 2020 umgerechnet. Des Weiteren wurde für die Gegenüberstellung die gleichen CO₂-Äquivalente, wie im städtischen Klimaschutzkonzept 2013 verwendet, sowie die Verbrauchswerte einer Witterungskorrektur unterzogen.

Das Bilanzjahr im städtischen Klimaschutzkonzept war das Jahr 2011. Nachfolgende Abbildung 9 zeigt die Entwicklung der CO₂-Emissionen in den Bereichen Strom, Wärme, Verkehr sowie die Betrachtung der vermiedenen Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien.

Die CO₂-Emissionen beliefen sich im Jahr 2011 auf rund 298.400 t. In den Bereichen Strom und Wärme ist ein Rückgang um 3,9 % bzw. 1,9 % zu verzeichnen. Die Emissionen im Sektor Verkehr stiegen seit 2011 von rund 92.500 t CO_{2 eq} auf rund 125.200 t CO_{2 eq} im Jahr 2020. Dies entspricht einem Anstieg von 35 % gegenüber dem Jahr 2011. Die Erhöhung der Emissionen ist unter anderem auf die Zunahme der Zulassungszahlen aufgrund des gestiegenen Bevölkerungswachstums in Schwabach zurückzuführen.

Auf den Stromsektor entfielen im Jahr 2011 vermiedene CO₂-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Höhe von rund 4.900 t. Der Anteil an vermiedenen Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien konnte bis zum Jahr 2020 um den Faktor 2,3 erhöht werden.

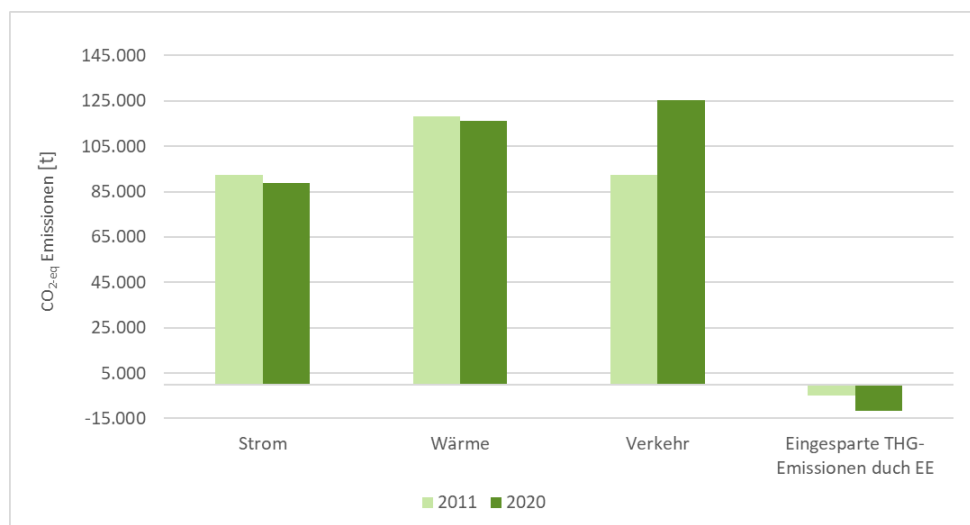


Abbildung 9: Entwicklung der CO₂-Emissionen auf Basis des städtischen Klimaschutzkonzepts

In den Abbildung 10 und 11 wird die Entwicklung der Bevölkerungszahlen berücksichtigt. Die Tendenz der spezifischen CO₂-Emissionen zeigt insgesamt einen Anstieg um 1,1 %. Maßgeblich verursacht wird dies durch den Verkehrssektor.

Die von der der International Energy Agency (IEA) für Deutschland angegebenen Vergleichswerte werden für das Jahr 2011 mit 9,1 Tonnen CO₂/EW und für das Jahr 2020 mit 7,1 Tonnen CO₂/EW angegeben [IEA].

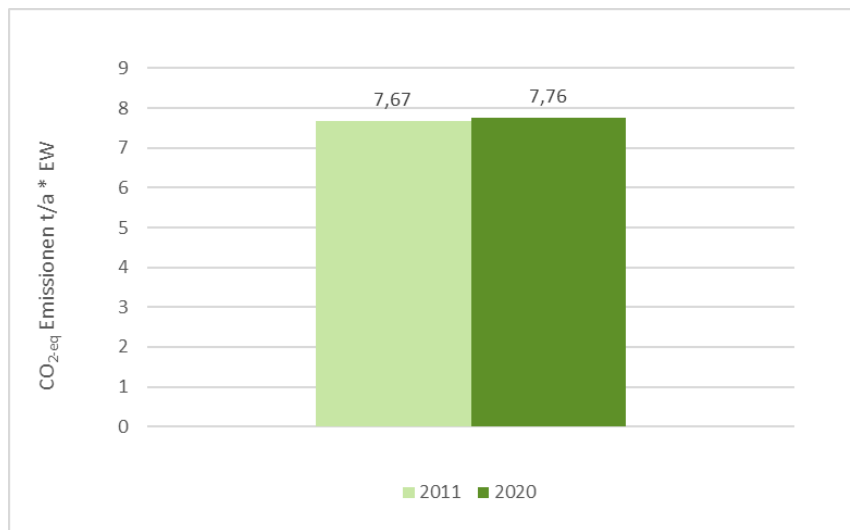


Abbildung 10: Entwicklung der CO₂-Emissionen pro Kopf auf Basis des städtischen Klimaschutzkonzepts

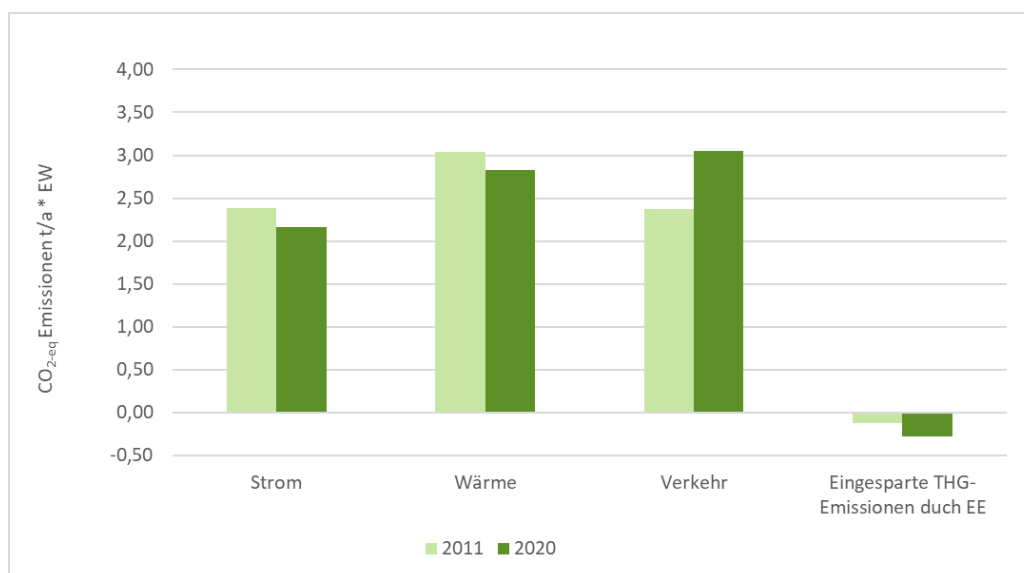


Abbildung 11: Entwicklung der CO₂-Emissionen pro Kopf in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr auf Basis des städtischen Klimaschutzkonzepts

4 Potenzialanalyse

4.1 Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz

In Tabelle 3 ist eine zusammenfassende Übersicht der Energieeinsparpotenziale in den einzelnen Verbrauchergruppen bis zum Jahr 2040 dargestellt. Die Einsparpotenziale beziehen sich hierbei auf die derzeitige Gebäudestruktur mit ihrer aktuellen „Nutzung und Bewirtschaftung“ lt. den Eintragungen im GIS (keine Berücksichtigung von z. B. Neubaugebieten oder geänderter Nutzung von Bestandsgebäuden oder Änderungen hinsichtlich der Produktion in Unternehmen). Die Erläuterungen zu den Energieeinsparpotenzialen sind in den nachfolgenden Kapiteln näher ausgeführt.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Effizienzsteigerungs- und Energieeinsparpotenziale in den einzelnen Verbrauchergruppen [EVU Erdgas; EVU Strom; EVU Fernwärme; Energieatlas]

		Endenergie Ist-Zustand	Einsparziel	Einsparpotential		Endenergie-einsatz in 2040
		[MWh/a]		[%]	[MWh/a]	[MWh/a]
Private Haushalte	Endenergie thermisch	308.400	Wärmedämmmaßnahmen Sanierungsrate 2 %/a auf 100 kWh/m ²	16%	49.800	258.700
	Endenergie elektrisch	56.300	Energieeinsparung (EU-Richtlinie 1,5%/a)	26%	14.700	41.600
Kommunale Liegenschaften	Endenergie thermisch	12.220	Energieeinsparung (EU-Richtlinie 1,5%/a)	26%	3.200	9.030
	Endenergie elektrisch	2.700	Energieeinsparung (EU-Richtlinie 1,5%/a)	26%	700	2.000
Wirtschaft	Endenergie thermisch	150.000	Energieeinsparung (EU-Richtlinie 1,5%/a)	26%	39.100	110.900
	Endenergie elektrisch	98.100	Energieeinsparung (EU-Richtlinie 1,5%/a)	26%	25.600	72.500

4.1.1 Gebäudescharfes Sanierungskataster

Für die Potenzialanalyse zur energetischen Sanierung wurde ein Sanierungskataster auf Basis des gebäudescharfen Wärmekatasters für Wohngebäude erstellt. Für jedes enthaltene Gebäude stellt das Sanierungskataster die mögliche Energieeinsparung für definierte Sanierungsvarianten bzw. Sanierungstiefen dar. Jeder Sanierungsvariante liegen Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung zu Grunde. Hierzu zählen beispielsweise die Dämmung von Außenwänden, Dachflächen und Kellergeschossdecken oder der Austausch von Fenstern und Türen, um einen höheren Energiestandard zu erreichen. Für jedes Gebäude und jede Sanierungsvariante wird der Wärmebedarf getrennt nach Raumwärme und Warmwasser ausgewiesen, da die energetische Sanierung den Warmwasserbedarf kaum beeinflusst.

Auch für die Entwicklung von Zukunftsstrategien für Fernwärme- oder Gasversorgungsinfrastrukturen bildet das Sanierungskataster Szenarien des künftigen Wärmebedarfs ab. Hierbei wurden die in den Verbrauchergruppen beschriebenen Einsparpotenziale kartografisch dargestellt. Weiterhin bietet das Sanierungskataster maßnahmenscharfe Informationen zum Sanierungspotenzial einzelner Gebäude, die als Grundlage für die Identifikation städtebaulicher Sanierungsgebiete mit energetischen Missständen dienen können. Maßnahmen, wie etwa die Erstellung von geförderten Quartierskonzepten, lassen sich daraus ableiten. Die Informationen zum Sanierungspotenzial können darüber hinaus in Aktivitäten zur Energie-Erstberatung einfließen und die Gestaltungen kommunaler Förderprogramme stützen.



Abbildung 12: Beispielhafter Ausschnitt des Sanierungskatasters mit Berücksichtigung der beschriebenen Einsparpotenziale (links Jahr 2020 – rechts Jahr 2040)

4.1.2 Private Haushalte

Wärme

Für die Sanierungsvarianten im Wohngebäudebestand wurden Berechnungen mit der Maßgabe einer ambitionierten, aber realistischen Sanierungsrate der Wohngebäudefläche von 2 % pro Jahr durchgeführt.

Ausgehend von der Energieeffizienz der Bestandsgebäude in der Kommune wurde das energetische Einsparpotenzial durch Sanierung der Gebäude sowie der Anlagentechnik gebäudescharf berechnet.

1. Eine Sanierungsquote von 2 % pro Jahr bezogen auf die Gebäudenutzfläche
2. Es werden jeweils die ineffizientesten Gebäude bevorzugt energetisch saniert
3. Die Sanierung erfüllt die regulatorischen Mindestanforderungen nach GEG 2020

Die folgenden Szenarien wurden für die Entwicklung des Sanierungskatasters herangezogen:

Szenario 1: Sanierung der Wohngebäude auf ein zukünftiges Energiebedarfsniveau 100 kWh/m²*a

Durch die Einsparmaßnahmen wird in diesem Szenario im gesamten Wohngebäudebestand ein spezifischer Wärmeverbrauch von im Mittel 136 kWh/m² erzielt (im Ist-Zustand beläuft sich der spezifische Wärmeverbrauch im Mittel auf rund 162 kWh/m²). Die hier zu Grunde gelegte Sanierungsrate und Sanierungstiefe liegt über dem Bundesdurchschnitt, könnte jedoch über entsprechende Informations-, Beratungs- und Fördermaßnahmen erreicht werden.

Würde dieses Szenario bis zum Jahr 2040 kontinuierlich umgesetzt werden, würde dies einer Reduktion des thermischen Energieverbrauchs der Wohngebäude von 308.400 MWh im Jahr 2020 auf rund 256.000 MWh im Jahr 2040 (rund 16 % Einsparung) bedeuten.

Szenario 2: Sanierung der Wohngebäude auf ein zukünftiges Energiebedarfsniveau 70 kWh/m²*a

Durch die erhöhten Maßnahmen zur Energieeinsparung wird in diesem Szenario ein spezifischer Wärmeverbrauch von im Mittel 123 kWh/m² erzielt (Ist-Zustand rund 162 kWh/m²).

Würde dieses Szenario bis zum Jahr 2040 kontinuierlich umgesetzt werden, würde dies einer Reduktion des thermischen Energieverbrauchs der Wohngebäude auf rund 233.300 MWh im Jahr 2040 (rund 24 % Einsparung) bedeuten.

Für einen nahezu treibhausgasneutralen Gebäudebestand (Zieldefinition für das Jahr 2040 auf Landesebene) sind jedoch weitere Anstrengungen nötig. Wichtiger Faktor hierbei ist der angestrebte Energiestandard, welcher durch das Erlangen eines Effizienzhausstandards zur weiteren Absenkung des

Heizwärmebedarfs beiträgt. So ist es derzeit bereits möglich, auch Bestandsgebäude bei einer grundlegenden Sanierung in Richtung Effizienzhaus 55 zu optimieren. Dies würde weitere Einsparungen in Höhe von rund 25 – 30 % beim Endenergiebedarf von Wohngebäuden bedeuten. Flankiert wird dieses Ziel durch eine anzustrebende, weitestgehend regenerative Wärme- bzw. Energieversorgung der Liegenschaften.

Abbildung 13 zeigt die exemplarische Darstellung des Sanierungskatasters im GIS, ausgehend vom Ist-Zustand, hin zum kartografischen Schema bei Sanierung der Liegenschaften, hin zu einem energetischen Stand mit einem Wärmebedarf von $100 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ bzw. $70 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$.



Abbildung 13: Kartografische Darstellung der Energieeffizienz im Ausgangszustand sowie den Szenarien „100“ und „70“ (Wärmekataster; Sanierungskataster 2040 mit Sanierung auf Wärmebedarf 100 kWh/m²a bzw. 70 kWh/m²a; 1,5 % für Nicht-Wohngebäude; statistische Erhebung; mit OSM-Layer)

Strom

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 (EED). Es wird angenommen, dass jährlich 1,5 % des Strombedarfs eingespart werden können. In Summe kann der Stromverbrauch in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ bis zum Jahr 2040 von derzeit 56.300 MWh auf 41.600 MWh gesenkt werden (rund 26 %).

Hinweis: Im Rahmen dieser Studie wurden die elektrischen Einsparpotenziale anhand des aktuellen Stromverbrauchs und durch Austausch/Optimierung der aktuell installierten Anlagentechnik berechnet. Eine Berücksichtigung neuer stromverbrauchender „Anwendungsbereiche“ (z.B. Wärmepumpe, E-Mobilität) sind im Kapitel 4.3 dargestellt.

