



# **Digitaler Energienutzungsplan**

**für den Landkreis**

**Nürnberger Land**

## **Digitaler Energienutzungsplan für den Landkreis Nürnberger Land**

Auftraggeber:

**Landkreis Nürnberger Land**

**Waldluststraße 1**

**91207 Lauf an der Pegnitz**

Auftragnehmer

**Institut für Energietechnik IfE GmbH**

**an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden**

**Kaiser-Wilhelm-Ring 23a**

**92224 Amberg**

Gefördert durch das

**Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie**

Bearbeitungszeitraum:

**September 2020 bis Mai 2022**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Projektablauf und Akteursbeteiligung .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Analyse der energetischen Ausgangssituation .....</b>	<b>8</b>
3.1	Methodik und Datengrundlage.....	8
3.1.1	Definition der Verbrauchergruppen.....	8
3.1.2	Datengrundlage und Datenquellen .....	9
3.2	Energieinfrastruktur.....	11
3.3	Sektor Wärme .....	12
3.3.1	Gebäudescharfes Wärmekataster .....	12
3.3.2	Wärmebedarf und Anteil erneuerbare Energien .....	15
3.4	Sektor Strom .....	16
3.5	Sektor Verkehr .....	19
3.6	CO <sub>2</sub> -Bilanz.....	20
3.7	Entwicklung seit dem Klimaschutzkonzept 2012.....	22
<b>4</b>	<b>Potenzialanalyse.....</b>	<b>30</b>
4.1	Grundannahmen und Vorgehensweise .....	30
4.2	Potenziale zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung in den Verbrauchssektoren Strom und Wärme.....	32
4.3	Effizienzsteigerungs- und Transformationsprozesse im Sektor Verkehr .....	35
4.4	Sektorenkopplung.....	36
4.5	Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien .....	36
4.5.1	Solarthermie und Photovoltaik.....	37
4.5.2	Wasserkraft.....	45
4.5.3	Biomasse.....	47
4.5.4	Windkraft.....	54
4.5.5	Heizstrom.....	56

4.5.6	Geothermie.....	57
4.5.7	Kraft-Wärme-Kopplung .....	60
<b>5</b>	<b>Entwicklungsszenarien.....</b>	<b>61</b>
5.1	Bedarf.....	62
5.2	Erzeugung.....	63
5.2.1	Szenario 1 .....	65
5.2.2	Szenario 2 .....	67
<b>6</b>	<b>Maßnahmenkatalog.....</b>	<b>70</b>
<b>7</b>	<b>Detailprüfung eines Pilotprojekts aus dem Maßnahmenkatalog.....</b>	<b>71</b>
7.1	Einleitung und Überblick.....	71
7.2	Beschreibung des Anschlussgebiets .....	72
7.3	Abschätzung Energiebedarf .....	73
7.4	Trassendimensionierung.....	73
7.5	Technische Dimensionierung der Wärmeversorgung .....	75
7.5.1	Variante 1.0 (Referenz): 4 Erdgaskessel; kein Wärmenetzaufbau .....	77
7.5.2	Variante 2.1: zwei Pelletkessel .....	78
7.5.3	Variante 2.2: ein Pelletkessel und eine Luft-Wärmepumpe.....	79
7.5.4	Variante 2.3: ein Pelletkessel und eine Power-to-Heat-Anlage .....	80
7.6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	81
7.7	Ökologische Betrachtung.....	84
7.8	Ergebnisse .....	85
7.9	Fazit.....	87
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>88</b>
	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>XCII</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>XCIII</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XCIV</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>96</b>

# 1 Einleitung

Mit dem digitalen Energienutzungsplan für den Landkreis Nürnberger Land wurde ein kommunenscharfes 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 zu forcieren. Der digitale Energienutzungsplan umfasst

- eine umfassende Bestandsaufnahme der derzeitigen Energieinfrastruktur mit einer detaillierten Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz in den Bereichen Strom und Wärme
- ein digitales Energiemodell mit gebäudescharfem Wärmekataster in den Verbrauchergruppen private Haushalte, kommunale Liegenschaften und Wirtschaft
- eine gebäudespezifische Analyse des Sanierungspotenzials
- eine standortspezifische Potenzialanalyse zum Ausbau erneuerbarer Energieträger
- einen Maßnahmenkatalog mit konkreten Projekten zur weiteren Umsetzung
- Detailanalyse eines ausgewählten Pilotprojekts

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des digitalen Energienutzungsplans zusammen. Die Erstellung erfolgte im Auftrag des Landkreises und in Kooperation mit allen Städten, Märkten und Gemeinden. 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 Projekttablauf 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 2019) erstellt. Dabei wurde zwischen den Verbrauchergruppen „Private Haushalte“, „Kommunale Liegenschaften“ und „Wirtschaft“ unterschieden. In Abstimmung mit dem Landkreis wurde auch die Verbrauchergruppe „Verkehr“ mit in die Bilanz aufgenommen. 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 CO<sub>2</sub>-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. In diesem Zusammenhang wurden auch zu erwartende Transformationsprozesse im Energiesystem, wie zum Beispiel die sukzessive Elektrifizierung des Verkehrs- und Wärmesektors beleuchtet. Ebenso wurden die erschließbaren Ausbaupotenziale regionaler erneuerbarer Energieträger analysiert.

Zentrales Element des digitalen Energienutzungsplans ist die Ausarbeitung eines Maßnahmenkatalogs für alle Kommunen des Landkreises, 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 Projekttablauf des Energienutzungsplans ist zusammenfassend in Abbildung 1 dargestellt. Für die Projektkoordination und die Abstimmung zentraler Fragestellungen wurden regelmäßige Abstimmungsrunden mit verschiedenen Vertretern des Landkreises (Landratsamt, Energieversorger, Kommune) durchgeführt (Steuerungsrunde). Die Abstimmung der kommunenspezifischen Ergebnisse und regional spezifischer Rahmenbedingungen erfolgte im Rahmen von Regional Konferenzen mit Vertretern der jeweiligen Kommunen.

<b>Auftaktveranstaltung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellung der Inhalte des ENP</li> <li>• Abstimmung der Datenerhebung</li> <li>• Abstimmung der Akteursbeteiligung</li> </ul>
<b>1. Steuerungsrunde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwurfsbesprechung des energetischen Ist-Zustands</li> <li>• Entwurfsbesprechung der Potenziale Energieeinsparung</li> <li>• Entwurfsbesprechung der Potenziale Erneuerbare Energien</li> </ul>
<b>Zwischenbesprechung in den Kommunen (Regionalkonferenzen)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellung vorläufiger kommunenspezifischer Ergebnisse (energetischen Ist-Zustand inkl. Wärmekataster, Potenziale Erneuerbare Energien und Effizienzsteigerung)</li> <li>• Diskussion und Festlegen des Maßnahmenkataloges</li> </ul>
<b>2. Steuerungsrunde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstimmung der Ergebnisse aus der Zwischenbesprechung</li> <li>• Vorstellend der vorläufigen Endergebnisse bezüglich des Ist-Zustands und der Potenzialanalysen</li> </ul>
<b>3. Steuerungsrunde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellen der Endergebnisse des Energienutzungsplans</li> <li>• Vorbereitung der Abschlusspräsentation</li> </ul>
<b>Abschlusspräsentation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellung der Ergebnisse und offizieller Projektabschluss</li> </ul>

Abbildung 1: Projekttablauf 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 Landkreises mit seinen Kommunen betrachtet. Dies bedeutet, dass nur Energieverbräuche innerhalb der Gemeindegrenzen erfasst und bilanziert werden und der Anteil erneuerbarer Energien sich rein aus den Erzeugungsmengen der Anlagen im jeweiligen Gemeindegebiet zusammensetzt. Die Summe der Werte aller einzelnen Kommunen des Landkreises bildet dann den Landkreis ab (Bottom-up-Prinzip).

#### 3.1.1 Definition der Verbraucherguppen

Im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans werden folgende Verbraucherguppen definiert:

a) Private Haushalte

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

b) Kommunale Liegenschaften

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

c) Wirtschaft

In der Verbraucherguppe „Wirtschaft“ werden alle Energieverbraucher zusammengefasst, die nicht in eine der Verbraucherguppen „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 Verbraucherguppe zugeordnet.

d) Verkehr

Die Betrachtung des Verkehrssektors ist ursprünglich kein Bestandteil des Energienutzungsplans. Mit Blick auf die deutliche Zunahme der Relevanz der Sektorkopplung, wurde dieser als



eigene Verbrauchergruppe mit in den Energienutzungsplan integriert. Der Endenergiebedarf im Sektor Verkehr schließt hier sämtliche Bereiche der Mobilität mit ein. So sind nicht nur KFZ oder LKW in dieser Analyse berücksichtigt, sondern auch Flug-, Schienen- und Bahnverkehr. Um einerseits die letztgenannten, nicht territorial zuzuordnenden Mobilitätszweige, die aber de facto zum Energiebedarf in Deutschland beitragen, abzubilden und andererseits eine nicht-repräsentative Verteilung des Energiebedarfs über einzelne Gemeinden (beispielsweise durch große Speditionen) auszuschließen, wurde der Ansatz über einen einwohnerspezifischen Energie-Kennwert gewählt.

### 3.1.2 Datengrundlage und Datenquellen

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

- Energieabsatz- und Einspeisedaten der lokal tätigen Energieversorgungsunternehmen für die leitungsgebundenen Energieträger Strom (inkl. Heizstrom) und Erdgas. Hierfür wurden exakte Netzabsatzdaten für das Jahr 2019 zur Verfügung gestellt.
- Daten der örtlichen Kaminkehrer zu den installierten Wärmeerzeugern (anonymisiert). Der Endenergieeinsatz wurde auf Basis der Kaminkehrerdaten aus der jeweiligen Anzahl der installierten Wärmeerzeuger unter Annahme charakteristischer Leistungsdaten und Vollbenutzungsstunden ermittelt. Für die Berechnungen wurden die Vollbenutzungsstunden auf Basis von Erfahrungswerten der IfE GmbH aus umgesetzten Projekten und wissenschaftlich begleiteten Demonstrationsvorhaben angesetzt.
- Gebäudescharfe Erfassung des Energieverbrauchs der kommunalen Liegenschaften und der Liegenschaften des Landkreises mittels Erfassungsbogen.
- 130 konkrete Datenerhebungsbögen im Bereich der Wirtschaftsbetriebe.
- Datenabfrage Solarthermie: Die Gesamtfläche, der je Kommune installierten Solarthermieanlagen, wurde mit Hilfe des Solaratlas, einem interaktiven Auswertungssystem für den Datenbestand aus dem bundesweiten „Marktanreizprogramm Solarthermie“, ermittelt. Die Aufstellung umfasst alle Kollektortypen (Flachkollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren) und Anwendungen (Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung). [BAFA Solar]

- 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 CO<sub>2</sub>-Bilanz enthalten.
- Öffentlich zugängliche statistische Daten (z. B. Statistik Kommunal).
- Geodaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung (z. B. 3D-Gebäude- und Geländemodell, Laserscandaten, etc.) zur Simulation des Wärmekatasters.
- Gebäudescharfe Daten zum bestehenden Solar- und Gründachpotenzialkataster des Landkreises (<https://www.solare-stadt.de/nuernberger-land/>).
- 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 Übersicht zur Erstinformation. Detailliertere Informationen sind für konkrete Vorhaben stets bei den zuständigen Netzbetreibern einzuholen.

### Stromnetz

Das Stromnetz im Landkreis Nürnberger Land wird insgesamt von elf Netzbetreibern (Verteilnetzbetreiber) betrieben:

- Bayernwerk AG
- Feuchter Gemeindewerke GmbH
- Gemeindewerke Rückersdorf
- Gemeindewerke Schwarzenbruck GmbH
- Gewerbepark Nürnberg Feucht Versorgungs- und Abwasserentsorgungs GmbH
- Hersbrucker Energie- und Wasserversorgung HEWA GmbH
- N-Ergie Netz GmbH
- Stadtwerke Altdorf GmbH
- Stadtwerke Röthenbach a. d. Pegnitz GmbH
- StWL Städtische Werke Lauf a.d. Pegnitz GmbH
- Stromversorgung Neunkirchen GmbH

Für das Landkreisgebiet liegen vollständige Netzabsatzdaten und Daten zur Stromeinspeisung aller Netzbetreiber vor.

## Gasnetz

Im Landkreis Nürnberger Land sind acht Verteilnetzbetreiber für die Gasversorgung tätig:

- Bayernwerk AG
- Feuchter Gemeindewerke GmbH
- Gemeindewerke Schwarzenbruck GmbH
- Gewerbepark Nürnberg Feucht Versorgungs- und Abwasserentsorgungs GmbH
- Hersbrucker Energie- und Wasserversorgung HEWA GmbH
- N-Ergie Netz GmbH
- Stadtwerke Röthenbach a. d. Pegnitz GmbH
- StWL Städtische Werke Lauf a.d. Pegnitz GmbH

Für das Landkreisgebiet liegen vollständige Netzabsatzdaten aller Netzbetreiber vor. Von den 27 Gemeinden des Landkreises werden 21 mit Erdgas versorgt.

## Wärmenetze

In zahlreichen Kommunen wurden Wärmenetze als leitungsgebundene Infrastruktur erfasst. Hierzu zählen u.a. Nahwärmenetze mit Nutzung der Abwärme aus Biogasanlagen und Fernwärmenetze.

### 3.3 Sektor Wärme

#### 3.3.1 Gebäudescharfes Wärmekataster

Das gebäudescharfe Wärmekataster ist ein Werkzeug der kommunalen Wärmeplanung. Es erfasst alle beheizten Gebäude in den einzelnen Kommunen des Landkreises und beinhaltet zu jedem Gebäude Informationen zu Nutzung, Baustruktur und Wärmebedarf. Es bietet damit eine flächendeckende Information zur Struktur und dem Wärmebedarf des Gebäudebestands.

Wärmekataster finden als Planungs- und Entscheidungsgrundlagen beim Ausbau von Wärmenetzen, bei der Entwicklung von Förder- und Sanierungsmaßnahmen, in der Energie- und Sanierungsberatung sowie im Rahmen des Klimaschutzmonitorings Anwendung.

Zur Erstellung des gebäudescharfen Wärmekatasters wurden in einem ersten Schritt wesentliche Daten zum Gebäudebestand erfasst und zusammen mit einem 3D-Gebäudemodell zu einem digitalen

Modell vereint. Für jedes Gebäude wurde auf dieser Grundlage dessen Wärmebedarf ermittelt. Ergänzt wurden die berechneten Werte durch konkrete Verbrauchswerte aus den Fragebögen für Gewerbe- und Industriebetriebe, Biogasanlagen, kommunale Liegenschaften und Liegenschaften des Landkreises.

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

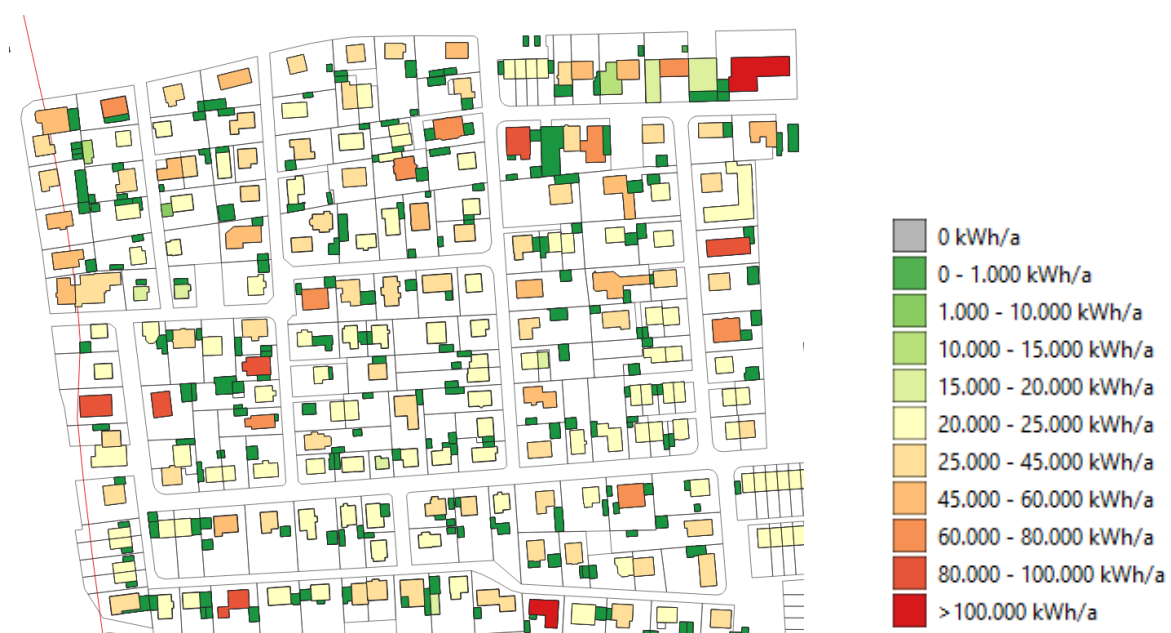


Abbildung 2: Exemplarischer Ausschnitt aus dem gebäudescharfen Wärmekataster

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.