4.1.3 Kommunale Liegenschaften

Aus Sicht des Bundes kommt den Kommunen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen zu. Die Motivation zur eigenen Zielsetzung und Mitwirken bei der Reduktion der CO₂-Emissionen für die 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 Annahme erfolgt die Ermittlung der Einsparpotenziale in der Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“ in Anlehnung an die EU-Energie-Effizienzrichtlinie (EED). 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 könnten. Konkrete Projektideen zur Erreichung dieser Zielvorgabe wurden im Rahmen der Abstimmungstermine ausgearbeitet und sind im Maßnahmenkatalog (Kapitel 6) dargestellt.

Als Ergebnis könnten bei Ausschöpfen der Energieeinsparpotenziale im Bereich der kommunalen Liegenschaften der Stromverbrauch von derzeit 2.700 MWh/a auf rund 2.000 MWh und der Wärmebedarf von rund 12.220 MWh/a auf 9.030 MWh/a im Jahr 2040 gesenkt werden.

Hinweis: Im Rahmen dieser Studie wurden die elektrischen Einsparpotenziale anhand des aktuellen Stromverbrauchs und durch Austausch/Optimierung der aktuell installierten Anlagentechnik berechnet. Eine Berücksichtigung neuer stromverbrauchender „Anwendungsbereiche“ (z.B. Wärmepumpe, E-Mobilität) sind im Kapitel 4.3 dargestellt.

4.1.4 Wirtschaft

Da gewerblich / industriell genutzte Gebäude je nach Betrieb und Branche sehr unterschiedlichen Nutzungen unterliegen, kann eine genaue Analyse der Energieeinsparpotenziale nur durch eine ausführliche Begehung sämtlicher Betriebe sowie der damit verbundenen, umfangreichen Datenerhebung erfolgen. In Abstimmung mit den beteiligten Akteuren erfolgt die Ermittlung der Einsparpotenziale in der Verbrauchergruppe „Wirtschaft“ 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 könnte bis zum Jahr 2040 der thermische Energiebedarf von 150.000 MWh pro Jahr im Ist-Zustand auf 110.900 MWh/a reduziert werden. Der Strombedarf könnte von 98.100 MWh/a auf 72.500 MWh/a reduziert werden.

Hinweis: Im Rahmen dieser Studie wurden die elektrischen Einsparpotenziale anhand des aktuellen Stromverbrauchs und durch Austausch/Optimierung der aktuell installierten Anlagentechnik berechnet. Eine Berücksichtigung neuer stromverbrauchender „Anwendungsbereiche“ (z.B. Wärmepumpe, E-Mobilität) sind im Kapitel 4.3 dargestellt.

4.2 Transformationsprozesse

Für das Erreichen der Treibhausgasneutralität (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.

4.2.1 Elektrifizierung im Sektor Mobilität

Im Bereich Mobilität beinhaltet die Transformation eine entweder direkte Elektrifizierung der Antriebstechnologien (Batterie-elektrisch) 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 und beläuft sich unter den beschriebenen Annahmen im betrachteten Szenario im Jahr 2040 auf rund 126.400 MWh_{el} (siehe Abbildung 20).

4.2.2 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) stellt einen wesentlichen Teil der künftigen Wärmeversorgungsstruktur in Deutschland dar, da die Verwendung von Wärmepumpen nahezu überall möglich ist. Das Bundeswirtschaftsministerium hat im Jahr 2021 das Ziel formuliert, dass bis zum Jahr 2030 insgesamt 6 Millionen Wärmepumpen in Deutschland installiert sein sollen [BMW]. Bei einem Wohngebäudebestand in Höhe von rund 19 Millionen Wohngebäuden in Deutschland [STATISTA B] 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 des Entwicklungsszenarios dieses Energienutzungsplans angesetzt, dass im Jahr 2040 rund 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 Jahresarbeitszahl von 3,5 ausgegangen, wodurch sich ein Heizstrombedarf von insgesamt 46.700 MWh_{el} ergibt. Wird der bereits im Ist-Zustand ermittelte Heizstrombedarf von ca. 7.000 MWh addiert, ergibt sich ein Heizstrombedarf von insgesamt ca. 53.700 MWh/a. Nähere Informationen sind in Kapitel 4.3.6 und in Abbildung 20 dargestellt.

4.3 Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien

Basis für die Ausarbeitung der Potenzialanalyse 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 (deENet, 2010). 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 (deENet, 2010).

Das wirtschaftliche Potenzial

Das wirtschaftliche Potenzial ist der Teil des technischen Potenzials, der „unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen interessant ist“ (deENet, 2010).

Das erschließbare Potenzial

Bei der Ermittlung des erschließbaren Potenzials werden neben den wirtschaftlichen Aspekten auch ökologische Aspekte, Akzeptanzfragen und institutionelle Fragestellungen berücksichtigt. Demnach werden sowohl mittelfristig gültige wirtschaftliche Aspekte als auch gesellschaftliche und ökologische Aspekte bei der Potenzialerfassung herangezogen.

Der vorliegende Energienutzungsplan orientiert sich bei der Potenzialbetrachtung am **technischen 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.

4.3.1 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 großzünftig verglaste Fassaden). Zum anderen kann die Sonnenstrahlung aktiv zur Energieerzeugung genutzt werden, in erster Linie zur Warmwasserbereitung (Solarthermie) und Stromerzeugung (Photovoltaik).

4.3.1.1 Solarpotenzialkataster

Zur Analyse der Photovoltaik- und Solarthermiepoteziale auf Dachflächen wurde das neu entwickelte, gebäudescharfe Solarpotenzialkataster für die Stadt Schwabach ausgewertet (<https://www.solare-stadt.de/stadt-schwabach/>). Grundlage für die Solarpotenzialanalyse ist ein digitales Oberflächenmodell, 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 Solarpotenzialkataster dient als Basis der Potenzialanalyse für Solarthermie und Photovoltaik auf Dachflächen in der Stadt Schwabach.

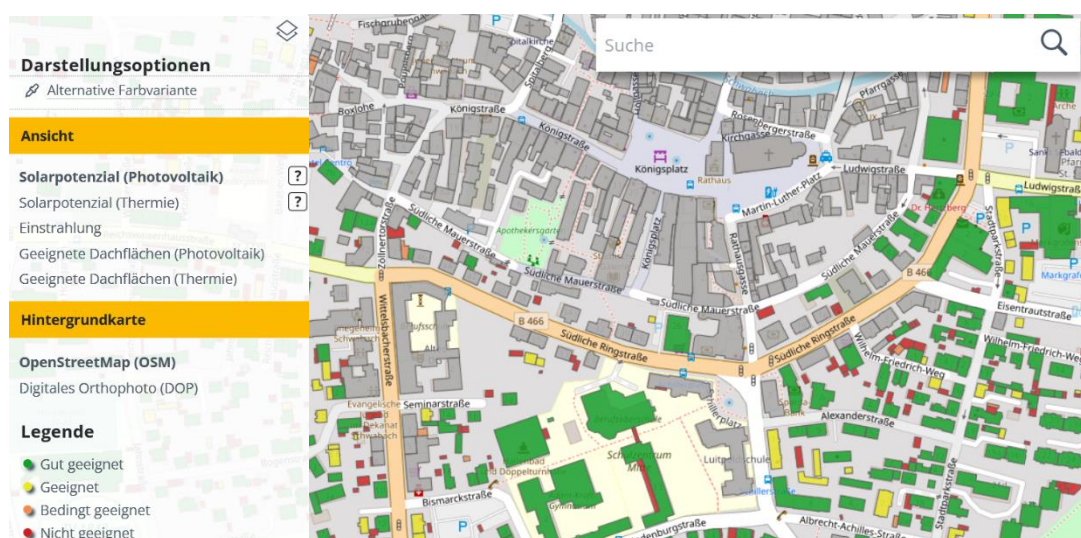


Abbildung 14: Auszug Solarpotenzialkataster für die Stadt Schwabach (<https://www.solare-stadt.de/stadt-schwabach/>)

4.3.1.2 Solarthermie auf Dachflächen

Viele der für die solare Nutzung geeigneten Dachflächen (siehe Solarpotenzialkataster) können sowohl für die Installation von Solarthermieranlagen 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 (sprich der Anteil am gesamten Warmwasserbedarf, der durch Solarthermie erzeugt werden soll) von 60 % 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 $23.700 \text{ MWh}_{\text{th}}$ für die gesamte Wassererwärmung. Dies entspricht einem Energiebedarf von rund $14.200 \text{ MWh}_{\text{th}}$, der durch Solarthermie gedeckt werden soll. Um dies zu erreichen, werden bei einem spezifischen Ertrag von $400 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{m}^2$ insgesamt rund 35.600 m^2 an Kollektorfläche benötigt. Diese Fläche wird im Rahmen des Energienutzungsplans gleichzeitig als technisches Potenzial der Solarthermie definiert. Derzeit sind im Betrachtungsgebiet bereits Solarthermieranlagen mit einer Gesamtfläche von rund 11.300 m^2 installiert, sodass noch ein Ausbaupotenzial von rund 24.300 m^2 besteht.

4.3.1.3 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 178.900 MWh/a . Hierfür wurden nur die Flächen aus dem Solarpotenzialkataster berücksichtigt, die als „gut geeignete“ und „geeignete“ Flächen definiert sind. In Annahme wird 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 125.200 MWh Stromerzeugung pro Jahr zur Verfügung. Dies entspricht einer Gesamtleistung in Höhe von rund 139.100 kW_p .

Im Bilanzjahr 2020 waren bereits Module mit einer Gesamtleistung von rund 8.800 kW_p installiert, sodass unter den beschriebenen Annahmen noch ein theoretisches Ausbaupotenzial von rund 130.200 kW_p besteht.

Die Potenziale für Photovoltaik und Solarthermieranlagen sind in der nachfolgenden Tabelle 4 als Übersicht zusammengefasst.

Tabelle 4: Potenzial erneuerbarer Energien aus Solarthermie und Photovoltaik

Solarthermie		
Gesamtenergiebedarf TWW-Bereitung	MWh _{th} /a	23.700
→ davon 60%	MWh _{th} /a	14.200
→ notwendige Kollektorfläche	m ²	35.600
→ bereits installiert	m ²	11.300
→ bis 2030 neu installierbar	m ²	24.300
Ausbaupotenzial 2030 Solarthermie (TWW)	MWh _{th} /a	9.700
Photovoltaik		
Gesamtpotenzial aller Dachflächen	MWh _{el} /a	125.200
(Statik und Denkmalschutz pauschal berücksichtigt)	kW _p	139.100
→ bereits installiert	kW _p	8.800
→ bis 2040 neu installierbar	kW _p	130.200
→ bis 2040 neu installierbar	MWh _{el} /a	114.800
Annahme:		
Ausbaupotenzial Szenario 2040 (50% vom Gesamtpotential)	MWh _{el} /a	57.400

4.3.1.4 Photovoltaik auf Freiflächen

Neben der Nutzung von geeigneten Dachflächen besteht auch noch die Möglichkeit, Photovoltaik auf bestimmten Frei- oder Konversionsflächen zu installieren. Ähnlich wie bei Flachdächern kann hier die Ausrichtung der zu installierenden Anlage optimal gewählt werden. Im Bilanzjahr 2020 waren noch keine Freiflächen-PV-Anlagen im Stadtgebiet installiert.

Nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz stand 2023 ist die Installation von PV-Freiflächenanlagen derzeit bevorzugt u.a. auf folgenden Flächen möglich:

- Sonstige bauliche Anlagen, die weder Gebäude noch Lärmschutzwände sind (z.B. Deponien)
- Versiegelte Flächen
- Konversionsflächen
- Künstliches oder erheblich verändertes Gewässer (Floating-PV)
- Ackerflächen bei gleichzeitiger landw. Nutzung (Agri-PV)
- Parkplatzflächen

Die Bayerische Verordnung über Gebote für Photovoltaik-Freiflächenanlagen ermöglicht es seit 2017 mit Freiflächen-PV-Projekten auf landwirtschaftlichen Flächen an Ausschreibungen der Bundesnetzagentur teilzunehmen. Grundvoraussetzung dafür ist allerdings, dass sich die landwirtschaftliche Fläche in landwirtschaftlich benachteiligtem Gebiet befindet. Die Einstufung der landwirtschaftlichen Flächen nach den Kategorien benachteiligt / nicht-benachteiligt wurde zuletzt 2019 nach EU-Verordnung neu abgegrenzt. Die Stadt Schwabach ist, siehe Abbildung 15, zum größten Teil als nicht landwirtschaftlich benachteiligtes Gebiet klassifiziert.

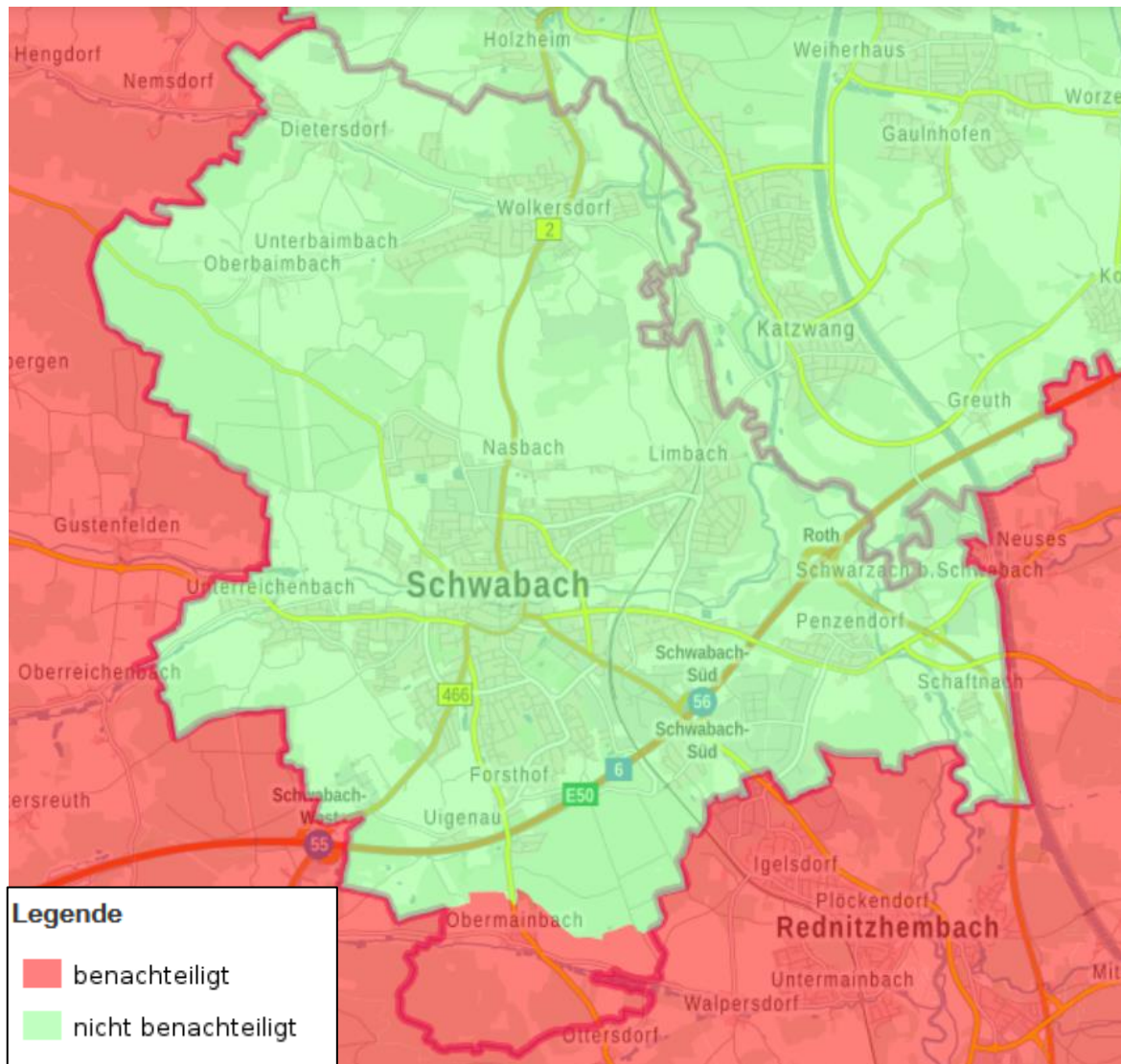


Abbildung 15: Übersicht landwirtschaftlich benachteiligte und nicht benachteiligte Gebiete im Stadtgebiet [Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, Energie-Atlas Bayern]

Durch die Anwendung einfacher und nachvollziehbarer Kriterien konnte eine Kartierung potenziell geeigneter Flächen im Stadtgebiet ausgearbeitet werden. Nachfolgend sind die berücksichtigten Kriterien dargestellt:

Tabelle 5: Potenzialanalyse Photovoltaik-Freiflächenanlagen - Kriterien

Nicht geeignete Flächen für PV-Freiflächenanlagen	Mindestabstand
Siedlungsflächen (Maßgebend ist das letzte Wohnhaus einer Ortschaft, hierzu zählen auch Weiler und Einzelgehöfte)	300 m
Waldflächen und Gewässer	30 m
Straßenverkehrsflächen	40 m
Bahnstrecke	15 m
Ungeeignete Vegetationsflächen (Sumpfbereich, Unland, Gehölz)	10 m
Natura 2000 (Vogelschutz-, FFH-Gebiete)	
Festgesetzte Überschwemmungsgebiete	
Rechtlich festgesetzte Ausgleichs- und Ersatzflächen (Ökoflächenkataster)	
Gesetzlich geschützte Biotop- und Bodenschutzobjekte	

Auf Basis der beschriebenen Ausschlusskriterien konnte eine Übersicht potenziell geeigneter Flächen im Stadtgebiet ausgearbeitet werden.