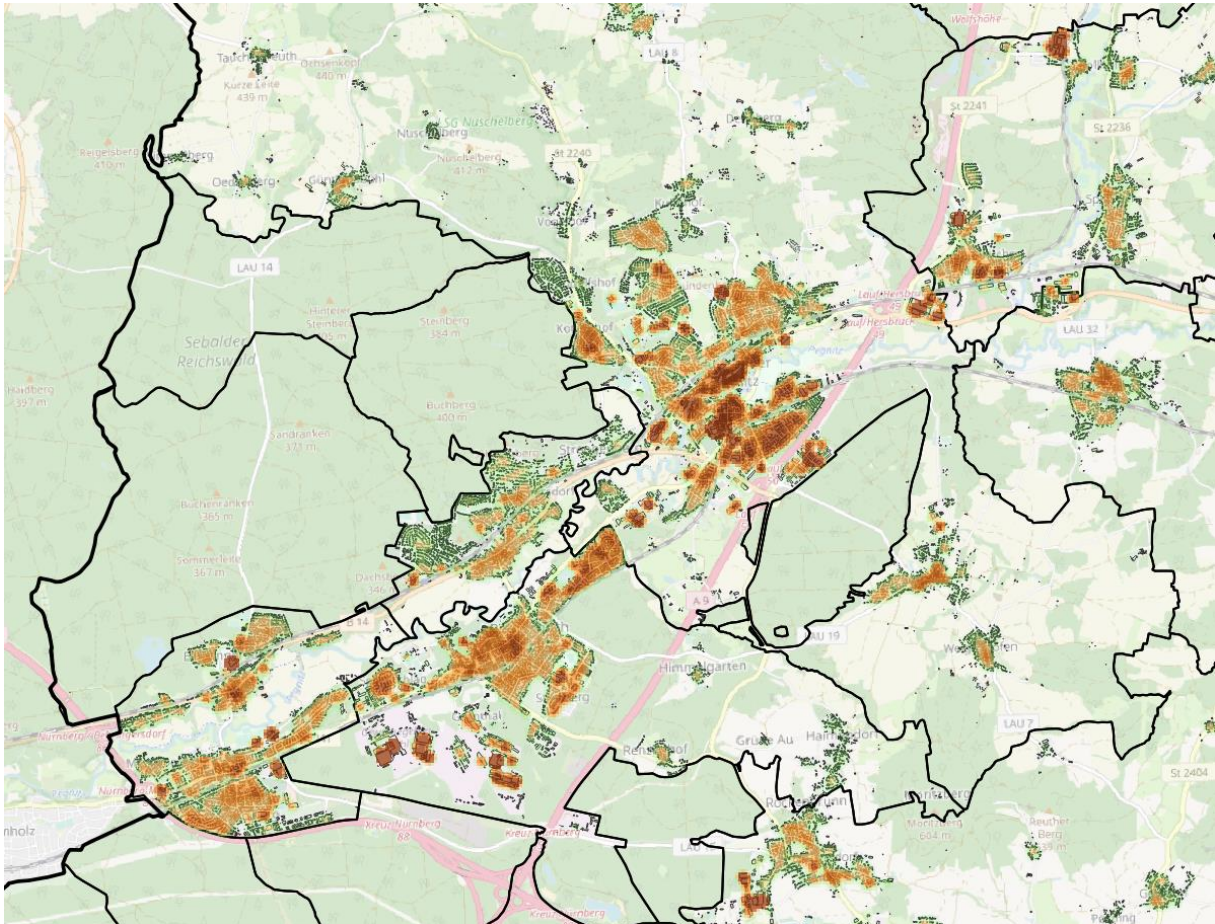


Abbildung 3: Exemplarischer Ausschnitt zur Darstellung der Wärmedichte auf Grundlage des gebäudeschar-  
fen Wärmekatasters

### 3.3.2 Wärmebedarf und Anteil erneuerbare Energien

Der jährliche Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung aller Verbrauchergruppen beläuft sich auf rund 2.174.000 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.

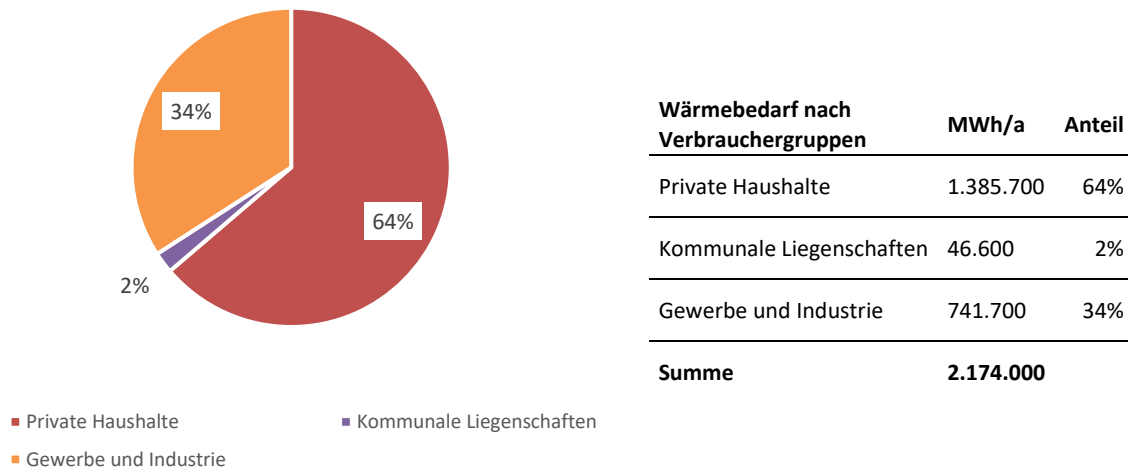
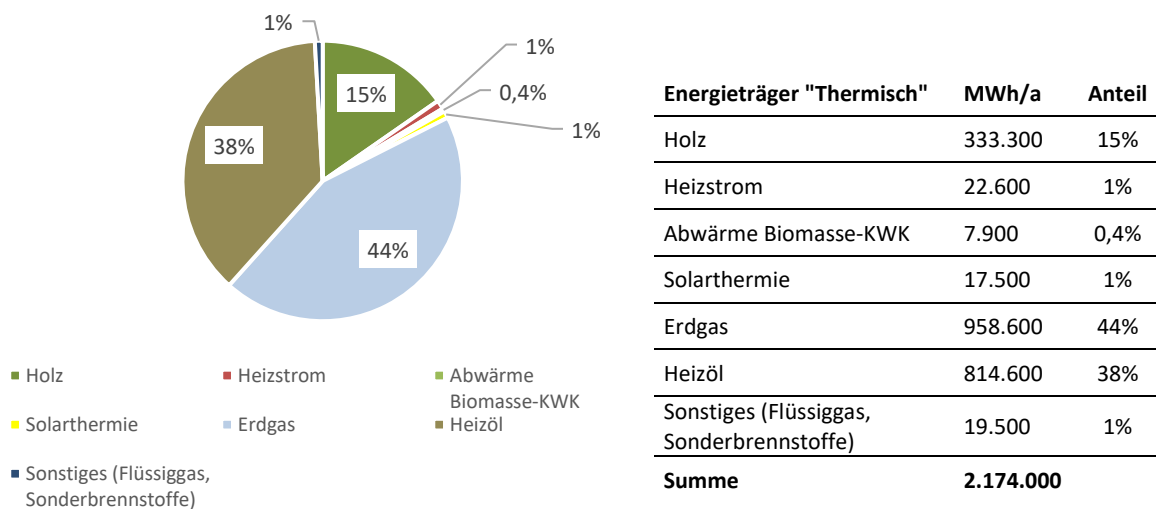


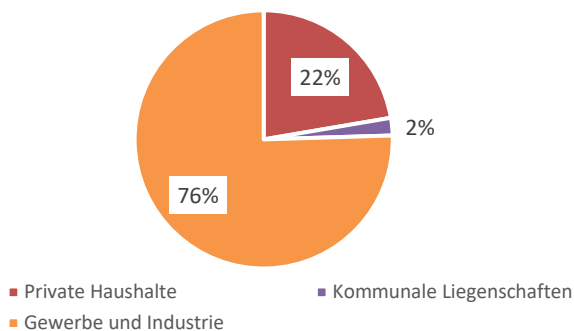
Abbildung 4: Wärmebedarf der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2019

Von den insgesamt 2.174.000 MWh Wärmebedarf werden rund 17 % aus erneuerbaren Energien bereitgestellt, insbesondere über Biomasse (Holz). Hierbei ist zu bemerken, dass der Landkreis Nürnberger Land über holzverbrauchende Großindustrie und Biomasseheizkraftwerke verfügt. Heizöl und Erdgas nehmen einen Anteil von insgesamt 37 % bzw. 44 % an der Wärmebereitstellung ein.



### 3.4 Sektor Strom

Der Strombezug im Landkreis Nürnberger Land im Jahr 2019 beläuft sich in Summe auf rund 937.800 MWh. Zur Ermittlung des Strombedarfs wurden die Daten der Stromnetzbetreiber herangezogen. Die Aufteilung des Strombedarfs in die einzelnen Verbrauchergruppen zeigt, dass der die Verbrauchergruppe Gewerbe und Industrie mit 76 % den größten Anteil einnimmt, gefolgt von den privaten Haushalten mit 22 %. Kommunale Liegenschaften (inklusive der Liegenschaften des Landkreises) benötigen in etwa 2 % des jährlichen Strombedarfs im Landkreis (Abbildung 5).



Strombezug nach Verbrauchergruppen	MWh/a	Anteil
Private Haushalte	209.300	22%
Kommunale Liegenschaften	20.600	2%
Gewerbe und Industrie	707.900	76%
<b>Summe</b>	<b>937.800</b>	

Abbildung 5: Strombezug der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2019

Im Rahmen der Gesamt-Energiebilanz wurden des Weiteren die eingespeisten Strommengen aus Energie-Erzeugungsanlagen im Strom-Netzgebiet detailliert erfasst und analysiert. Abbildung 6 zeigt die eingespeisten Strommengen aus Aufdach-Photovoltaik, Wasserkraft, Biogas, Windkraft sowie aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen). In Summe wurden im Bilanzjahr 2019 rund 107.415 MWh<sub>el</sub> in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist. Den größten Anteil bildete dabei die Windkraft (ca. 37 %), wobei Photovoltaikanlagen (Aufdach- und Freifläche) einen nahezu identisch großen Anteil (ca. 36 %) beisteuern.

Zu beachten ist, dass die Stromeigennutzung aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen und KWK-Anlagen nicht im Anteil des jeweiligen Energieträgers enthalten ist. Stattdessen wird die tatsächlich in das öffentliche Netz eingespeiste Strommenge aus erneuerbaren Energien berücksichtigt und dem tatsächlichen Strombezug aus dem öffentlichen Netz gegenübergestellt.

Hintergrund: Stromeigennutzung führt zu einer Minderung des Strombezugs aus dem Stromnetz. In einer Gemeinde, in der viele Anlagen zur Stromeigennutzung (z.B. Aufdach-Photovoltaik) betrieben werden, ist somit der tatsächliche Strombedarf größer als der Strombezug aus dem Netz. Diese ange-



wandte Bilanzierungsmethodik ist entscheidend für eine kontinuierliche Fortschreibung des Energienutzungsplans und der Energiebilanz, da nur Bezugs- und Einspeisedaten den Energieversorgern exakt und vollumfänglich vorliegen.

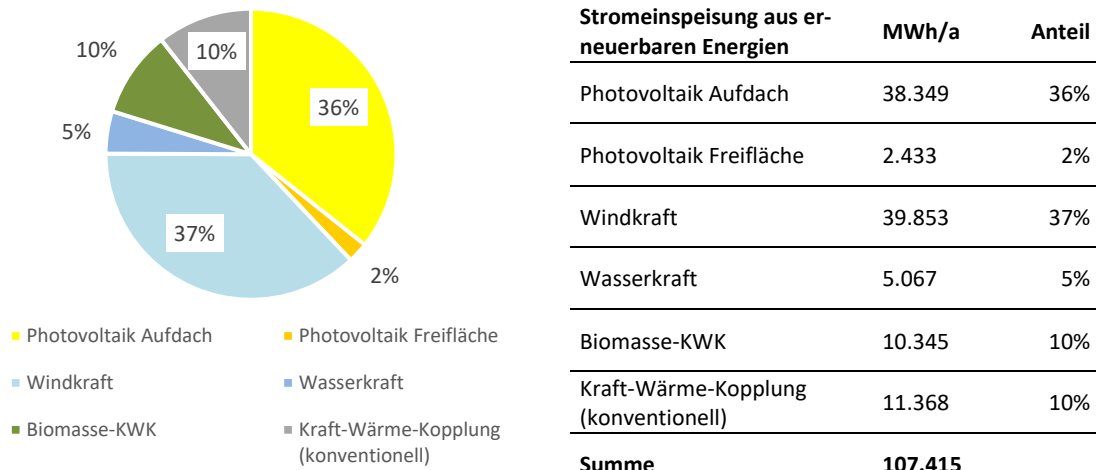


Abbildung 6: Strom-Einspeisung aus Erneuerbare-Energien- und KWK-Anlagen

**Hinweise:**

*Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auf Basis konventioneller Energieträger wie z.B. Erdgas werden aufgrund ihrer hocheffizienten Art der Energiewandlung in Strom und Wärme in der oben gezeigten Darstellung mit einbezogen, obwohl sie streng genommen nicht aus regenerativen Energieformen stammen. Zudem sind in den Daten der Energieversorger unter dem Begriff Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auch Klärgas-BHKWs mit aufgeführt, die wiederum als regenerative Energieform gelten, jedoch in den meisten Fällen nicht als EEG-Anlagen sondern als Anlagen nach dem KWK-Gesetz betrieben werden (da meist wirtschaftlich sinnvoller).*

In Summe wurden im Bilanzjahr 2019 innerhalb des Landkreises bilanziell rund 107.415 MWh in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist. Dem gegenüber steht ein Strombezug im Jahr 2019 in Höhe von 937.800 MWh. Eine Übersicht von Bezug und Einspeisung ist in Abbildung 7 dargestellt.

⇒ **Bilanzieller Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung beträgt rund 11 % (Jahr 2019)**

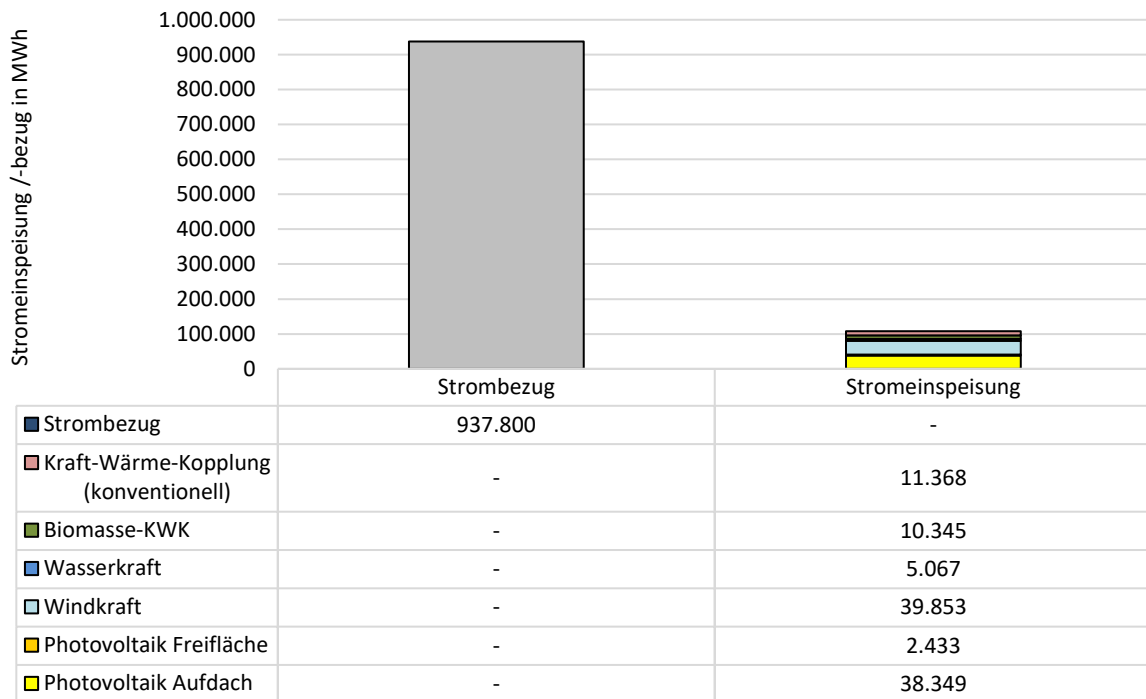


Abbildung 7: Gegenüberstellung von Strombezug und -einspeisung im Ist-Zustand (Bilanzjahr 2019)

Zum Zeitpunkt der Datenakquise lag für alle Datensätze als letztes vollständiges Kalenderjahr das Jahr 2019 vor. Daher wurde dies für das Konzept als Bilanzjahr festgelegt. Aufgrund dessen konnten im Jahr 2020 und später neu errichteten EEG- und KWK-Anlagen in der Energiebilanz im Ist-Zustand nicht mit eingerechnet werden.

Nach 2019 wurden wenige größere Freiflächenanlagen und eine neue Windkraftanlage in Betrieb genommen. Die ersten bekannten Zahlen und Abschätzungen dazu lassen ableiten, dass sich damit der Anteil erneuerbaren Stroms (bezogen auf den Strombedarf 2019) auf ca. 17 % erhöht hat.

Im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans wurden die eingespeisten Strommengen aus Energieerzeugungsanlagen im Bilanzgebiet detailliert erfasst und analysiert. Nachfolgende Grafik zeigt eine Standort-Übersicht der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Landkreis. Anlagen mit einer elektrischen Leistung kleiner 30 kW sind nicht verzeichnet, da die Informationen hierzu nicht georeferenziert vorliegen.