Hinweis: Gerade große PV-Freiflächenanlagen können auch außerhalb der EEG-Förderung errichtet und betrieben werden. Neben den bislang bekannten Vergütungsmodellen nach dem EEG werden beispielsweise Anlagen mit Direktvermarktung oder zur Direktbelieferung von Großabnehmern betrieben.

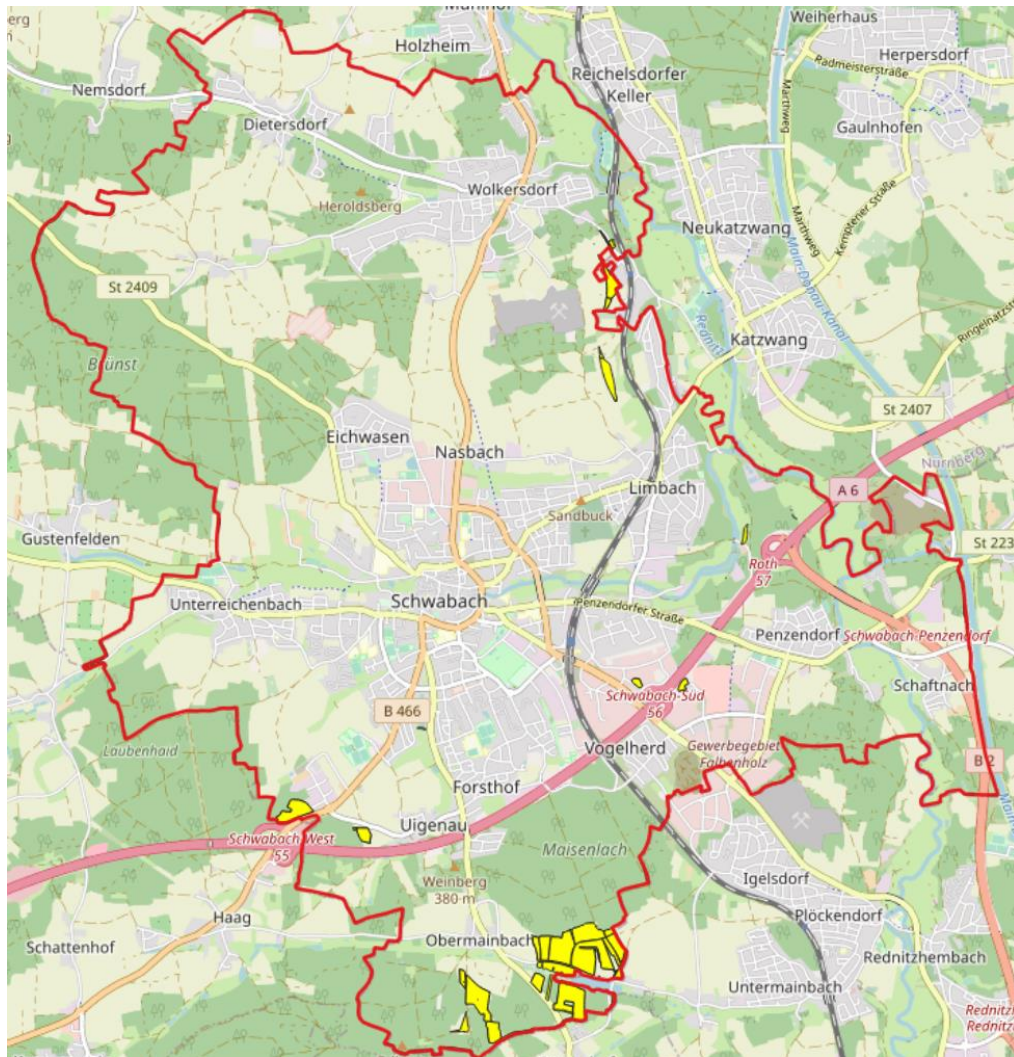


Abbildung 16: Potenzialanalyse Photovoltaik-Freiflächenanlagen - Übersichtskarte

Die GIS-Analyse zeigt hierbei in Summe eine potenzielle Fläche von 45,9 ha auf. Bei einem Flächenbedarf von rund $12 \text{ m}^2/\text{kW}_p$ würde sich ein theoretisches Gesamtpotenzial von 38 MW_p ergeben. Wird ein spezifischer Ertrag von ca. 1.050 kWh/kW_p angesetzt, beträgt die erzeugte Solarstrommenge etwa 40.200 MWh . Diese Flächen und Strommengen sind lediglich als technisches Potenzial zu verstehen.

Eine Überprüfung und Bewertung zur Eignung der möglichen Flächen sollte im Vorfeld vom Amt 41 der Stadt Schwabach stattfinden.

Im Rahmen der Umsetzung der potenziellen Flächen ist ein Bauleitplanverfahren erforderlich.

Ein vollständiges Erschließen der technischen Potenziale ist insbesondere im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik nicht realistisch. Zudem wird zur Verringerung der Nutzungskonkurrenz mit landwirtschaftlichen Flächen das realistische Potenzial im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik auf die Fläche

der ehemaligen Deponie Neuses beschränkt. Diese entspricht einer Größe von rund 6,3 ha, was ca. 0,5 % der gesamten landwirtschaftlichen Fläche entspricht. Dadurch ergibt sich, wie im Kapitel 5.2 entwickelten Szenario, eine jährliche Stromerzeugung von rund 5.600 MWh/a.

4.3.2 Wasserkraft

Im Stadtgebiet Schwabach wurden im Jahr 2020 insgesamt 2.242 MWh Strom aus Wasserkraft erzeugt. Zur Analyse der Ausbaupotenziale im Bereich der Wasserkraft wurde ein Gespräch mit dem Wasserwirtschaftsamt Nürnberg sowie dem Tiefbauamt der Stadt Schwabach geführt und erörtert, ob Ausbau- oder Repowering-Potenziale im Bereich der Wasserkraft vorhanden sind. Es hat sich gezeigt, dass keine Potenziale für den Bau weiterer größerer Anlagen gesehen werden. Im Bereich der Effizienzsteigerung durch Modernisierung der Anlagen wird ein Potenzial von bis zu 10 % prognostiziert. In Summe könnte die derzeitige Stromproduktion in Höhe von 2.242 MWh auf jährlich rund 2.446 MWh gesteigert werden.

4.3.3 Biomasse

4.3.3.1 Holz für energetische Nutzung

Energieholz aus der Forstwirtschaft

Die Stadt Schwabach weist eine Waldfläche von rund 1.122 ha auf [Sta Ba]. Zur Analyse der Potenziale für die energetische Holznutzung wurden Gespräche mit dem Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF) Roth-Weißenburg i.Bay. geführt.

Bei der Ermittlung des maximal zur Verfügung stehenden Potenzials an Energie aus Holz wird von einem durchschnittlichen Holzzuwachs von im Mittel 10,3 Festmetern je Hektar und Jahr ausgegangen. Der jährlich, maximal nutzbare Zuwachs an Holz im Betrachtungsgebiet kann somit bei einem durchschnittlichen Energieertrag von 2.116 kWh/(fm*a) mit rund 24.500 MWh_{Hi} pro Jahr prognostiziert werden.

Bei dem zur Verfügung stehenden Potenzial an Holz steht der Anteil, welcher energetisch genutzt werden kann, in Konkurrenz mit der stofflichen Verwertung (grundsätzlich immer zu bevorzugen). Daher kann nicht der gesamte Holznachwuchs für die Energiebereitstellung eingesetzt werden. Das technisch und nachhaltig nutzbare Gesamtpotenzial für die energetische Nutzung (Holzbrennstoffeinsatz) beläuft sich nach Abstimmung mit dem Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Roth-Weißenburg i.Bay in etwa auf 30 % des regenerativen Zuwachses (rund 7.300 MWh_{Hi}/a).

Grundsätzlich sollten Potenziale zur energetischen Nutzung von Waldholz nicht zu hoch angesetzt werden, da sich die Wälder aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels bereits in Teilen in einer schwierigen Situation befinden (Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, Wasserhaushalt, Schädlingsbefall etc.). Eine nachhaltige Nutzung für eine dauerhafte wirtschaftliche Nutzung im Einklang mit den vielfältigen ökologischen Funktionen sind in jedem Fall zu beachten.

Landschaftspflegeholz (Flur- und Siedlungsholz)

Landschaftspflegeholz (Holz aus öffentlichem und privatem Baum-, Strauch- und Heckenschnitt) unterliegt keiner sonstigen Nutzung und steht somit - theoretisch - komplett zur Verfügung. Unter der Annahme eines jährlichen Anfalls an Landschaftspflegeholz von rund 131 kg pro Einwohner, sowie eines pauschalen Nutzungsanteils in Höhe von ca. 60 % steht bei einem Energiegehalt von 2.200 kWh/t ein Potenzial von rund 7.100 MWh_{Hi} pro Jahr zur energetischen Nutzung zur Verfügung [AbfaBa].

Altholz

Eine Sonderstellung kommt dem Altholz zu. Pro Einwohner und Jahr fallen laut Abfallbilanz [AbfaBa] im Betrachtungsgebiet 41 kg Altholz an. Unter Berücksichtigung der Einwohnerzahl sowie eines pauschalen Nutzungsanteils in Höhe von ebenfalls ca. 60 % steht dadurch bei einem Energiegehalt von 4.000 kWh/t eine Energiemenge von rund 4.000 MWh_{Hi}/a zur energetischen Nutzung zur Verfügung ([Sta Ba], [AbfaBa]).

Zusammenfassung feste Biomasse

In Tabelle 6 ist das technische Potenzial zur Energiebereitstellung aus holzartiger Biomasse zusammenfassend aufgelistet. In Summe beträgt das nutzbare Gesamtpotenzial an fester Biomasse für das Stadtgebiet rund 18.500 MWh_{Hi}/a.

Tabelle 6: Zusammenfassung des Gesamtpotenzials im Bereich feste Biomasse (Wärme)

Energiebereitstellung		Gesamt
Nachwuchs auf gesamter Waldfläche	MWh/a	24.460
davon als Brennholz nutzbar (rund 30%)	MWh/a	7.340
<u>zusätzlich:</u>		
Landschaftspflegeholz (60%)	MWh/a	7.090
Altholz (60%)	MWh/a	4.040
Summe nutzbares Gesamtpotenzial	MWh/a	18.470

Im Bilanzjahr 2020 beläuft sich der Endenergieeinsatz an fester Biomasse bereits auf ca. 34.400 MWh_{Hi}/a. Aus den Betrachtungen ergibt sich daher kein weiteres nachhaltiges Ausbaupotenzial. Nachhaltig in diesem Sinne bedeutet, dass die Holzeinschlagrate nicht die Holznachwuchsrate übersteigt und eine Konkurrenzsituation sowohl hinsichtlich der ökologischen Funktionen als auch der stofflichen Nutzung vermieden wird.

Es ist, wie zuvor beschrieben, davon auszugehen, dass auch signifikant viel Biomasse (vor allem Pellets) in den Bilanzraum importiert wird. Hingegen ist auch anzunehmen, dass Biomasse aus dem Bilanzgebiet exportiert wird. Beide Ströme sind nicht zu quantifizieren.

Festhalten lässt sich aber, dass Holz als alleinige Energiequelle zur mittel- und langfristigen Substitution von Öl und Erdgas nicht ausreichen wird. Es sollten Strategien umgesetzt werden, z. B. der Aufbau

kleinerer Wärmeverbundlösungen in Ortsteilen mit Holz als Bestandteil einer gesamten Versorgungsstrategie (z. B. Zusammenspiel aus Biomassekessel, Wärmepumpe, Photovoltaik oder Solarthermie).

4.3.3.2 Biogas

Im Ist-Zustand erzeugen ein Biomethan-BHKW und eine bestehende Biovergärungsanlage rund 3.600 MWh Strom pro Jahr. Da für die Biovergärungsanlage im Jahr 2023 die Festvergütung für den erzeugten Strom nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) endet, wird für das Energieszenario 2040 keine Stromproduktion aus dieser Anlage angesetzt.

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 vieldiskutierten Energieformen 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 Biomasse, KWK-Anlagen und – mit Abstrichen – Wasserkraft von großer Bedeutung für die Stabilität des zukünftigen Energiesystems.

Biogas aus Energiepflanzen

Für die Abstimmung potenzieller Ausbaupotenziale wurde das AELF kontaktiert. Unter der Annahme, dass 1.314 ha bzw. 10 % aller landwirtschaftlichen Nutzflächen zum Anbau von Energiepflanzen herangezogen werden, ergibt sich bei einem Biogasertrag von ca. 6.636 m³/ha [FNR, eigene Berechnung] und einem Heizwert von 5,4 kWh/m³ [FNR] ein Gesamtpotenzial zum Betrieb von Biogasanlagen mit einer jährlichen Stromerzeugung von ca. 1.740 MWh.

Landwirtschaftliche Reststoffe

Zu den wichtigsten landwirtschaftlichen Reststoffen zählen Gülle, Jauche und Festmist. Über die Anzahl der im Stadtgebiet gehaltenen Großvieheinheiten lässt sich das Aufkommen an Gülle abschätzen und das enthaltene energetische Potenzial ableiten. Das Landesamt für Statistik gibt Auskunft über die aktuell gemeldeten Viehbestände in den Kommunen. Aus den Beständen in der Stadt Schwabach lässt sich eine Anzahl von rund 1.290 Großvieheinheiten ableiten. Der Fachverband Biogas gibt an, dass in Deutschland aktuell rund ein Viertel der anfallenden tierischen Exkrememente als Substrat in Biogasanlagen vergoren wird.