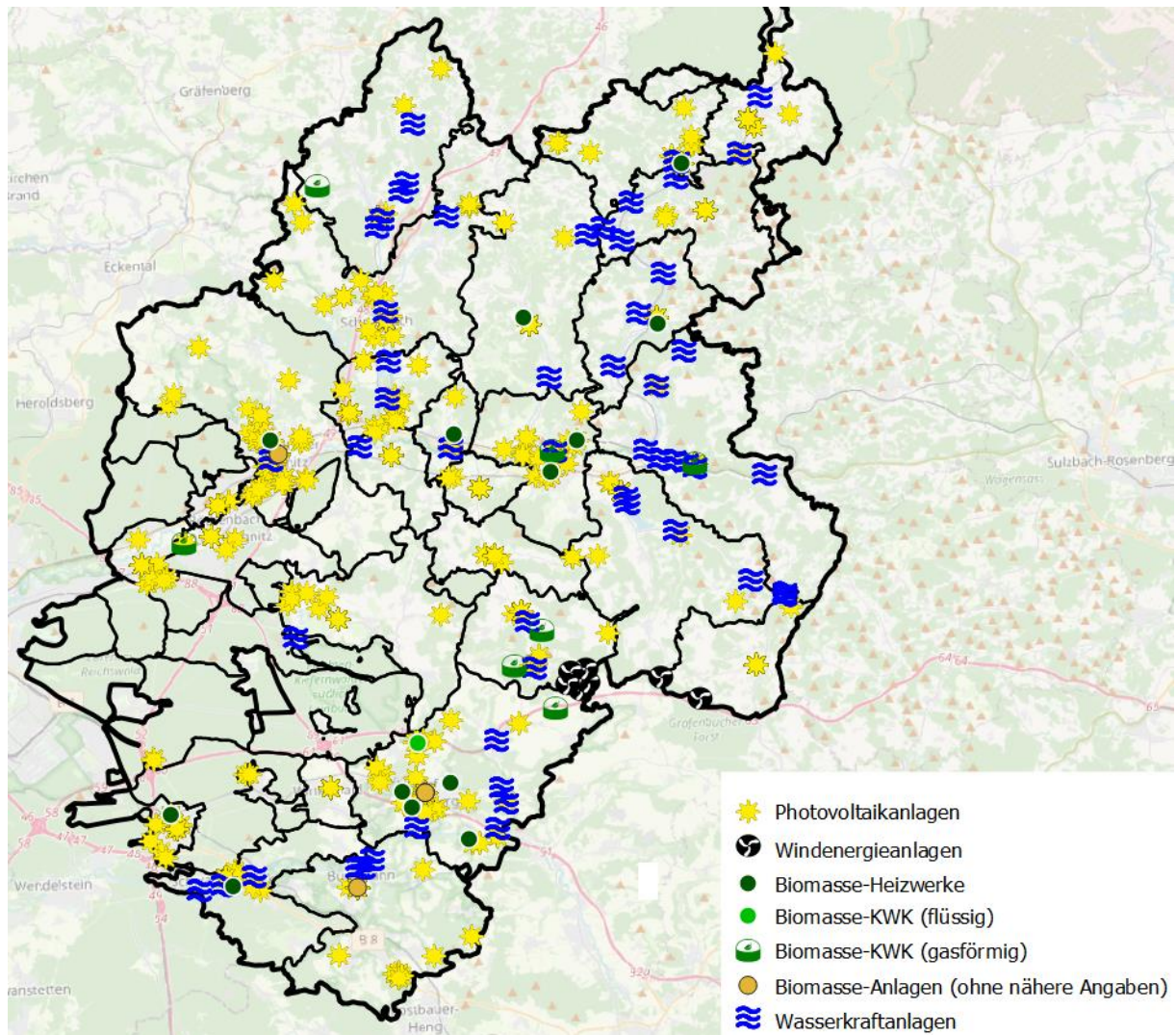


Abbildung 8: Übersichtskarte der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Betrachtungsgebiet

### 3.5 Sektor Verkehr

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

Als Grundlage für das Darstellen des Energiebedarfs im Sektor Mobilität wurde ein einwohnerspezifischer Kennwert gebildet, welcher sämtliche die Mobilität betreffende Zweige einschließt, wie beispielsweise den Bahn-, Flug- und Schiffsverkehr.

Dieser Kennwert wurde aus veröffentlichten Statistiken des Verkehrsministeriums für den in Deutschland insgesamt erforderlichen Endenergiebedarf von 2.704 PJ (rund 751 Terawattstunden) für Mobilitätszwecke gebildet und auf die Bevölkerung des Landkreises umgelegt. Der Anteil von Strom für Elektromobilität lag demnach bei rund 1,6 %. [BMVI]

So lässt sich ein jährlicher Pro-Kopf-Energiebedarf für Mobilität von rund 9.000 kWh pro Einwohner ermitteln, was umgelegt auf den Landkreis Nürnberger Land einen Gesamt-Energieeinsatz von 1.545.200 MWh bedeutet (dabei Strombedarf für Mobilitätszwecke von 24.001 MWh).

### **3.6 CO<sub>2</sub>-Bilanz**

Zunächst wurde die Treibhausgasbilanz auf Basis des ermittelten Strom- und Wärmebedarfes sowie der Anteile der jeweiligen Energieträger am Endenergiebedarf erstellt. Dabei wird für jeden Energieträger ein spezifischer CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor ermittelt, das sogenannte CO<sub>2</sub>-Äquivalent, das neben den direkten Emissionen (z. B. aus der Verbrennung von Erdgas) auch die vorgelagerten Bereitstellungsketten umfasst (Gewinnung und Transport des Energieträgers). Im CO<sub>2</sub>-Äquivalent sind also alle klimawirksamen Emissionen enthalten, die für die Bereitstellung und Nutzung eines Energieträgers anfallen. Dies beinhaltet auch die Emissionen an weiteren klimawirksamen Gasen, wie z. B. Methan, die auf die Klimawirksamkeit von Kohlendioxid normiert und im CO<sub>2</sub>-Äquivalent verrechnet werden.

Die verwendeten CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurden mit Hilfe des Lebenszyklus- und Stoffstromanalyse-Modells GEMIS in der Version 4.9 ermittelt und sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen für die einzelnen Energieträger ergeben sich dann aus der eingesetzten Energiemenge multipliziert mit dem jeweiligen CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Für die Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung innerhalb des Betrachtungsgebiets, wird eine CO<sub>2</sub>-Gutschrift in Höhe des CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben. Dies wäre in diesem Fall so zu interpretieren, dass gegenüber der durchschnittlichen Stromerzeugung in Deutschland anderorts, außerhalb des Bilanzgebiets CO<sub>2</sub>-Emissionen kompensiert werden.

Tabelle 1: Die CO<sub>2</sub>-Äquivalente der jeweiligen Energieträger [GEMIS 4.9; KEA; Berechnungen IfE]

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

- ➔ Aus dem Gesamtenergieverbrauch und der Stromeinspeisung erneuerbarer Energien und KWK resultiert ein Ausstoß von rund 1.430.900 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Dies entspricht einem jährlichen Ausstoß klimawirksamer Gase von rund 8,4 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf

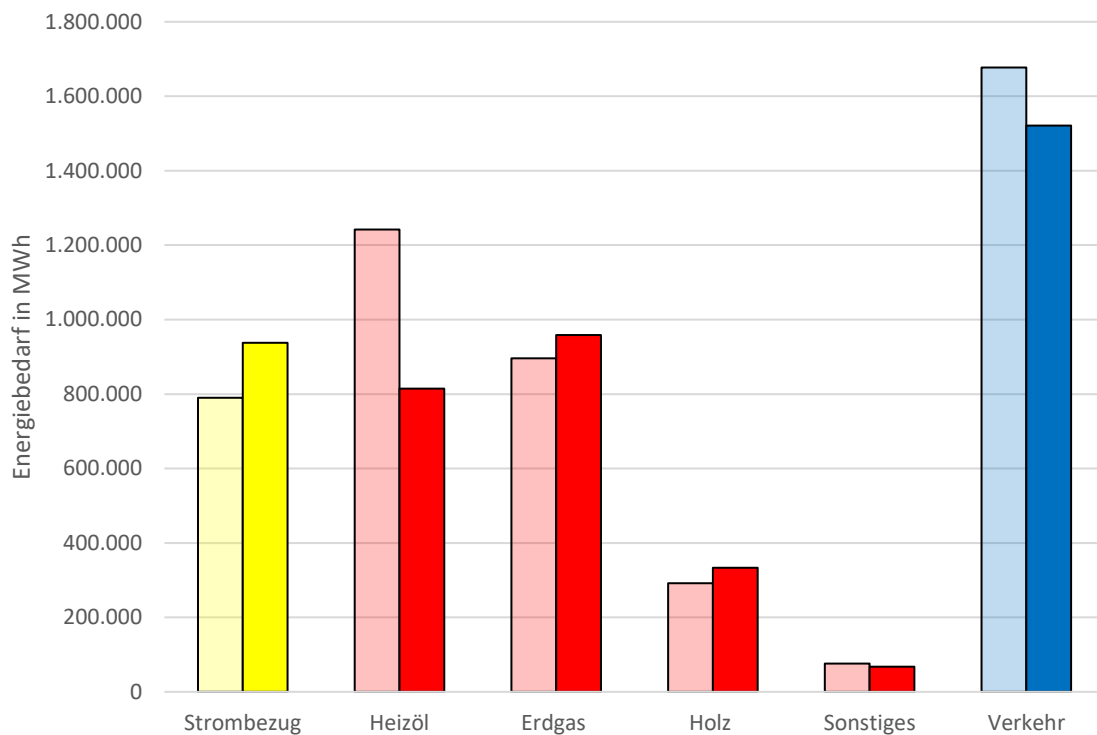
### 3.7 Entwicklung seit dem Klimaschutzkonzept 2012

Die Ergebnisse des Klimaschutzkonzepts 2012 wurden aufgegriffen und mit den Ergebnissen der Ist-Analyse des digitalen Energienutzungsplans gegenübergestellt, um so die seither stattgefundenene Entwicklung im Bereich des Energieverbrauchs und der Energiegewinnung aufzuzeigen.

Folgende Vorab-Bemerkungen sind für diese Betrachtung wichtig:

- Die Auswertung der aktuellen Absatzdaten der Energieversorger lässt vermuten, dass die Datenbasis bezüglich des Strombedarfs zum Bilanzjahr 2010 unvollständig war. Hier ist von einer gewissen Unschärfe auszugehen.
- Zum anderen wurde im Zuge des digitalen Energienutzungsplans eine andere Bilanzierungsmethodik für den Sektor Verkehr angewendet. Die Methodik ist in Kapitel 3.5 geschildert und stützt sich auf Bundeswerte, während sich das Klimaschutzkonzept 2012 noch auf KFZ-Zulassungen im Landkreis stützte.
- Allgemein stellt sich die Datengrundlage inzwischen an einigen Stellen detaillierter da als noch im Jahr 2012. Während gewisse Berechnungen damals unter Umständen mit Literatur- und Kennwerten durchgeführt werden mussten, liegen heutzutage mehr Messwerte oder eine schärfere Unterteilung der EVU-Daten vor. So kann ebenfalls eine Unschärfe beim direkten Vergleich der Konzepte entstehen.

Bilanzjahr im Klimaschutzkonzept war das Jahr 2010. Nachfolgende Abbildung 9 zeigt die Entwicklung des Energiebedarfs nach den wesentlichen Energieträgern und -sektoren.



	Bilanzjahr 2010	Bilanzjahr 2019
	MWh	MWh
Heizöl	1.242.012	814.556
Erdgas	896.017	958.593
Holz	291.779	333.322
Sonstiges	75.912	67.564
Verkehr	1.677.282	1.521.232

Abbildung 9: Entwicklung des Energiebedarfs nach Energieträgern

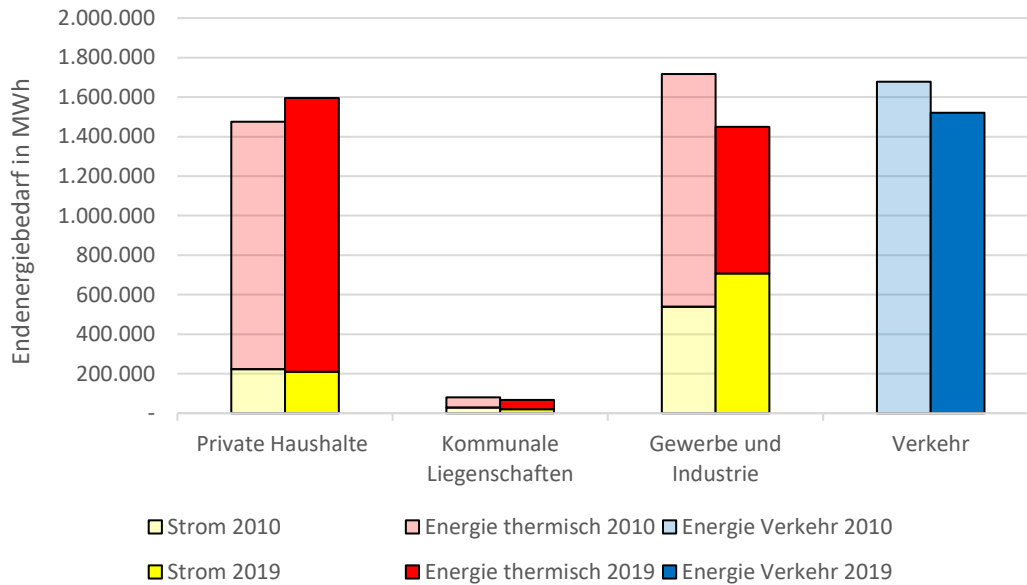
Wie eingangs erwähnt ist die Entwicklung im Sektor Strom mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, letztlich ist die Entwicklung aber nicht unplausibel. Es ist bekannt, dass große Industrieunternehmen im Landkreis bestimmte Prozesse, die früher noch auf Basis fossiler Heizenergieträger (vor allem Heizöl) betrieben wurden, inzwischen elektrifiziert haben. Zudem stieg die Beschäftigtenzahl im Landkreis seither um 20 %. [Sta Ba]

Der deutliche Rückgang von Heizöl ist nachvollziehbar (Umrüstung auf andere Energieträger wie Strom, Gas und Biomasse, Einsparung durch Gebäudesanierung und Effizienzsteigerung). Die Energiebereitstellung aus holzartiger Biomasse ist insgesamt angestiegen. Bei genauerem Betrachten der Kaminkehrerdaten kann festgestellt werden, dass der Anteil an Hackschnitzel und Pelletheizungen deutlich zugenommen hat, im Gegenzug aber insbesondere der Anteil an zentralen Scheitholz-Feuerstätten zurück gegangen ist.

Der Rückgang des Energieeinsatzes im Sektor Verkehr ist zunächst, wie geschildert, der veränderten Bilanzierungsmethodik geschuldet. Vergleicht man die aktuellen Zulassungszahlen mit 2010 (Bilanzjahr ENP 2012), so zeigt sich ein Anstieg zugelassener PKW um 15 % (entspricht nahezu exakt dem bayerischen Durchschnitt) und der LKW um 33 %. Bei identischer Methodik wäre also vermutlich ein gewisser Anstieg zu verzeichnen.



Nachfolgende Abbildung 10 zeigt die Entwicklung des Gesamt-Bedarfs in den jeweiligen Verbrauchergruppen aufgeteilt nach den Energiesektoren Wärme (Energie thermisch), Strom und Verkehr (Energie aus Kraft- und Treibstoffen).



Angaben in MWh	Bilanzjahr 2010			Bilanzjahr 2019		
	Strombezug	Energiebedarf thermisch	Verkehr	Strombezug	Energiebedarf thermisch	Verkehr
Private Haushalte	223.533	1.251.382	-	209.296	1.385.686	-
Kommunale Liegenschaften	28.129	51.440	-	20.552	46.599	-
Gewerbe und Industrie	538.259	1.179.135	-	707.908	741.749	-
Verkehr	-	-	1.677.282	-	-	1.521.232

Abbildung 10: Entwicklung des Energiebedarfs nach Verbrauchergruppen

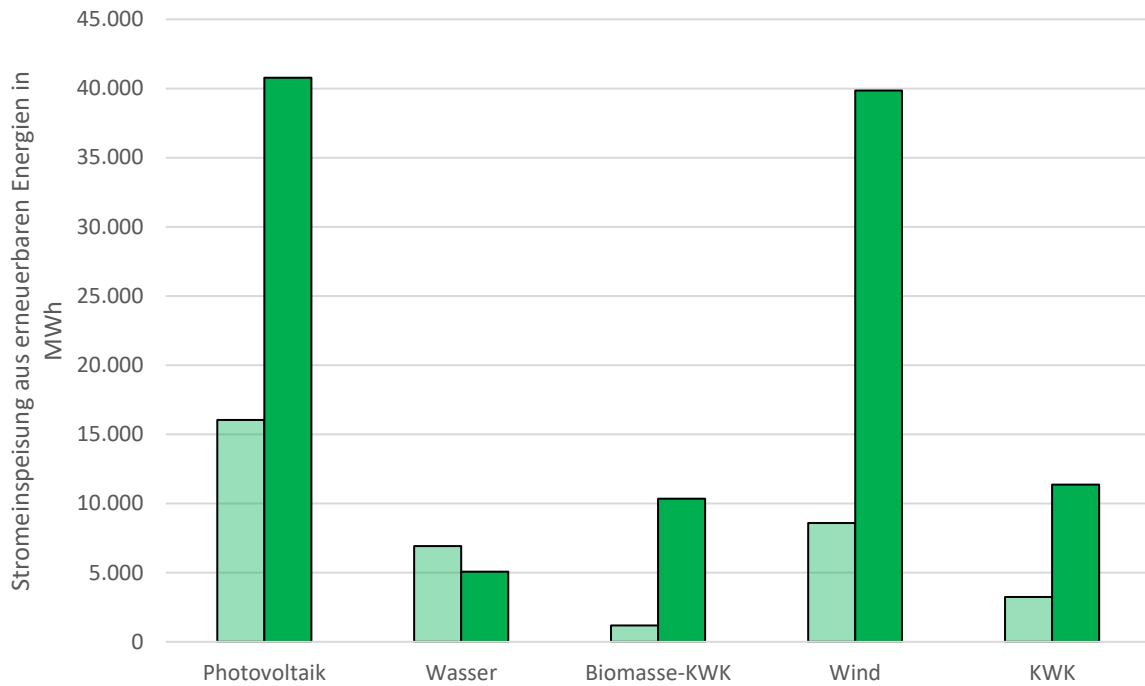
Die Aufschlüsselung nach Verbrauchergruppen zeigt, dass im Bereich Gewerbe und Industrie ein merklicher Rückgang des Gesamt-Energieverbrauchs zu verzeichnen ist. Insbesondere zurückzuführen auf den Minder-Einsatz an Brennstoffen wie Heizöl. Parallel dazu haben sich die Verbrauchssektoren innerhalb der Verbrauchergruppe tendenziell hin zum Strom verschoben.