Insgesamt ist der Neubau von Biogasanlagen in Deutschland nahezu zum Erliegen gekommen. Sofern sich an den vorherrschenden, vor allem rechtlichen, Rahmenbedingungen keine deutlichen Verbesserungen für Biogasanlagen ergeben, so kann davon ausgegangen werden, dass der in Biogasanlagen genutzte Anteil der anfallenden Gülle kaum signifikant steigen wird.

Für das in Kapitel 5 beschriebene Entwicklungsszenario wird von einem Anteil von 50 % für die energetische Nutzung am Gülleaufkommen kalkuliert.

Bioabfälle

Bioabfälle, die über die Biotonne erfasst werden, sind als Substrat geeignet und können theoretisch vollständig für eine energetische Nutzung in Biogasanlagen herangezogen werden. Dem Fachverband Biogas nach, landet der Großteil der biologischen Abfälle in der Praxis auch üblicherweise in Biogasanlagen. Das LfU dokumentiert das Aufkommen an Bioabfällen und weist diese Werte in der Abfallbilanz aus. So fielen in der Stadt Schwabach 2020 pro Einwohner 60 kg Bioabfälle an, die in die Kalkulation des energetischen Gesamtpotenzials aufgenommen werden.

Zusammenfassung

Unter den zuvor beschriebenen Rahmenbedingungen setzt sich das Gesamtpotenzial von Strom und Wärme aus Energiepflanzen, Gülle und Bioabfall in Biogasanlagen wie folgt zusammen.

Tabelle 7: Zusammenfassung des rechnerischen Gesamtpotenzials im Bereich Biogas

Potenzial an Biogas		
Energieträger		
Energiepflanzen	MWh/a	4.710
Gülle	MWh/a	1.450
Bioabfall	MWh/a	1.480
→Potenzial Biogasanlage/n gesamt	kW_{el}	380
→Stromproduktion gesamt	MWh/a	2.830
→Wärmeproduktion gesamt	MWh/a	2.150

Das Gesamtpotenzial zur Stromerzeugung beläuft sich auf rund 2.830 MWh/a zum Betrieb einer Biogasanlage von ca. 380 kW. Aufgrund der politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen findet aktuell kein Ausbau statt.

Im Rahmen der Studie wird das Biogas-Potenzial territorial ausgewiesen. Da die Versorgung von Biogasanlagen mit Substrat i.d.R. über die Grenzen des Bilanzraumes hinweg stattfindet, d. h. Substrat importiert bzw. exportiert wird, wird dieses Potenzial in den Biogasanlagen der Nachbargemeinde bereits teilweise genutzt. Beispielsweise in der Nachbargemeinde Rohr befinden sich in direkter Nähe zur Gemeindegrenze Biogasanlagen großer Leistungsklassen mit einem hohen Substratbedarf. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Substratbedarf dieser Anlagen zum Teil auch aus den betrachteten Kommunen mit gedeckt wird. Aufgrund der Vorgabe des Territorial-Prinzips wurde im Rahmen der Abstimmungsrunden beschlossen, das rechnerische Gesamtpotenzial der Stadt Schwabach zuzuweisen, was einer jährlichen Stromproduktion von 2.830 MWh/a entspricht.

4.3.4 Windkraft

Im Jahr 2020 waren noch keine Windkraftanlagen im Stadtgebiet Schwabach installiert (entscheidend ist hierbei der Standort der Anlage, nicht der Netzeinspeisepunkt).

Für die Potenzialbetrachtung im Bereich Windkraft wurde eine Flächenanalyse durchgeführt, bei der potenzielle Windkraftstandorte hinsichtlich der Windhöflichkeit und der Standorteignung nach Art. 82 der Bayerischen Bauordnung berücksichtigt wurden. Dem Kabinettsbeschluss vom 28.06.2022 zufolge sollen Ausnahmen von der 10H-Regel in folgenden Fallgruppen gelten:

- Vorrang- und Vorbehaltsgebiete, die im Raumordnungsplan für Windkraft definiert sind
- Gewerbegebiete: Errichtung der Anlagen in einem Abstand von bis zu 2.000 m; Strom muss überwiegend zur Deckung des anfallenden Bedarfs genutzt werden
- Vorbelastete Gebiete (Autobahn, Bahnstrecke): Aufbau in einem Korridor von 500 m zzgl. Mindestabstände
- Militärische Übungsgelände
- Repowering: Austausch bestehender Windenergieanlagen
- Wälder: Mitte des Mastfußes zum Waldrand mindestens Radius des Rotors

Hier gilt ein grundsätzlicher Mindestabstand von 1.000 m zur Wohnbebauung, sofern die Wohnbebauung nicht nur ausnahmsweise baurechtlich zulässig ist.

Als Kriterium für eine ausreichende Windhöflichkeit wurde ein Mittelwert der durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten von 5 m/s in einer Höhe von 120 m über Grund angesetzt. Als Datengrundlage wurde auf Kartenmaterial des Bayerischen Landesamts für Umwelt zurückgegriffen. In Abbildung 17 sind die potenziell geeigneten Flächen gemäß Gebietskulisse Windkraft dargestellt. Im Rahmen des

Energienutzungsplans wird als Szenario bis zum Jahr 2040 der Betrieb von 2 Windkraftanlagen, welche in Abbildung 17 in Form roter Punkte darstellt sind, der 5 MW-Klasse mit einer Gesamtstromproduktion in Höhe von 20.000 MWh pro Jahr angesetzt.

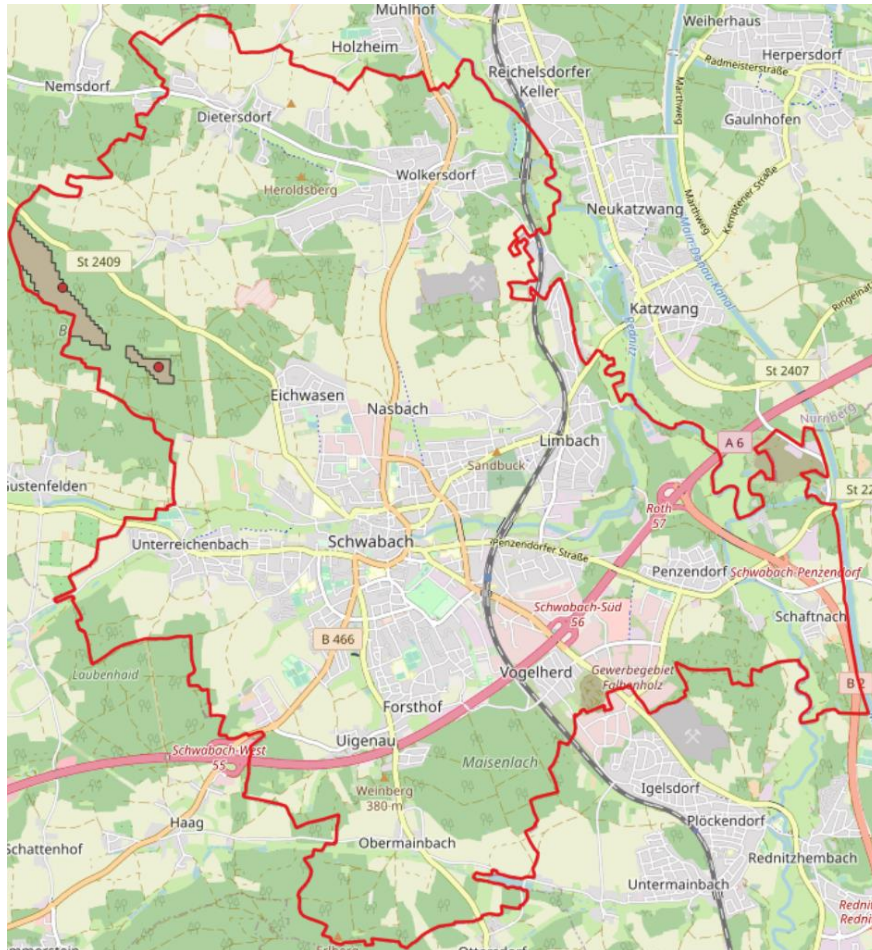


Abbildung 17: Potenzialanalyse Windkraft auf Basis der Gebietskulisse Windkraft des LfU [LfU Wind]; Anpassung IfE

Hinweise:

- Zum Zeitpunkt der Projekterstellung wird die Pflicht zur Ausweisung potenzieller Flächen durch die einzelnen Bundesländer geprüft. Sollte diese politische Entscheidung getroffen werden, so wird den Kommunen die Festlegung von bevorzugten Flächen für Windkraft auf Basis dieser GIS-Analyse empfohlen. Darauf basierend können dann realistisch umsetzbare Ausbaupotenziale im Stadtgebiet definiert werden.

- *Das Potenzial zur Nutzung von Kleinwindkraft weist eine hohe lokale Varianz auf und ist nur bedingt durch flächendeckende Analysen zu ermitteln. Grundsätzlich ist die Eignung eines Standortes durch eine mehrmonatige Windmessung vor Ort zu prüfen.*
- *Die Flächenanalyse Windkraft bietet eine Erstbewertung windhöfziger Gebiete hinsichtlich ihrer Eignung als Potenzialflächen zur Windenergienutzung. Sie ersetzt nicht die immissionsschutzrechtliche Genehmigung. Ein Rechtsanspruch (etwa auf eine Genehmigung) lässt sich daraus nicht ableiten. Die sog. „10H-Regelung“, die kommunale Planungshoheit und die der Planungsverbände bleiben davon unberührt.*

4.3.5 Kraft-Wärme-Kopplung

Der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) als Brückentechnologie stellt einen wichtigen Baustein für die Energiewende dar. KWK-Anlagen wandeln den eingesetzten Brennstoff (meist Erdgas) mit bis zu 90 % in nutzbare Wärme und Strom um. Auf diese Weise tragen sie zu einer ressourcenschonenderen Energieversorgung bei. Mittelfristig soll der Einsatz von Wasserstoff und/oder synthetischer Kraftstoffe zu neuen Einsatzgebieten in der Kraft-Wärme-Kopplung führen. Der weitere Ausbau könnte z. B. über Informationskampagnen forciert werden (insbesondere in Industriebetrieben mit gleichzeitig hohem Wärme- und Strombedarf). Eine Quantifizierung des Potenzials ist im Rahmen des Energienutzungsplans nicht möglich.

Im Rahmen des Energienutzungsplans erfolgte betreffend der Kraft-Wärme-Kopplung eine umfassende Datenerhebung bei den Gewerbe- und Industriebetrieben. Diese Datenerhebungsbögen wurden im GIS visualisiert. Aus Datenschutzgründen können diese Ergebnisse nicht im Endbericht aufgezeigt werden.

4.3.6 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 Kältegewinnung
- tiefe Geothermie ab 400 Meter Tiefe. In diesen Tiefen kann neben der Wärmeproduktion auch die Produktion von Strom interessant sein

Die Tiefengeothermie nutzt Erdwärme in Tiefen ab 400 m. Aufgrund der Komplexität der Thematik wurden nähere Betrachtungen sowie eine Quantifizierung des Potenzials im Rahmen des Energienutzungsplans nicht vorgenommen.

Potenzialermittlung Oberflächennahe Geothermie

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

Zur Ermittlung der Potenziale oberflächennaher Geothermie wurde auf hydrogeologische Daten des Geologischen Dienstes des Landesamtes für Umwelt zurückgegriffen. In Abbildung 18 und Abbildung 19 ist die Standorteignung oberflächennaher Geothermie bzw. die Möglichkeit zur Nutzung des anstehenden Grundwassers im Stadtgebiet dargestellt. Es zeigt sich, dass viele Gebiete grundsätzlich für die Nutzung oberflächennaher Geothermie geeignet erscheinen. Nur die Trinkwasserschutzgebiete eignen sich demnach nicht und einzelne Bereiche sind lediglich für Kollektoren und Sonden, nicht jedoch für Grundwasserwärmepumpen, geeignet.

Wichtig: Die Übersicht dient lediglich der Erstinformation. Die Umsetzung einer Anlage mit Nutzung oberflächennaher Geothermie bedarf zwingend einer detaillierten Einzelfallprüfung.

Neben der hydrologischen Eignung und den bohrrechtlichen Rahmenbedingungen sind jedoch für die Nutzung oberflächennaher Geothermie auch der energetische Zustand des Gebäudes sowie das im Gebäude zum Einsatz kommende Wärmeabgabesystem ausschlaggebend. Auf die Ausweisung bzw. Quantifizierung eines Gesamtausbaupotenzials für die Kommune wurde verzichtet, da für den Einsatz oberflächennaher Geothermie immer eine Einzelfallprüfung auf Basis der tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort notwendig ist.

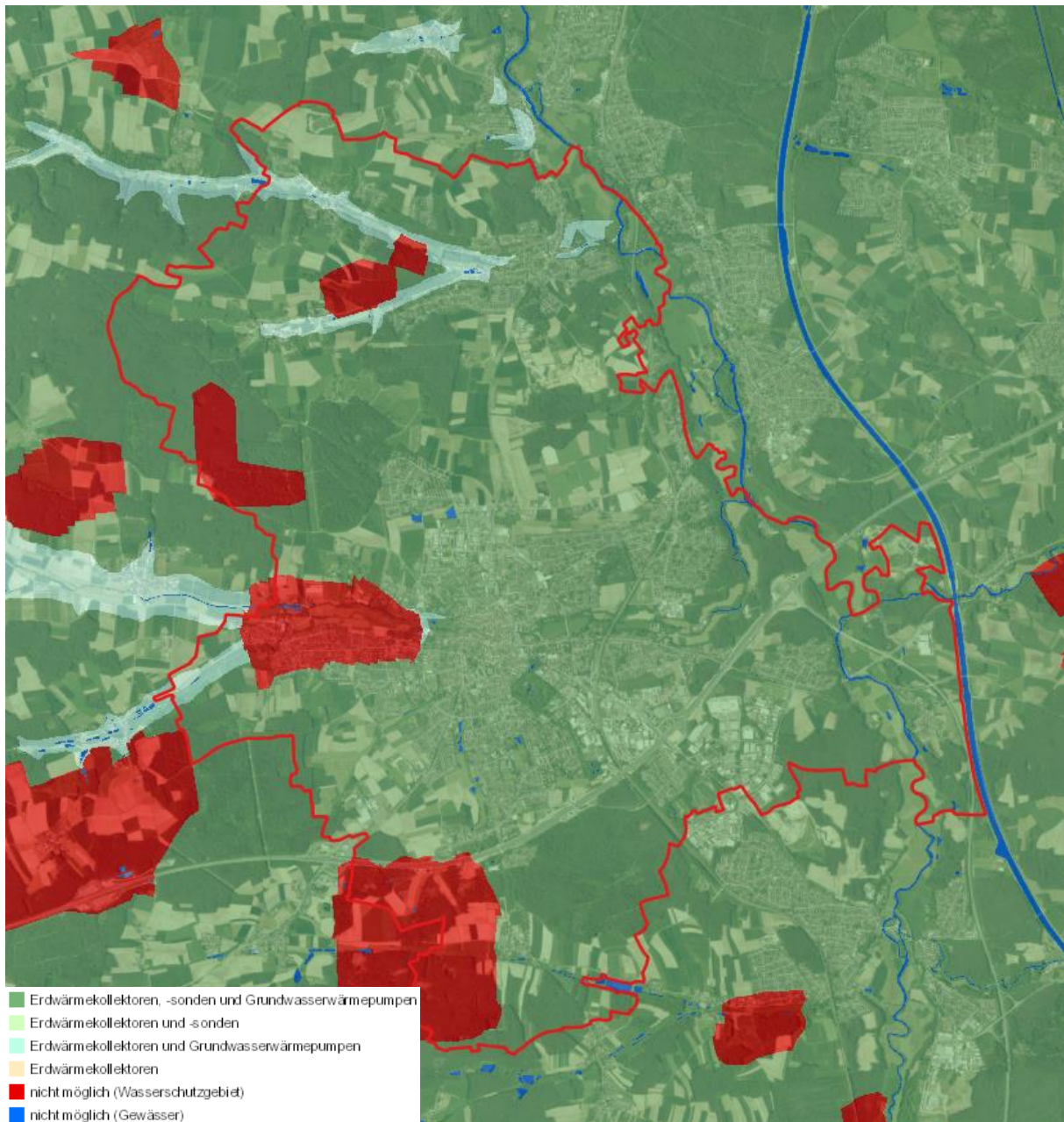


Abbildung 18: Standorteignung oberflächennaher Geothermieanlagen (Erdsonden und Erdkollektoren [Energie-Atlas Bayern (www.energieatlas.bay-ern.de), Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, eigene Bearbeitung]

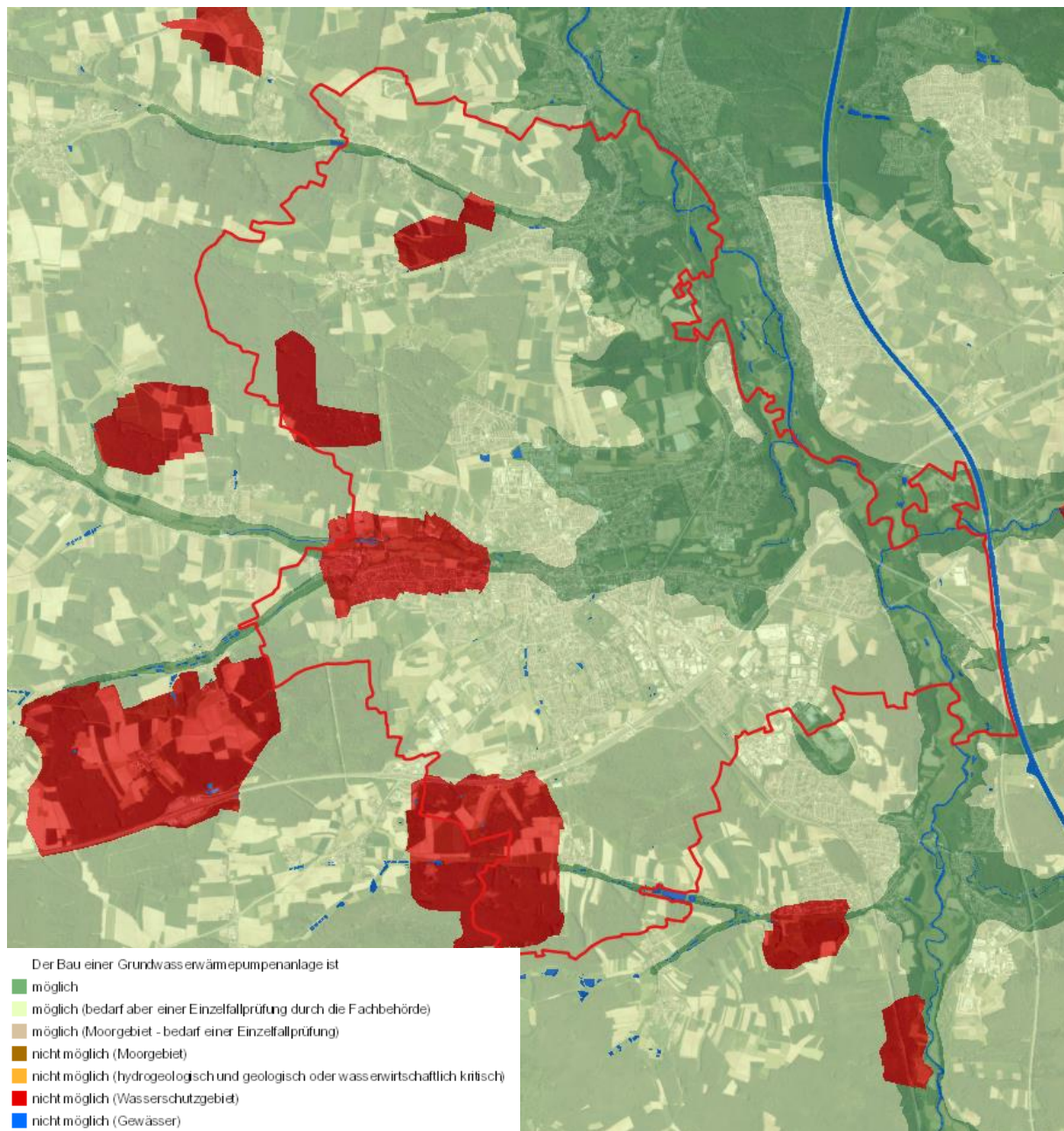


Abbildung 19: Standorteignung bzw. Nutzungsmöglichkeiten von Grundwasserwärmepumpenanlagen Erdkollektoren
 [Energie-Atlas Bayern (www.energieatlas.bay-ern.de), Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, eigene Bearbeitung]

Umweltwärme (Luft)

Generell ist der Einsatz von Luft-/Wasser- oder Luft-/Luft-Wärmepumpen an nahezu jedem Standort technisch möglich, einzig regulatorische Vorgaben zu Lärmemissionen sind oftmals relevante Einflussgrößen. Jedoch ist der effiziente Einsatz von Wärmepumpen, welche auf die Umgebungsluft

als Wärmequelle zurückgreifen, besonders stark vom energetischen Zustand sowie den ggf. damit verbundenen, vorzuhaltenden Temperaturniveaus im Wärmeverteilsystem der zu beheizenden Liegenschaft abhängig.

Potenzialabschätzung

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 fossilen Energieträgern zu mindern (Sektorenkopplung) sowie das vorhandene Potenzial aus Biomasse für ausgesuchte, effiziente Versorgungslösungen vorzuhalten (Energimix; Übernutzung vermeiden). Der weitere Ausbau von Wärmepumpensystemen könnte z. B. über Informationskampagnen, v. a. im Zusammenhang mit Maßnahmen zur Gebäudesanierung, forciert werden.

In den Kalkulationen wird daher davon ausgegangen, dass neu zu installierende Wärmepumpenaggregate in (teil-)sanierte Liegenschaften, die eine energieeffiziente Betriebsweise ermöglichen, eingebaut und betrieben werden.

In Anlehnung an die Angaben der BWP / BDH-Absatzstatistik für das Jahr 2021³ wurde die Annahme getroffen, dass sich die Verteilung der künftig zum Einsatz kommenden Wärmepumpenaggregate folgendermaßen ergeben:

Tabelle 8: Künftige Verteilung der Wärmepumpen anhand eingesetzter Umweltwärmequellen [BWP/BDH]

Wärmepumpenaggregat	Anteil
Sole-/Wasser-Wärmepumpen (Erdsonden, Erdkollektoren)	15%
Grundwasserwärmepumpen	3%
Luft-/Wasser-Wärmepumpen	82%

³ Das Jahr 2020 konnte nicht abgebildet werden, da zum Bearbeitungszeitraum die entsprechenden Daten für das Jahr 2020 nicht vorlagen.

Werden für die einzelnen Aggregate nun mittlere Anlagennutzungsgrade (bei Wärmepumpen die sog. Jahresarbeitszahl; JAZ) hinterlegt, kann auf die zur Verfügung gestellte Jahresnutzwärme sowie die zum Betrieb nötige elektrische Energie (Endenergie) zurückgeschlossen werden.

Für die bereits in Betrieb befindlichen Wärmepumpenanlagen kann auf Basis einer mittleren Jahresarbeitszahl von ca. 2,5 und einem Endenergiebedarf von 7.000 MWh_{el}/a eine bis dato zur Verfügung stehende Nutzwärmemenge von ca. 17.500 MWh_{th}/a ausgewiesen werden.

Wird nun für neu zu installierende Wärmepumpenanlagen eine mittlere, gesteigerte JAZ von 3,5 sowie ein Gesamtpotenzial von rund 6.200 Anlagen bis 2040 zugrunde gelegt, ergibt sich eine Jahresnutzwärmemenge in Höhe von ca. 163.400 MWh_{th}. Der dafür notwendige Endenergiebedarf beläuft sich auf rund 46.700 MWh_{el} (Heizstrom).

Unter der Annahme, dass die neu verbauten Wärmepumpen grundsätzlich Anlagen, welche auf Heizöl (2/3) und Erdgas (1/3) basieren, ersetzen, ist davon auszugehen, dass anhand des bereitgestellten Nutzwärmebedarfs insgesamt rund 181.500 MWh_{End} fossiler Endenergie eingespart werden können.

Im Ist-Zustand liegt die Zahl der Heizstrom-Abnehmer laut EVU bei rund 1.000 Stück. Davon sind gut 400 Anlagen als Speicherheizungen deklariert und knapp 600 als eine Mischkategorie separat gemessener Heizstrom-Anlagen (also Wärmepumpen oder Direktheizungen mit eigenem Tarif). Die Anzahl der Wärmepumpen ist somit nicht exakt zu beziffern. Insgesamt wurden im Jahr 2020 rund 7.000 MWh Strom für Heizzwecke bezogen.

Sonderbauformen

Sonderbauformen wie z. B. Luft-/Luft-Wärmepumpen, Absorptions- und Adsorptionswärmepumpen werden an dieser Stelle aufgrund der bisher zu vernachlässigenden Anteile bzw. des eingesetzten Energieträgers Erd- oder Flüssiggas nicht näher betrachtet.

Eine weitere Sonderbauform stellt die sog. Brauchwasserwärmepumpe dar (strombetrieben). Diese hat in den vergangenen Jahren vor allem durch die mögliche Kombination mit einer bestehenden PV-Anlage und einem Haupt-Wärmeerzeuger deutlichen Zuspruch erhalten. Aufgrund des jedoch nach wie vor geringen Anteils installierter Geräte sowie dem Sachverhalt zur Installation von Solarthermieanlagen wird das Potenzial dieser Anlagen nicht näher erläutert. Es wird davon ausgegangen, dass die (teilweise) Warmwasserbereitung im Idealfall direkt aus der Nutzung der solaren Strahlungsenergie mittels solarthermischer Anlagen erfolgt.

Abwärme aus Gewerbe und Industrie

Die in den Datenerhebungsbögen der Industrie- und Gewerbebetriebe sowie der vorhandenen Biogasanlagen abgefragten Informationen haben ergeben, dass die Nutzung von Abwärme zwischenzeitlich vor allem zur betriebsinternen Weiterverwendung genutzt wird (z. B. Effizienzsteigerung mittels Wärmepumpenanlagen). Darüber hinaus konnten bei einzelnen Betrieben weitere zur Verfügung stehende Abwärmepotenziale identifiziert werden, welche aus Datenschutzgründen nicht im Detail ausgeführt werden können.

Abwärme aus Abwasser

Die im Abwasser enthaltene Wärme stellt eine mögliche Wärmequelle dar, die mittels Abwasserwärmepumpen oder Wärmetauschern nutzbar gemacht werden kann und im Rahmen des kommunalen Klimaschutznetzwerkes näher betrachtet wird.

5 Entwicklungsszenarien

Basierend auf der Analyse der energetischen Ausgangssituation (siehe Kapitel 3) und der Potenzialanalysen (siehe Kapitel 4) wurden strategische Szenarien erarbeitet, aus denen Handlungsoptionen und der Entwicklungspfad zur Senkung des Energieverbrauchs und für den Ausbau erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2040 abgeleitet werden können. Bezugsjahr für die Szenarien ist das Jahr 2020. Die Szenarien stellen zugleich die Zusammenfassung der Ergebnisse aus den vorangegangenen Kapiteln dar.

Dazu wird zunächst jeweils separat die Entwicklung der Bedarfs-Seite und anschließend der Erzeuger-Seite betrachtet. Im darauffolgenden Schritt wird dies zusammengeführt und ein vergleichender Blick auf die Zusammensetzung von Bedarf und Erzeugung im Ziel-Jahr 2040 geworfen.

5.1 Energiebedarf

Abbildung 20 zeigt die Entwicklung des Energiebedarfs, ausgehend vom Ist-Zustand im Jahr 2020, über das Jahr 2030 bis hin zum gesetzten zeitlichen Horizont 2040. Dabei wird der Energiebedarf aller Sektoren Strom, Wärme und Verkehr skizziert. Hinsichtlich der elektrischen und thermischen Energieeinsparung in den Verbrauchergruppen Private Haushalte, Kommunale Liegenschaften und Wirtschaft wurden die in Kapitel 4.1 dargestellten Einsparpotenziale mit einberechnet.

Im Zuge der Sektorkopplung werden die Energiesektoren Strom, Wärme und Verkehr miteinander vernetzt, dabei wird Strom noch eine wesentlich stärkere Rolle in den Sektoren Mobilität und Wärme spielen, weshalb Strom für Heizzwecke und für Mobilität hier nochmals separat herausgearbeitet wurde (folglich Kapitel 4.2).

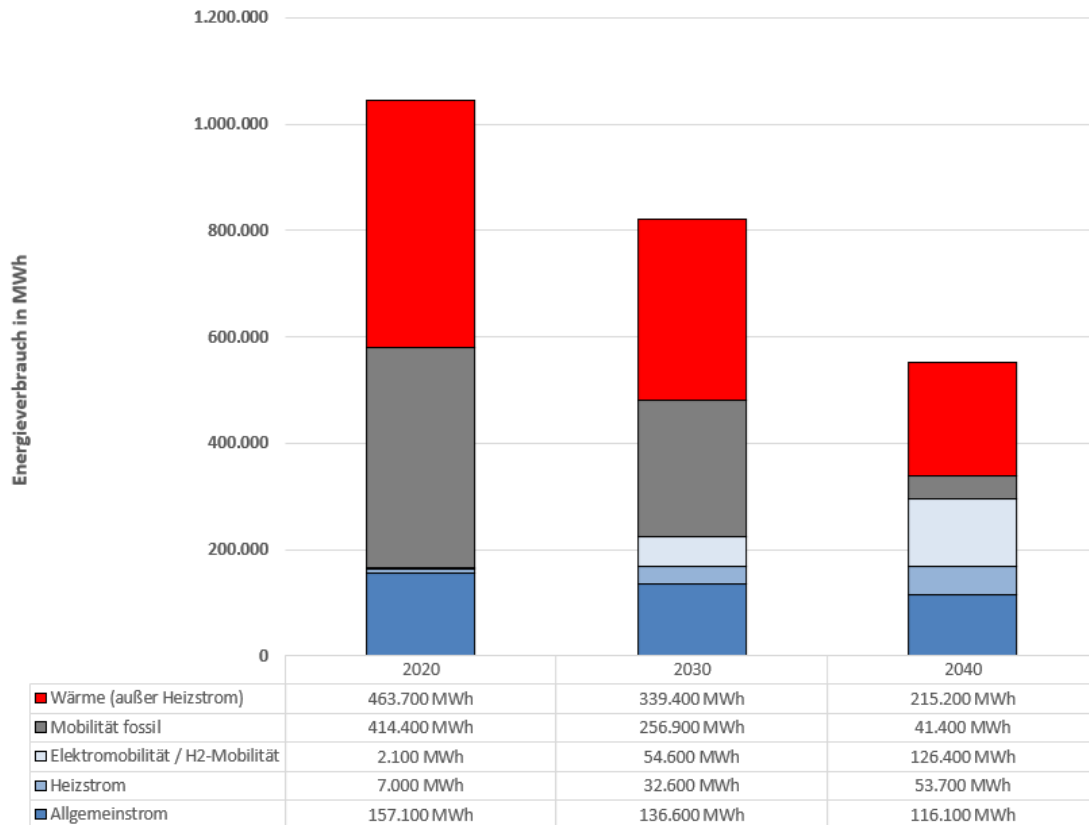


Abbildung 20: Entwicklung des Energiebedarfs in den verschiedenen Sektoren

So zeigt sich auf der Bedarfs-Seite die Auswirkung der in Kapitel 4.1 geschilderten Einspar- und Transformationsprozesse. Auf der einen Seite ist eine deutliche Einsparung über alle Sektoren hinweg festzustellen. Insgesamt beträgt die Einsparung 491.400 MWh bzw. 47 %. Die Einsparung resultiert vor allem auf Basis der Reduktion des Energiebedarfs im Sektor Mobilität, welche wiederum vor allem auf die Transformation hin zu deutlich effizienteren, elektrifizierten Antriebstechnologien zurückzuführen ist (folglich Kapitel 4.2.1). Zudem sind die Einsparungen durch Sanierung und Effizienzsteigerung im thermischen Bereich und im Bereich des Allgemeinstrom-Bedarfs ersichtlich. Im Wärme-Segment ist auch eine merkliche Transformation vom thermischen Energiemix aus, vor allem Gas und Heizöl, hin zu elektrischen Wärmeerzeugern zu erkennen (folglich den Annahmen in Kapitel 4.2.2). Durch die verstärkte Elektrifizierung der Sektoren Mobilität (126.400 MWh_{el}) und der Wärmeversorgung durch den Einsatz von Wärmepumpen (Heizstrom 53.700 MWh_{el}) steigt der Strombedarf um 130.000 MWh bzw. 78 %. Dieser Bedarf ist beim Ausbau erneuerbarer Stromquellen speziell zu berücksichtigen, da er ohne Umwandlungsschritte direkt aus Erneuerbaren bereitgestellt werden kann.