Der Endenergieeinsatz im Bereich der kommunalen Liegenschaften zeigt keine auffällige Entwicklung. Einerseits sind vielerorts Einsparungen an Bestandsgebäuden festzustellen, andererseits sind auch in vielen Kommunen neue Verbraucher hinzugekommen. Eine gewisse Unschärfe verbleibt auch hier, da nicht von allen Kommunen aktuelle Daten genutzt werden konnten. Hier wurde auf Daten aus dem Klimaschutzkonzept zurückgegriffen. Absolut gesehen kann ein leichter Rückgang des Bedarfs festgestellt werden, wobei dies insbesondere auf Einsparungen beim Strom zurückzuführen ist. Viele Kommunen haben vor allem bei den traditionell großen, kommunalen Stromverbrauchern Straßenbeleuchtung und Kläranlagen gehandelt und entweder über Einspar- und Effizienzsteigerungsmaßnahmen den Verbrauch reduziert oder aber auch über Eigenstrom-Anlagen (Photovoltaik und Klärgas-BHKWs).

Auch die Entwicklung im Bereich privater Haushalte ist nachvollziehbar. So deckt sich die tendenziell rückläufige Entwicklung des Strombedarfs (leichter Rückgang zu verzeichnen) mit aktuellen Statistikdaten, die einen Rückgang des Verbrauchs privater Wohneinheiten um ca. 10 % seit 2010 vermelden [BDEW Haushalt]. Eine Zunahme des absoluten Wärmebedarfs überrascht nicht, da die Wohnfläche seit dem Klimaschutzkonzept um rund 18 % zugenommen hat. Das Bevölkerungswachstum lag in diesem Zeitraum bei rund 3 %. Das entspricht einerseits dem allgemeinen Trend, dass die Wohnfläche pro Bürger tendenziell stetig ansteigt, allerdings ist im Nürnberger Land eine überdurchschnittliche hohe Zunahme der Wohnfläche je Einwohner zu verzeichnen (15 % im Nürnberger Land, im Bundesdurchschnitt 4 %). [Sta Ba] [STATISTA W]

## Entwicklung EE

Ebenso wie die zuvor geschilderte Betrachtung der Entwicklungen auf der Verbrauchsseite, wurde die Erzeugerseite aus 2010 mit dem heutigen Stand gegenübergestellt. Dabei wurde zwischen Strom (Abbildung 11) und Wärme (Abbildung 12) nochmals unterteilt.

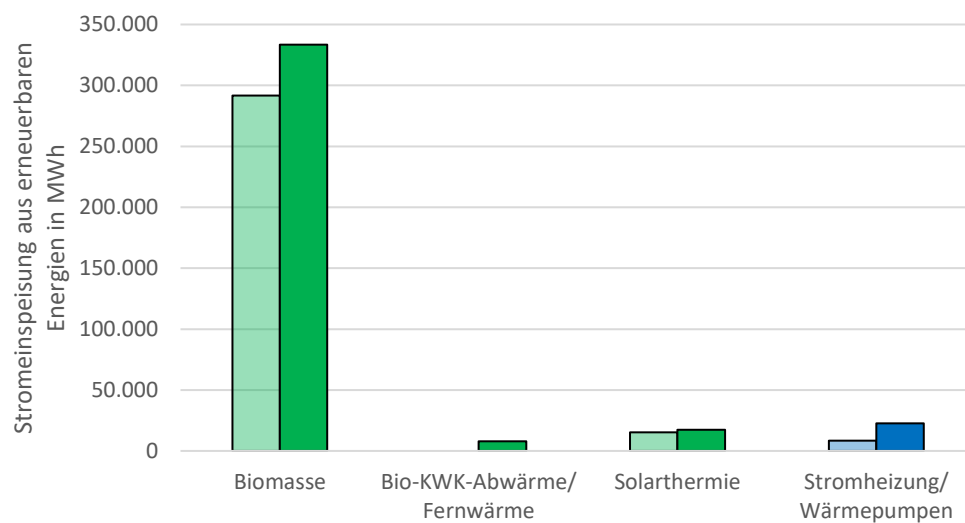


	Bilanzjahr 2010	Bilanzjahr 2019
	MWh	MWh
Photovoltaik	16.041	40.783
Wasser	6.923	5.067
Biomasse-KWK	1.171	10.345
Wind	8.591	39.853
KWK	3.238	11.368

Abbildung 11: Entwicklung der erneuerbaren Energien (stromseitig) und der Kraft-Wärme-Kopplung

Mit Ausnahme der Strommengen aus Wasserkraft haben alle erneuerbaren Energiequellen deutlich zugenommen. Tatsächlich ist im Segment der Wasserkraft ein Rückgang der Energiemenge festzustellen. Während die installierte Leistung quasi konstant blieb (1.753 kW in 2010 – 1.700 kW in 2019) hat, ist aber die Strommenge rund ein Viertel niedriger als noch 2010. Die Situation der Wasserkraft wird in der Potenzialanalyse noch etwas näher beschrieben (Kapitel 4.5.2). So ist hier in den letzten Jahren ein Rückgang der Wassermengen festzustellen, was letztlich einer der Gründe für den Minderertrag sein kann.

Eine Entwicklung der Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien (inkl. auf Strom basierender Heizsysteme) ist in Abbildung 12 dargestellt. Aufgrund einer mittlerweile geänderten Aufschlüsselung seitens der Energieversorger, konnte Strom für Heizzwecke in diesem Energienutzungsplan eigenständig ausgewiesen werden. Ein Großteil strombasierter Heizungen ist im Klimaschutzkonzept als Bestandteil des regulären Strombedarfs bilanziert. In der Entwicklung des Stromeinsatzes für Heizzwecke ist somit eine Unschärfe enthalten.



	Bilanzjahr 2010	Bilanzjahr 2019
	MWh	MWh
Biomasse	291.779	333.322
Bio-KWK-Abwärme/ Fernwärme	0	7.941
Solarthermie	15.339	17.481
Stromheizung/ Wärmepumpen	8.424	22.638

Abbildung 12: Entwicklung der erneuerbaren Energien (thermischerseits) und des Heizstroms

Hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Bilanz des Landkreises hat der Anstieg erneuerbarer Energien entsprechend positive Auswirkungen. Da sich die Bilanzierungsmethodik im Sektor Verkehr zwischenzeitlich geändert hat wird der CO<sub>2</sub>-Ausstoß sowohl mit als auch ohne den Sektor Verkehr angegeben (Tabelle 2).

*Tabelle 2: Entwicklung des jährlichen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes*

		Bilanzjahr 2010	Bilanzjahr 2019
ohne Verkehr	t	1.072.067	974.514
	t/EW	6,4	5,7
inklusive Verkehr	t	1.613.829	1.430.884
	t/EW	9,7	8,4

Um den Sektor Verkehr bereinigt konnte der Pro-Kopf-Ausstoß von 6,4 auf 5,7 Tonnen pro Einwohner gesenkt werden, was einer Reduktion von 11 % entspricht.

## 4 Potenzialanalyse

### 4.1 Grundannahmen und Vorgehensweise

Da die nachfolgende Potenzialanalyse einen Zeitraum von 21 Jahren überspannt, für den die Entwicklungen der jeweiligen Rahmenbedingungen der betrachteten Bereiche noch nicht konkret bekannt sind, müssen Annahmen getroffen werden. Die ersten beiden Annahmen stehen allgemein über den weiteren Betrachtungen:

#### **Demographie**

Prinzipiell korreliert der Endenergiebedarf u.a. mit der Bevölkerungszahl und der Altersstruktur der Bevölkerung, da aus diesen ein entsprechendes Verbraucher-Verhalten und ein absoluter Gesamtbedarf abgeleitet werden können. Die prognostizierte Änderung des Bevölkerungsstandes im Betrachtungsgebiet liegt jedoch innerhalb der erzielbaren Genauigkeit der in diesem Gesamtenergiekonzept errechneten Bilanzen. Folglich kann nicht ausgeschlossen werden, dass die unvermeidbare Abweichung der errechneten Ergebnisse von den tatsächlichen zukünftigen Werten die Effekte der demographischen Entwicklung egalisiert. Für die Potenzialanalyse wird daher ein ungefähr gleichbleibender Bevölkerungsstand angenommen.