5.2 Erzeugung

Die Rahmenbedingungen für den Ausbaupfad im Bereich der Erneuerbaren werden im ersten Schritt realistisch-ambitioniert definiert. Aus den in Kapitel 4.2 ermittelten technischen Potenzialen, die im Stadtgebiet vorzufinden sind bzw. errechnet wurden, wird für das Skizzieren des möglichen Szenarios im Jahr 2040 eine Teilmenge als praktikabel erschließbar angenommen.

Ein vollständiges Erschließen der technischen Potenziale ist insbesondere im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik nicht realistisch. Vor allem, weil eine Flächenkonkurrenz zwischen der landwirtschaftlichen oder baulichen Nutzung der in Frage kommenden Flächen und der Solarstromgewinnung besteht.

Bei der Betrachtung von Windkraft werden Standortmöglichkeiten für zwei Windkraftanlagen der 5 MW-Klasse angenommen. Im Ist-Zustand sind noch keine Groß-Windkraftanlagen installiert. Zusammenfassend wurden auf Grundlage der Erhebungen in Kapitel 4 folgende Potenziale im Entwicklungsszenario berücksichtigt:

- **Aufdach-Photovoltaik und Solarthermie:**
 - Nutzung von 50 % des abzüglich der Solarthermie zur Verfügung stehenden Gesamtpotenzials (folglich Kapitel 4.3.1.3)
 - Solarthermie: Deckung von 60 % des Warmwasserbedarfs der Wohngebäude (folglich Kapitel 4.3.1.2)
- **Freiflächen-Photovoltaik:**
 - Nutzung der ehemaligen Deponie Neuses (folglich Kapitel 4.3.1.4)
- **Windkraft:**
 - Zwei Anlagen à 5 MW (folglich Kapitel 4.3.4)
- **Biogas-Potenziale:**
 - 10 % der landwirtschaftlichen Fläche, Landwirtschaftliche Reststoffe und Bioabfälle (folglich Kapitel 4.3.3.2)
- **Wasserkraft:**
 - Keine neuen Standorte; Effizienzsteigerung 10 % (folglich Kapitel 4.3.2)
- **Umweltwärme:**
 - Sektorenkopplung durch Einsatz von 6.200 Wärmepumpen (folglich Kapitel 4.2.2 und 4.3.6)
- **Biomasse (Holz):**
 - Wärme: kein nennenswertes Ausbaupotenzial (folglich Kapitel 4.3.3.1)
 - Strom: kein Ausbaupotenzial berücksichtigt

Abbildung 21 zeigt die Entwicklung der Energiemengen aus den geschilderten Energiequellen, ausgehend vom Ist-Zustand (Jahr 2020) über das Jahr 2030 bis zum Zieljahr 2040.

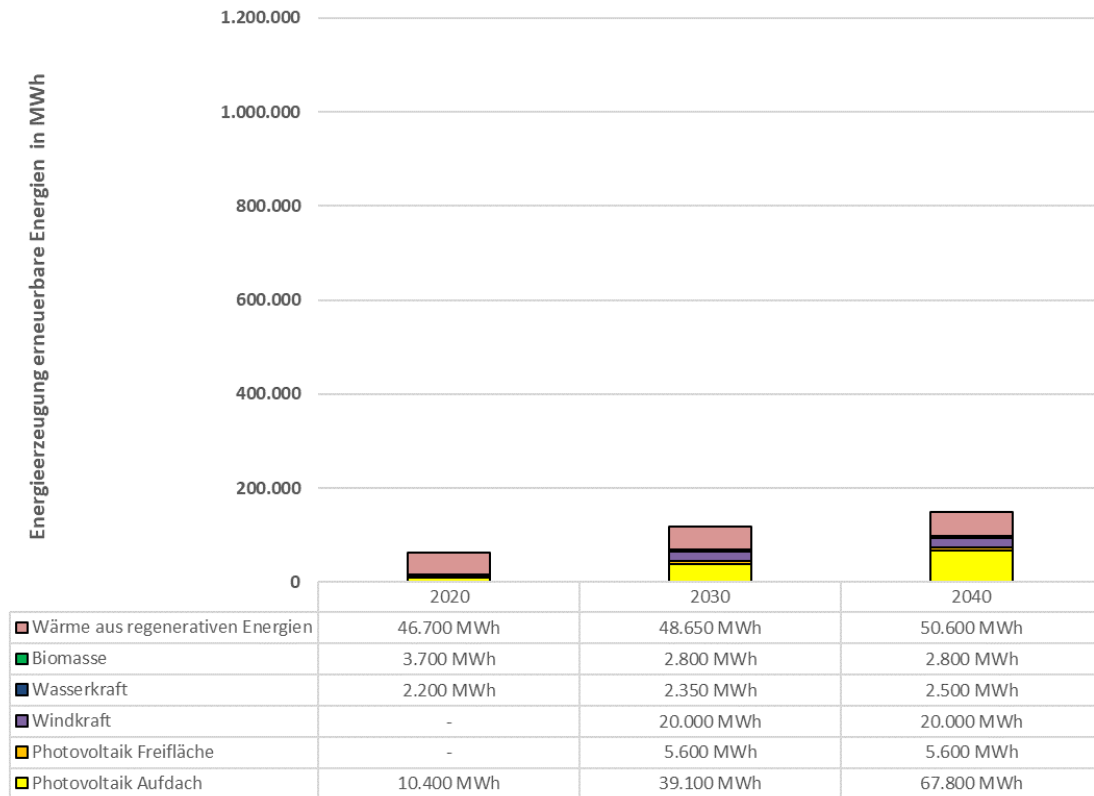


Abbildung 21: Die Entwicklung der Energiemengen aus den verfügbaren Energiequellen

Man erkennt insbesondere das Potenzial in den Bereichen Photovoltaik (Aufdach), Windenergie und Freiflächen-Photovoltaik. Bei Erschließen der Potenziale zu dem zuvor geschilderten Grad, könnte die Menge erneuerbarer Energien von aktuell 63.000 MWh auf rund 149.300 MWh im Jahr 2040 gesteigert werden. Das entspräche einem Ausbau auf 237 % des Ist-Zustandes.

Gesamtbild im Jahr 2040

Bedarf und Erzeugung im Jahr 2040 herausgegriffen und gegenübergestellt, ergibt sich das in Abbildung 22 dargestellte Verhältnis aus den jeweiligen Verbrauchssektoren und den regenerativ, regional bereitgestellten erneuerbaren Energie-Mengen. Die Wärme aus regenerativen Energien umfasst dabei die zuvor dargestellten Potenziale aus Solarthermie, der Biomasse und der Wärmenutzung aus Biogas.

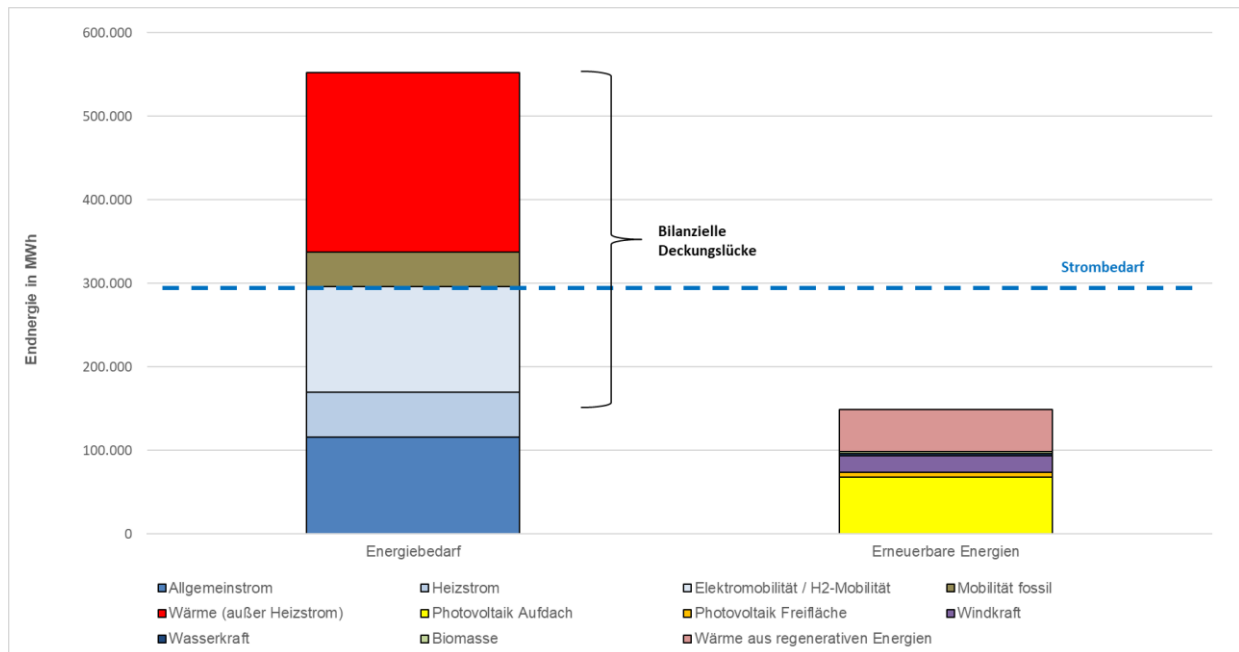


Abbildung 22: Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der Erneuerbaren Energieerzeugung im Jahr 2040

Es ist klar zu erkennen, dass bei Beschreiten des skizzierten Ausbaupfads der Bedarf im Stadtgebiet bilanziell nicht ausreichend aus regionalen erneuerbaren Energien bereitgestellt werden kann.

Dabei sind rein die jährlich erforderlichen Endenergiemengen beleuchtet, etwaige Wandlungsverluste, die auftreten würden, um fossile Brenn- oder Treibstoffe mittels Strom zu substituieren (zum Beispiel über Wasserstoff), sind in dieser Betrachtung nicht darstellbar.

Zudem handelt es sich, wie geschildert, um eine bilanzielle Betrachtung, das heißt es kann daraus zunächst keine Aussage darüber abgeleitet werden, wie autark die Stadt (im Sinne einer jederzeit vorhandenen Eigenversorgung) ist. Tatsächlich ist der zeitliche Verlauf der generierten Energie nie zu einhundert Prozent deckungsgleich mit dem Verlauf des Bedarfs. Eine wirkliche Autarkie ist so nicht möglich, es wird immer ein permanenter Austausch von Energie über die Grenzen des Bilanzraums hinweg erfolgen müssen. Der Grad dessen, was aus dem Bilanzraum exportiert bzw. in diesen importiert wird, kann aber auf verschiedene Wege reduziert werden. So ist es möglich, Verbraucher nach der aktuellen

Erzeugung auszurichten, also beispielsweise Verbraucher insbesondere dann hochzufahren, wenn ein hohes Angebot an Sonne und Wind vorliegt (Lastmanagement). Alternativ können verschiedene Formen von Kurzzeit-Stromspeichern dienen, Überkapazitäten zu puffern und bei Bedarf freizugeben. Darüber hinaus wäre ein Speichern von Strom über Zwischenstufen, wie das Medium Wasserstoff, denkbar.

Weiterhin spricht für eine verstärkt dezentrale, regionale Erzeugungsstruktur mit Erneuerbaren-Energien-Anlagen, dass neben den offensichtlichen CO₂-Reduktions- und Klimaschutzpotenzialen, die mit dem generellen Ausbau der Erneuerbaren gehoben werden, weitere wirtschaftliche und gesellschaftspolitische positive Effekte auftreten.

So kann durch die regionale Produktion beispielsweise das Erfordernis, das Übertragungsnetz auszubauen, reduziert werden. Zudem erzielen Erneuerbare-Energien-Projekte eine wertvolle, regionale Wertschöpfung (Pacht- und Steuereinnahmen, aber auch Arbeitsplätze und eine Vermeidung von Importkosten). Insbesondere bei Modellen mit direkter Bürgerbeteiligung oder einer abzusehenden Verbesserung der direkten Beteiligung der Kommunen an einzelnen Projekten, kann diese Ausrichtung dazu beitragen, die kommunalen Haushalte zu verbessern, die Wirtschaftskreisläufe vor Ort zu stärken und die Standortattraktivität zu steigern.

6 Maßnahmenkatalog

Das Kernziel des digitalen Energienutzungsplans ist die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkatalogs, der konkrete Handlungsempfehlungen für die Stadt Schwabach aufzeigt. Der Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit den Akteuren, während den Steuerungsrunden und Abstimmungsterminen ausgearbeitet.

Einzelne Projekte aus dem Maßnahmenkatalog wurden im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans bereits als Detailprojekte umfassend auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit hin geprüft. Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Maßnahmen in Steckbriefen beschrieben.

Es besteht die Möglichkeit, die Umsetzung der im Maßnahmenkatalog aufgeführten Projekte, wie z. B. Potenzialstudien oder Umsetzungsbegleitungen, im Rahmen des Klimaschutznetzwerkes oder über die Kommunalrichtlinie und Programme der KfW zu fördern.

Nr. und Titel	1. PV-Anlage Hermann Stamm Realschule
Kurzbeschreibung	Die Hermann Stamm Realschule verfügt derzeit noch nicht über eine PV-Anlage. Um den tagsüber benötigten Strom für den Betrieb der Schule zum Großteil über Eigenstrom decken zu können, wird im Zuge einer Generalsanierung die Installation einer PV-Anlage geprüft werden. Dabei können insbesondere Foliensolarmodule für die Dachflächen sowie die Anbringung von Photovoltaikmodulen an der Fassade berücksichtigt werden.
Ziele	Erhöhung der kommunalen, regenerativen Stromerzeugungskapazitäten.
Zielgruppe	Stadt Schwabach
Zeitraum für die Umsetzung	kurzfristig (0 - 3 Jahre), idealerweise in Verbindung mit Sanierungsmaßnahme
Fördermöglichkeiten	- Überschuss- oder Volleinspeisung nach EEG
Akteure	Stadt Schwabach / Amt 32
Nächste Schritte	Auswahl der Dachflächen, Priorisierung der Dachflächen, Finanzierung prüfen, Planung und Realisierung im Zuge der Sanierungsmaßnahme
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	6
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von Anlagengröße, Einsparung von ca. 0,46 kg CO ₂ pro kWh
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	Gesamtkosten abhängig von Gesamtleistung der PV Anlage. Mittlere Kosten für Installation pro kWp 1.200 €

Nr. und Titel	2. PV-Anlage Wolfram-von-Eschenbach-Gymnasium
Kurzbeschreibung	Das Wolfram-von-Eschenbach-Gymnasium ist mit rund 170.000 kWh/a eines der größten kommunalen Stromverbraucher in der Stadt Schwabach. Für das Gebäude sollte daher im Anschluss an einer Dachsanierung die Installation einer PV-Anlage mit Stromeingennutzung geprüft werden.
Ziele	Erhöhung der kommunalen, regenerativen Stromerzeugungskapazitäten.
Zielgruppe	Stadt Schwabach
Zeitraum für die Umsetzung	kurzfristig (0 - 3 Jahre)
Fördermöglichkeiten	- Überschuss- oder Volleinspeisung nach EEG
Akteure	Stadt Schwabach / Amt 32
Nächste Schritte	Auswahl der Dachflächen, Priorisierung der Dachflächen, Finanzierung prüfen, Planung und Realisierung im Zuge der Sanierungsmaßnahme
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	6
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von Anlagengröße, Einsparung von ca. 0,46 kg CO ₂ pro kWh
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	Gesamtkosten abhängig von Gesamtleistung der PV Anlage. Mittlere Kosten für Installation pro kWp 1.200 €

Nr. und Titel	3. PV-Anlage Karl Dehm Schule
Kurzbeschreibung	Für das Gebäude soll im Anschluss an einer Dachsanierung eine Dachbegrünung sowie die Installation einer PV-Anlage mit Stromeigennutzung geprüft werden.
Ziele	Erhöhung der kommunalen, regenerativen Stromerzeugungskapazitäten.
Zielgruppe	Stadt Schwabach
Zeitraum für die Umsetzung	kurz – mittelfristig (0 - 7 Jahre)
Fördermöglichkeiten	- Überschuss- oder Volleinspeisung nach EEG
Akteure	Stadt Schwabach / Amt 32
Nächste Schritte	Auswahl der Dachflächen, Priorisierung der Dachflächen, Finanzierung prüfen, Planung und Realisierung im Zuge der Sanierungsmaßnahme
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	6
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von Anlagengröße, Einsparung von ca. 0,46 kg CO ₂ pro kWh
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	Gesamtkosten abhängig von Gesamtleistung der PV Anlage. Mittlere Kosten für Installation pro kWp 1.200 €

Nr. und Titel	4. Prüfung PV-Freiflächenanlage auf der ehemaligen Hausmülldeponie in Neuses
Kurzbeschreibung	In der Stadt Schwabach befindet sich eine ehemalige Hausmülldeponie, die sich evtl. nach Verfüllung für die Installation einer PV-Freiflächenanlage eignen würden. Aufgrund der begrenzten landwirtschaftlichen Flächen im Stadtgebiet wird die Möglichkeit einer Solarstromerzeugung auf der der Deponie genauer geprüft.
Ziele	Erhöhung der kommunalen, regenerativen Stromerzeugungskapazitäten.
Zielgruppe	Stadt Schwabach
Zeitraum für die Umsetzung	Wird bereits berücksichtigt
Fördermöglichkeiten	-
Akteure	Stadtwerke Schwabach GmbH
Nächste Schritte	Wird bereits berücksichtigt
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	-
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	B: indirekter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von Anlagengröße, Einsparung von ca. 0,46 kg CO ₂ pro kWh
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	Systemkosten für PV 800 € pro kWp. Zusätzliche Kosten für ergänzende Maßnahmen aufgrund von Besonderheiten des Untergrunds.

Nr. und Titel	5. Prüfung Installation PV-Anlagen auf kommunalen Gebäuden (PV-Screening)
Kurzbeschreibung	Da auf vielen kommunalen Liegenschaften grundsätzlich freie Dachflächen zur PV-Nutzung vorhanden sind, sollten alle städtischen Gebäude einer allgemeinen Prüfung für die Installation einer PV-Anlage unterzogen werden. Im ersten Schritt sollte das Potenzial anhand des bestehenden Solarpotenzialkatasters der Stadt Schwabach ermittelt werden, um dann eine Bewertung und Priorisierung der Liegenschaften zu erstellen. Dabei soll auch die Einsparung berücksichtigt werden.
Ziele	Erhöhung der kommunalen, regenerativen Stromerzeugungskapazitäten.
Zielgruppe	Stadt Schwabach
Zeitraum für die Umsetzung	Findet fortlaufend statt
Fördermöglichkeiten	- Analyse im Rahmen einer Umsetzungsbegleitung (StMWi)
Akteure	Stadt Schwabach / Amt 32
Nächste Schritte	Für das Jahr 2023 für die Liegenschaften Wirtschaftsschule, Zwietseltalschule Neubau und Sporthalle, Waldemar-Bergmann Kindergarten
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	1, 2, 3
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von Anlagengröße, Einsparung von ca. 0,46 kg CO ₂ pro kWh
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	je nach Umfang der Maßnahmen

Nr. und Titel	6. Prüfung der Wärmenutzung aus den Abwasserkanälen in der Flur- und Herderstraße für den Aufbau eines Wärmenetzes
Kurzbeschreibung	Die im Abwasser enthaltene Wärme stellt eine mögliche Wärmequelle dar. Es soll die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der Rückgewinnung der Abwärme aus den Abwasserkanälen in der Flur- und Herderstraße geprüft werden. Als Basis kann das gebäudescharfe Wärmekataster genutzt werden.
Ziele	Einsparung fossiler Energieträger sowie Dekarbonisierung der Wärmeversorgung
Zielgruppe	Immobilien Eigentümer: kommunal, privat, gewerblich
Zeitraum für die Umsetzung	Projekt im Klimaschutz-Netzwerk
Fördermöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) - Bundesförderung für effiziente Gebäude
Akteure	Stadt Schwabach, Stadtwerke Schwabach GmbH
Nächste Schritte	Wird im Rahmen des kommunalen Klimaschutznetzwerkes geprüft
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	-
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von den Maßnahmen basierend auf den Studienergebnissen
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	Kostenabschätzung im Rahmen des Projekts im Klimaschutznetzwerk ermittelt

Nr. und Titel	7. Prüfung der Wärmeversorgung des Baugebiets „Am Dillinghof“
Kurzbeschreibung	Dieses Projekt wird im Rahmen des ENPs geprüft.

Nr. und Titel	8. Prüfung Wärmeverbund Wolfram-von-Eschenbach-Gymnasium
Kurzbeschreibung	<p>Aus der Analyse des Wärmekatasters ergeben sich im Stadtgebiet Schwabach mehrere Bereiche mit einer hohen Wärmedichte. Das Wolfram-von-Eschenbach-Gymnasium als größter Wärmeverbraucher im Stadtgebiet wird über eine Hackschnitzelheizung versorgt. In unmittelbarer Nachbarschaft befinden sich weitere große Wärmeverbraucher. Bisher sind keine weiteren Gebäude an die Heizung angeschlossen. Es soll geprüft werden, ob weitere Abnehmer wie das Caritas-Seniorenheim St. Willibald an die Hackschnitzelheizung evtl. in Verbindung mit einer Erweiterung angeschlossen werden können.</p> <p>Hinweis: Aufgrund der begrenzten Lagerfläche vermutlich nicht geeignet für Wärmeverbund – Vorab nähere Prüfung erforderlich</p>
Ziele	Einsparung fossiler Energieträger sowie Dekarbonisierung der Wärmeversorgung
Zielgruppe	Immobilieeigentümer: kommunal, Caritasverband
Zeitraum für die Umsetzung	Kurzfristig – mittelfristig (0 - 7 Jahre)
Fördermöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) - Bundesförderung für effiziente Gebäude
Akteure	IfE, Stadtwerke Schwabach GmbH
Nächste Schritte	Gespräche mit allen relevanten Akteuren (z.B. Caritasverband), Falls positive Rückmeldung, dann Ausarbeitung einer Konzeptstudie
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	8
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von den Liegenschaften und Studienergebnis
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	<p>je nach Umfang der Maßnahmen,</p> <p>Kosten Studie: niedrige Kosten (0 - 10.000 €)</p> <p>Kosten Umsetzung: hohe Kosten (> 100.000 €)</p>

Nr. und Titel	9. Prüfung Wärmeverbundlösung für die kommunalen Gebäude in der Ludwigstraße und Stadtparkstraße
Kurzbeschreibung	Für die kommunalen Liegenschaften im Gebietsumgriff der Ludwigstraße und Stadtparkstraße soll der Aufbau einer Wärmeverbundlösung geprüft werden. Hinweis: Wird derzeit von Heizzentrale versorgt (kleiner Wärmeverbund städt. Gebäude)
Ziele	Einsparung fossiler Energieträger sowie Dekarbonisierung der Wärmeversorgung
Zielgruppe	Immobilieeigentümer: kommunal
Zeitraum für die Umsetzung	Kurzfristig – mittelfristig (0 - 7 Jahre)
Fördermöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) - Bundesförderung für effiziente Gebäude
Akteure	Stadt Schwabach, Stadtwerke Schwabach GmbH
Nächste Schritte	Gespräche mit allen relevanten Akteuren, Falls positive Rückmeldung, dann Ausarbeitung einer Konzeptstudie.
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	7
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von den Liegenschaften und Studienergebnis
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	je nach Umfang der Maßnahmen, Kosten Studie: niedrige Kosten (0 - 10.000 €) Kosten Umsetzung: hohe Kosten (> 100.000 €)

Nr. und Titel	10. Prüfung Aufbau Wärmeverbund Hermann-Stamm-Realschule / Hans-Hocheder-Sporthalle / Karl Dehm Mittelschule
Kurzbeschreibung	Für die Hermann-Stamm-Realschule / Hans-Hocheder-Sporthalle / Karl Dehm Mittelschule wird durch eine Fachplanung eine Wärmeverbundlösung auf Basis eines Hackschnitzelkessels geprüft werden. Hierdurch können die bestehenden fossilen Energieerzeuger (Erdgas) in den Liegenschaften ersetzt werden.
Ziele	Einsparung fossiler Energieträger sowie Dekarbonisierung der Wärmeversorgung
Zielgruppe	Immobilieeigentümer: kommunal
Zeitraum für die Umsetzung	Kurzfristig – mittelfristig (0 - 7 Jahre)
Fördermöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) - Bundesförderung für effiziente Gebäude
Akteure	Stadt Schwabach / Amt 32
Nächste Schritte	Gespräche mit allen relevanten Akteuren, Falls positive Rückmeldung, dann Ausarbeitung einer Konzeptstudie.
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	16
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von den Liegenschaften und Studienergebnis
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	je nach Umfang der Maßnahmen, Kosten Studie: niedrige Kosten (0 - 10.000 €) Kosten Umsetzung: hohe Kosten (> 100.000 €)

Nr. und Titel	11. Prüfung Aufbau Wärmeverbund Goldschlägerhalle / Johannes-Kern-Mittelschule / Christian Maar Schule
Kurzbeschreibung	Für die Goldschlägerhalle / Johannes-Kern-Mittelschule / Christian Maar Schule soll eine Wärmeverbundlösung mit alternativer Wärmeversorgung aufgebaut werden. Verschiedene erneuerbare Energieversorgungsvarianten sowie die für Heizkörper und Lagerfläche benötigte Flächen sollen hierbei geprüft werden. Hierdurch könnten die bestehenden Erdgasheizungen in den Liegenschaften Goldschlägerhalle und Christian Maar Schule ersetzt werden. Evtl. kann das bestehende BHKW in der Johannes-Kern-Mittelschule in das Wärmekonzept mit eingebunden werden.
Ziele	Einsparung fossiler Energieträger sowie Dekarbonisierung der Wärmeversorgung
Zielgruppe	Immobilieeigentümer: kommunal
Zeitraum für die Umsetzung	Kurzfristig – mittelfristig (0 - 7 Jahre)
Fördermöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) - Bundesförderung für effiziente Gebäude
Akteure	Stadt Schwabach / Amt 32
Nächste Schritte	Gespräche mit allen relevanten Akteuren, Falls positive Rückmeldung, dann Ausarbeitung einer Konzeptstudie.
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	16
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von den Liegenschaften und Studienergebnis
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	je nach Umfang der Maßnahmen, Kosten Studie: niedrige Kosten (0 - 10.000 €) Kosten Umsetzung: hohe Kosten (> 100.000 €)

Nr. und Titel	12. Prüfung Aufbau Wärmeverbund Altes Deutsches Gymnasium / Schwimm- Doppelturnhalle Bismarckstrasse / Städtische Wirtschaftsschule / Adam-Kraft-Gymnasium / Staatliche Berufsschule / Luitpoldschule / Verwaltungsgebäude Albrecht-Achilles-Straße / Kindergarten Alexanderstrasse / Bürgerhaus I Bibliothek / Bürgerhaus II
Kurzbeschreibung	Für die kommunalen Liegenschaften Altes Deutsches Gymnasium / Schwimm- Doppelturnhalle Bismarckstrasse / Städtische Wirtschaftsschule / Adam-Kraft-Gymnasium / Staatliche Berufsschule / Luitpoldschule / Verwaltungsgebäude Albrecht-Achilles-Straße / Kindergarten Alexanderstrasse / Bürgerhaus I Bibliothek / Bürgerhaus II soll der Aufbau einer Wärmeverbundlösung geprüft werden. Verschiedene erneuerbare Energieversorgungsvarianten sowie die für Heizkörper und Lagerfläche benötigte Flächen sollen hierbei geprüft werden.
Ziele	Einsparung fossiler Energieträger sowie Dekarbonisierung der Wärmeversorgung
Zielgruppe	Immobilieeigentümer: kommunal
Zeitraum für die Umsetzung	Kurzfristig – mittelfristig (0 - 7 Jahre)
Fördermöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) - Bundesförderung für effiziente Gebäude
Akteure	Stadtwerke Schwabach GmbH
Nächste Schritte	Gespräche mit allen relevanten Akteuren, Falls positive Rückmeldung, dann Ausarbeitung einer Konzeptstudie.
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	-
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von den Liegenschaften und Studienergebnis
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	je nach Umfang der Maßnahmen, Kosten Studie: niedrige Kosten (0 - 10.000 €) Kosten Umsetzung: hohe Kosten (> 100.000 €)

Nr. und Titel	13. Prüfung Hocheffiziente Energieversorgung für die Feuerwehr in der Friedrich-Ebert-Straße 20
Kurzbeschreibung	Für das Feuerwehrhaus in der Friedrich-Ebert-Straße soll eine effiziente und klimagerechte Heizungslösung für die nächsten 10-15 Jahre gefunden werden. In dem Gebäude befindet sich eine überalterte Gasheizung mit mehr als 35 Jahren Laufzeit. Langfristig ist ein Feuerwehrhaus-Neubau an anderer Stelle geplant.
Ziele	Energieeinsparung
Zielgruppe	Immobilienigentümer: kommunal
Zeitraum für die Umsetzung	Kurzfristig - mittelfristig
Fördermöglichkeiten	Bundesförderung für effiziente Gebäude – Kommunen 264
Akteure	Stadt Schwabach / Amt 32
Nächste Schritte	Erstellung Machbarkeitsstudie
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	Aktuelles Projekt im Klimaschutz-Netzwerk
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Abhängig von den Liegenschaften und Studienergebnis
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	je nach Umfang der Maßnahmen, Kosten Studie: niedrige Kosten (0 - 10.000 €) Kosten Umsetzung: hohe Kosten (> 100.000 €)

Nr. und Titel	14. Prüfung der energetischen Versorgung eines möglichen Betriebshof am Waldfriedhof
Kurzbeschreibung	Dieses Projekt wird im Rahmen des ENPs geprüft.

Nr. und Titel	15. Prüfung Austausch Lüftungsanlagen kommunaler Liegenschaften
Kurzbeschreibung	Um eine Stromeinsparung der kommunalen Liegenschaften erzielen zu können, sollte ein Austausch (vollständig oder einzelne Komponenten wie Ventilatoren) bzw. die energetische Ertüchtigung der der teils veralteten Lüftungsanlagen in den kommunalen Liegenschaften geprüft werden.
Ziele	Stromeinsparung sowie Verringerung des CO ₂ -Ausstoßes kommunaler Liegenschaften
Zielgruppe	Stadt Schwabach
Zeitraum für die Umsetzung	kurzfristig (0 - 3 Jahre)
Fördermöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Förderung über die Klimaschutzinitiative – Klimaschutzprojekte im kommunalen Umfeld (Kommunalrichtlinie) des BMWK möglich - Bundesförderung für effiziente Gebäude
Akteure	Stadt Schwabach / Amt 32
Nächste Schritte	Auswahl der Liegenschaften, Begehung der Liegenschaften, Priorisierung der Liegenschaften, Kontaktaufnahme Unternehmen und Fachfirmen, Einholung von Angeboten
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	-
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	je nach Umfang der Maßnahmen
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	je nach Umfang der Maßnahmen, niedrige - mittlere Kosten (< 10.000 € - 100.000 €)

Nr. und Titel	16. Beleuchtungstausch kommunale Liegenschaften
Kurzbeschreibung	Erfahrungsgemäß bestehen nach wie vor vielerorts hohe Einsparpotenziale im Austausch alter Leuchtstoffröhren gegen LEDs. Ein Austausch ist häufig auch ohne Tausch des gesamten Leuchtenkörpers, sondern über einen reinen Leuchtmittel-Tausch zu bewerkstelligen (im Vergleich relativ günstig und meist technisch unkompliziert umsetzbar). Eine Umrüstung ist i.d.R. vor allem interessant bei Beleuchtung mit hoher Nutzungsdauer, wie zum Beispiel in Schulen, Turnhallen oder an Arbeitsplätzen (z.B. Rathaus). Die Beleuchtungen der kommunalen Liegenschaften sollen weiterhin auf effiziente LED Technik umgerüstet werden.
Ziele	Stromeinsparung sowie Verringerung des CO ₂ -Ausstoßes kommunaler Liegenschaften
Zielgruppe	Stadt Schwabach
Zeitraum für die Umsetzung	Findet fortlaufend statt
Fördermöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Förderung über die Klimaschutzinitiative – Klimaschutzprojekte im kommunalen Umfeld (Kommunalrichtlinie) des BMWK möglich - Bundesförderung für effiziente Gebäude
Akteure	Stadt Schwabach / Amt 32
Nächste Schritte	Auswahl der Liegenschaften, Begehung der Liegenschaften, Priorisierung der Liegenschaften, Kontaktaufnahme Unternehmen und Fachfirmen, Einholung von Angeboten
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	-
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	je nach Umfang der Maßnahmen
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	je nach Umfang der Maßnahmen, mittlere Kosten (10.000 € - 100.000 €)

Nr. und Titel	17. Überprüfung Wirtschaftlichkeit BHKW in kommunalen Liegenschaften
Kurzbeschreibung	Zahlreiche Liegenschaften der Stadt Schwabach werden aktuell über BHKW versorgt. Der wirtschaftliche Betrieb, der meist mit Erdgas betriebenen Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen sollte im Hinblick die aktuelle Energiekrise überprüft werden.
Ziele	Einsparpotenziale durch Effizienzsteigerung
Zielgruppe	Stadt Schwabach
Zeitraum für die Umsetzung	kurzfristig (0 - 3 Jahre)
Fördermöglichkeiten	Analyse im Rahmen einer Umsetzungsbegleitung (StMWi)
Akteure	Stadt Schwabach / Amt 32, Prüfung der Daten durch IfE
Nächste Schritte	Auswahl der Liegenschaften, Begehung der Liegenschaften, Priorisierung der Liegenschaften, Kontaktaufnahme Unternehmen und Fachfirmen, Einholung von Angeboten
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	10, 11
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	je nach Umfang der Maßnahmen
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	je nach Umfang der Maßnahmen, Kosten Studie: niedrig bis mittlere Kosten (0 < 100.000 €) Kosten Umsetzung: mittlere bis hohe Kosten (< 100.000 € - > 100.000 €)

Nr. und Titel	18. Informations- und Bewusstseinsbildung in öffentlichen Einrichtungen
Kurzbeschreibung	Sensibilisierung und Schulungen von Gebäudeverantwortlichen in öffentlichen Einrichtungen zu verschiedenen Themen im Bereich energieeffizienter Betrieb von Gebäuden. Dabei soll Wissen im Gebiet der verhaltensbedingten und nichtinvestiven Energiesparmaßnahmen vermittelt werden, um Potenziale zum Energieeinsparen zu erkennen und umzusetzen.
Ziele	Verringerung des Energieverbrauchs sowie CO ₂ -Ausstoßes kommunaler Liegenschaften
Zielgruppe	Stadt Schwabach
Zeitraum für die Umsetzung	kurzfristig (0 - 3 Jahre)
Fördermöglichkeiten	-
Akteure	Stadt Schwabach / Umweltreferat
Nächste Schritte	Kontaktaufnahme Unternehmen und Fachfirmen, Einholung von Angeboten, Organisation der Fachvorträge
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	-
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Nicht bezifferbar
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	niedrige Kosten (0 - 10.000 €)

Nr. und Titel	19. Aufbau Klima- und Energiemonitoring für kommunale Liegenschaften
Kurzbeschreibung	Im Rahmen des Energienutzungsplans wurde ein Excel-basiertes Energiemonitoring für die kommunalen Liegenschaften ausgearbeitet. Es wird empfohlen, das kommunale Energiemonitoring fortzuführen. Hierdurch können Entwicklungen im Energieverbrauch beobachtet und entsprechend Maßnahmen angegangen werden.
Ziele	Energie- und Verbrauchscontrolling
Zielgruppe	Stadt Schwabach
Zeitraum für die Umsetzung	kurzfristig (0 - 3 Jahre)
Fördermöglichkeiten	-
Akteure	Stadt Schwabach, ggf. externe Beratung z.B. Software Klimaschutzplaner, Ecospeed, ClimateOS, Kausal Watch, Kausal Paths
Nächste Schritte	Klärung, wer in der Gemeindeverwaltung mit der Umsetzung beauftragt wird, Angebotseinholung Software, Software beschaffen, Mitarbeiter schulen
Verknüpfung mit anderen Maßnahmen	-
Einfluss der Kommune auf die Umsetzung	A: direkter Einfluss
Anzunehmende CO₂ Einsparung	Nicht bezifferbar
Kostenabschätzung der Maßnahmenausführung	niedrige Kosten (0 - 10.000 €)

7 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des digitalen Energienutzungsplans für die Stadt Schwabach zusammen. Mit dem digitalen Energienutzungsplan wurde ein Instrument zur Umsetzung einer nachhaltigen Energieerzeugungs- und Energieversorgungsstruktur erarbeitet. Der Fokus lag dabei auf der Identifizierung und dem Aufzeigen von konkreten Handlungsmöglichkeiten vor Ort, um die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen und den Ausbau erneuerbarer Energien in der Stadt Schwabach zu forcieren.

In einer umfassenden Bestandsaufnahme wurde zunächst detailliert die kommunenscharfe Energiebilanz für die Sektoren Wärme und Strom im Ist-Zustand (Jahr 2020) erfasst und der Anteil der erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung ermittelt. Sämtliche Energieverbrauchsdaten wurden hierbei 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 dem 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 definierte Sanierungsvarianten bzw. Sanierungstiefen dar. Im Bereich der regenerativen Stromerzeugung besteht das größte Ausbaupotenzial bei der solaren Stromerzeugung und dem Ausbau der Windkraft.

Durch den weiteren Ausbau der regenerativen Stromerzeugung könnten diese Strommengen durch den Einsatz von Wärmepumpen zur Wärmebereitstellung genutzt werden und den Bedarf an Heizöl und Erdgas mindern. Des Weiteren ergeben sich durch Sektorenkopplung und den gezielten Einsatz von Elektrolyseuren zur Wasserstoffproduktion zukünftig weitere Potenziale zur Reduzierung fossiler Energieträger.

Das Kernziel des Energienutzungsplans war 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 in den Steuerungsrunden konkretisiert und abgestimmt.

Auf Basis des ausgearbeiteten Maßnahmenkatalogs wurden im Rahmen des Energienutzungsplans zwei ausgewählte Maßnahmen als Pilotprojekte detailliert untersucht.

- Energetische Versorgung eines möglichen Betriebshof am Waldfriedhof

- Wärmeversorgung des Baugebiets „Am Dillinghof“

Im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans wurden die im Zusammenhang mit der Energiewende bisher klassischerweise relevanten Sektoren Strom und Wärme detailliert betrachtet. Der Sektor Verkehr hat jedoch ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch im Stadtgebiet. Zudem stellt er über die steigende Elektromobilität einen wesentlichen Baustein der künftigen Sektorkopplung dar. Daher wurde der Sektor Verkehr in die Szenariobetrachtung des Energienutzungsplans integriert und ein Entwicklungsszenario bis zum Jahr 2040 mit gemeinsamer Betrachtung der Sektorenkopplung Wärme / Strom / Verkehr entwickelt. Auf Basis des Ist-Zustandes, der ermittelten Potenziale im Bereich der Einsparung und der erneuerbaren und der prognostizierten Transformationen von Verkehr (fossile Kraftstoffe hin zum Strom und H₂) bzw. Wärme (Einsatz von Wärmepumpen) wurden die zukünftigen Energieströme gegenübergestellt und mögliche Ausbaustufen abgeleitet.

Der digitale Energienutzungsplan für die Stadt Schwabach wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert.

Nomenklatur

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
EE	Erneuerbare Energien
EED	EU-Energie-Effizienzrichtlinie
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
ENP	Energienutzungsplan
GEG	Gebäudeenergiegesetz
JAZ	Jahresarbeitszahl
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW_{el}	Elektrische Leistung
kW_{th}	Thermische Leistung
MWh_{el}	Megawattstunde elektrisch
kWh_{Hi}	Heizwert
MWh_{th}	Megawattstunde thermisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW_{p}	Kilowatt-Peak
PV	Photovoltaik
THG	Treibhausgas
TWW	Trinkwarmwasser
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WP	Wärmepumpe

Quellenverzeichnis

[AbfaBa]	Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU, Webseite: https://www.abfallbilanz.bayern.de/
[BAFA Solar]	Bundesverband Solarwirtschaft BSW e.V.; https://www.solaratlas.de/index.php?id=5
[BDI]	Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI), Studie „Klimapfade für Deutschland“, erstellt von BCG und Prognos, 2018.
[BDH]	Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie BDH, https://www.bdh-industrie.de/
[BMWi]	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Stellungnahme des Bundesverbands Wärmepumpe (BWP) e. V. vom 15.3.2022
[BWP]	Bundesverband Wärmepumpen e.V., https://www.waermepumpe.de/presse/pressemitteilungen/details/starkes-wachstum-im-waermepumpenmarkt/#content
[EnEV]	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung)
[EVU Erdgas]	Netzabsatzdaten Erdgas durch lokale Energieversorgungsunternehmen
[IEA]	https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer
[KEA Emission]	https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/angebote/co2-bilanzierung
[LfU Wind]	Bayerisches Landesamt für Umwelt; Energie-Atlas Bayern: Spezielle Planungsgrundlagen Windenergie - WMS
[FNR]	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V, Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung
[STA Ba]	Bayerisches Landesamt für Statistik; https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online/
[STATISTA B]	Statistisches Bundesamt; https://de.statista.com/statistik/daten/studie/70094/umfrage/wohngebaeude-bestand-in-deutschland-seit-1994/

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektablauf und Einbindung der Akteure	7
Abbildung 2: Exemplarischer Auszug des gebäudescharfen Wärmekatasters	11
Abbildung 3: Exemplarischer Ausschnitt zur Darstellung der Wärmedichte auf Grundlage des gebäudescharfen Wärme-katasters	12
Abbildung 4: Wärmebedarf der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2020.....	13
Abbildung 5: Wärmeverbrauch und Anteil der Energieträger im Jahr 2020.....	13
Abbildung 6: Strombezug der Stadt Schwabach nach Verbrauchergruppen.....	14
Abbildung 7: Strombezug und Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien / KWK im Jahr 2020 ...	15
Abbildung 8: Übersichtskarte der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Betrachtungsgebiet	16
Abbildung 9: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen auf Basis des städtischen Klimaschutzkonzepts	21
Abbildung 10: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen pro Kopf auf Basis des städtischen Klimaschutzkonzepts	22
Abbildung 11: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen pro Kopf in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr auf Basis des städtischen Klimaschutzkonzepts.....	22
Abbildung 12: Beispielhafter Ausschnitt des Sanierungskatasters mit Berücksichtigung der beschriebenen Einsparpotenziale (links Jahr 2020 – rechts Jahr 2040).....	24
Abbildung 13: Kartografische Darstellung der Energieeffizienz im Ausgangszustand sowie den Szenarien „100“ und „70“ (Wärmekataster; Sanierungskataster 2040 mit Sanierung auf Wärmebedarf 100 kWh/m ² a bzw. 70 kWh/m ² a; 1,5 % für Nicht-Wohngebäude; statistische Erhebung; mit OSM-Layer).....	27
Abbildung 14: Auszug Solarpotenzialkataster für die Stadt Schwabach (https://www.solare-stadt.de/stadt-schwabach/).....	34
Abbildung 15: Übersicht landwirtschaftlich benachteiligte und nicht benachteiligte Gebiete im Stadtgebiet [Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, Energie-Atlas Bayern]	37
Abbildung 16: Potenzialanalyse Photovoltaik-Freiflächenanlagen - Übersichtskarte	39

Abbildung 17: Potenzialanalyse Windkraft auf Basis der Gebietskulisse Windkraft des LfU [LfU Wind]; Anpassung IfE	46
Abbildung 18: Standorteignung oberflächennaher Geothermieanlagen (Erdsonden und Erdkollektoren [Energie-Atlas Bayern (www.energieatlas.bay-ern.de), Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, eigene Bearbeitung]	49
Abbildung 19: Standorteignung bzw. Nutzungsmöglichkeiten von Grundwasserwärmepumpenanlagen Erdkollektoren [Energie-Atlas Bayern (www.energieatlas.bay-ern.de), Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, eigene Bearbeitung]	50
Abbildung 20: Entwicklung des Energiebedarfs in den verschiedenen Sektoren	55
Abbildung 21: Die Entwicklung der Energiemengen aus den verfügbaren Energiequellen.....	57
Abbildung 22: Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der Erneuerbaren Energieerzeugung im Jahr 2040	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die CO ₂ -Äquivalente der jeweiligen Energieträger [GEMIS 4.9; Berechnungen IfE]	19
Tabelle 2: Der CO ₂ -Ausstoß der Stadt Schwabach aufgeteilt auf die verschiedenen Energieträger	19
Tabelle 3: Zusammenfassung der Effizienzsteigerungs- und Energieeinsparpotenziale in den einzelnen Verbrauchergruppen [EVU Erdgas; EVU Strom; EVU Fernwärme; Energieatlas].....	23
Tabelle 4: Potenzial erneuerbarer Energien aus Solarthermie und Photovoltaik.....	36
Tabelle 5: Potenzialanalyse Photovoltaik-Freiflächenanlagen - Kriterien.....	38
Tabelle 6: Zusammenfassung des Gesamtpotenzials im Bereich feste Biomasse (Wärme)	42
Tabelle 7: Zusammenfassung des rechnerischen Gesamtpotenzials im Bereich Biogas	44
Tabelle 8: Künftige Verteilung der Wärmepumpen anhand eingesetzter Umweltwärmequellen [BWP/BDH]	51