#### **Post-EEG-Anlagen**

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

Neben diesen allgemeinen Annahmen müssen für die einzelnen Bereiche dieses Gesamtenergiekonzeptes Annahmen darüber getroffen werden, wie weit das jeweilige technische Potenzial bis zum Jahr 2030 bzw. 2040 ausgeschöpft werden soll bzw. kann. Hierbei werden zwei Szenarien entwickelt, für die jeweils ein bestimmtes Maß an Ambition bei der Hebung der Potenziale zur Reduktion des Bedarfs an fossilen Energieträgern übergreifend angenommen wird. Diese Szenarien sind konkret:

### **Szenario 1**

Dieser Ausbaupfad stellt ein ambitioniertes Szenario dar, welches sich insbesondere im Bereich der Freiflächen-PV an den Ausbauzielen von Gemeinden und Landkreisen aus vergleichbaren Projekten orientiert. Das technische Gesamtpotenzial in den Bereichen Wasserkraft und Biomasse ist in Relation zu den zuvor genannten Energiequellen eher von geringerem Umfang, werden hingegen aber als in relativ hohem Maße zu erschließen angesehen. Von 100 % ist gerade im Bereich der Biomasse (Energiepflanzen, Holz) nicht auszugehen, da klimatische Effekte, Besitzverhältnisse oder auch Entwicklungen in der Tierhaltung Einfluss auf die langfristige Verfügbarkeit der errechneten Potenziale haben. Der jeweils für das Szenario angenommene Erschließungsgrad ist in Kapitel 5.2 nochmals übersichtlich dargestellt.

### **Szenario 2**

In Abstimmung mit den Akteuren vor Ort sollte ergänzend zum beschriebenen Ausbauszenario 1 ein Pfad für eine mögliche bilanzielle Energieneutralität der Region aufgestellt werden. Insbesondere in den Bereich Photovoltaik-Freifläche und Windkraft besteht viel Spielraum. In Kapitel 5.2 sind die entsprechenden Annahmen geschildert, zu welchem Grad die Potenziale erschlossen werden müssten, um dieses Ziel zu erreichen.

Wichtig: die abgebildeten Szenarien stellen nur zwei von vielen möglichen zu gehenden Pfad dar, um die gesetzten Ziele zu erreichen. Besonders große Spielräume bestehen in den Bereichen Windkraft und Photovoltaik. Die letztliche Zusammensetzung des Energiemixes in Zukunft hängt in erster Linie davon ab, welche Schwerpunkte sich die Akteure vor Ort selbst setzen.

Auch Einflusspunkte wie das Stromnetz spielen dabei eine wesentliche Rolle. Die hier angestellten Betrachtungen erfolgen zunächst rein bilanziell und berücksichtigen die zeitliche Komponente, den Lastverlauf von Erzeugung und Verbrauch, nicht. Insbesondere bei fluktuierenden Energiequellen wie Wind und Sonne stellt dieser Faktor aber zusätzliche Herausforderungen für das zukünftige Stromnetz in der Gesamtheit seiner Infrastruktur dar. So steigt mit zunehmendem Ausbaustand Erneuerbarer

nicht nur die Erfordernis nach Netzkapazitäten (Leitungen, Umspannwerke, etc.), aber auch nach Speichern, regelbaren Verbrauchern (z.B. auch in Form von Elektrolyseuren zur Wasserstoffproduktion) und intelligentem Lastmanagement.

## **4.2 Potenziale zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung in den Verbrauchssektoren Strom und Wärme**

Die Einsparpotenziale beziehen sich auf die aktuelle Gebäudestruktur mit ihrer aktuellen „Nutzung und Bewirtschaftung“ (keine Berücksichtigung von z.B. Neubaugebieten oder geänderter Produktion in Unternehmen).

Der Einsatz von stromsparenden Haushaltsgeräten trägt zu einer Reduzierung des Stromverbrauches und somit auch zu einer Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bei. Die Ermittlung der Einsparpotenziale erfolgt in Anlehnung an die EU-Energie-Effizienzrichtlinie (EED) [EED]. Es wird angenommen, dass bezogen auf den Ist-Zustand jährlich 1,5 % des Kraftstrombedarfs eingespart werden können.

Aus Sicht des Bundes kommt auch den Städten und Kommunen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen zu. Die Motivation zur eigenen Zielsetzung und Mitwirken bei der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Städte und Kommunen kann dabei in mehrere Ebenen untergliedert werden:

- die Selbstverpflichtung aus Überzeugung von der Notwendigkeit des Handelns
- die Vorbildfunktion für alle Bürgerinnen und Bürger
- die wirtschaftliche Motivation

Auch auf dieser Ebene erfolgt die Ermittlung der Einsparpotenziale in Anlehnung an die EU-Energie-Effizienzrichtlinie (EED) [EED]. Es wird angenommen, dass bezogen auf den Ist-Zustand

- jährlich 1,5 % des Kraftstrombedarfs
- jährlich 1,5 % des thermischen Endenergiebedarfs

eingespart werden können.

Da gewerblich 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 Datenerhebungen erfolgen. Da dieser Aufwand nicht mehr im Verhältnis zu seinem Nutzen stehen würde, erfolgt die Ermittlung



der Einsparpotenziale auch in diesem Bereich in Anlehnung an die EU-Energie-Effizienzrichtlinie (EED) [EED]. Folglich wird auch hier vereinfachend angenommen, dass bezogen auf den Ist-Zustand

- jährlich 1,5 % des Kraftstrombedarfs
- jährlich 1,5 % des thermischen Endenergiebedarfs

eingespart werden können.

Somit können die angegebenen Werte der Energieeinsparungen bzw. Effizienzsteigerungen in einem „Effizienzsteigerungsfaktor“ von 1,5 %/a zusammengefasst werden, der realistisch in den Bereichen Wärme und Kraftstrom erreicht werden soll und kann. Rechnerisch folgen daraus Endenergieeinsparungen um ca. 14 % bis zum Jahr 2030 sowie um ca. 26 % bis zum Zieljahr 2040, jeweils bezogen auf den Ist-Zustand.

Eine abweichende Herangehensweise erfolgt bei den Einsparpotenzialen bezüglich des Wärme-Bedarfs der Haushalte.

Ausgehend vom Gebäudebestand und der Gebäudealtersstruktur in den betrachteten Kommunen ([Sta Ba]) wird das energetische Einsparpotenzial durch Gebäudesanierung mit Hilfe eines Algorithmus berechnet, der auf der Grundlage der GIS-Daten lokal zufällig einzelne Gebäude auswählt und deren Wärmebedarf auf einen vorgegebenen Wert reduziert, wobei der Algorithmus bei seiner Auswahl mit den ältesten Gebäuden beginnt und solange läuft, bis in einem Jahresschritt ein vorgegebener Teil der Gesamtfläche, die sog. Sanierungsrate, virtuell saniert wurde. Hieraus resultiert das Sanierungskataster. Ein beispielhafter Ausschnitt ist in Abbildung 13 dargestellt (vgl. mit Abbildung 2).



Abbildung 13: Exemplarischer Ausschnitt aus dem Sanierungskataster vor und nach der Sanierung im Jahr 2030

Hierbei wird als Zielstellung für die Gebäudesanierung eine ambitionierte Sanierungsrate von 2,0 %/a der gesamten, jeweils noch unsanierten Wohnfläche auf einen Wärme-Bedarf von  $70 \text{ kWh}_{\text{th}}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  (entspricht in etwa dem KfW-100-Standard) festgelegt. Im Landkreis Nürnberger Land entspricht dies insgesamt einer rechnerischen Wärme-Einsparung der Haushalte um ca. 13 % bis 2030 und ca. 25 % bis 2040.

Im Zuge des Energienutzungsplans werden potenzielle Entwicklungspfade über das Jahr 2030 bis hin zum Zieljahr 2040 vorskizziert (siehe Kapitel 5). Die Entwicklung des Energiebedarfs wird hier aufgezeigt und die Effekte aus den ermittelten Effizienzsteigerungs- und Einsparpotenzialen, sowie den prognostizierten Transformationsprozessen und der erforderlichen Sektorenkopplung somit ersichtlich.

### **4.3 Effizienzsteigerungs- und Transformationsprozesse im Sektor Verkehr**

Wie in Kapitel 3.5 geschildert, wurde der Sektor Verkehr vor allem mit Blick auf die stetig wachsende Bedeutung der Sektorenkopplung und in Abstimmung mit dem Landkreis mit in den Energienutzungsplan integriert. Im Bereich Verkehr beinhaltet dies vor allem eine entweder direkte Elektrifizierung der Antriebstechnologien (Batterie-elektrisch) oder eine Elektrifizierung der Antriebe über eine Zwischenstufe (vor allem Wasserstoff).

In Anlehnung an eine im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie e.V. erstellte Studie „Klimapfade für Deutschland“ [BDI], 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 wesentlich energieeffizienter arbeiten als konventionelle Verbrennungsmotoren, geht mit dem Transformationsschritt auch direkt eine Energieeinsparung einher. So weisen per Elektromotor angetriebene KFZ im Vergleich nur noch rund ein Drittel des Energiebedarfs auf, den ein klassischer mit Benzin- oder Dieselmotor angetriebener PKW benötigt.

Die Ist-Situation im Sektor Verkehr wurde in Kapitel 3.5 analysiert und der mobilitätsbedingte Energieeinsatz im Landkreis von rund 1.545.200 MWh errechnet. Durch die sukzessive Elektrifizierung verbliebe im Zieljahr 2040 ein fossiler Restanteil im Bereich Verkehr von rund 182.548 MWh. Parallel dazu steigt der Strombedarf an von aktuell rund 24.001 MWh auf rund 446.228 MWh in 2040. Diese erforderliche elektrische Energie muss entsprechend entweder unmittelbar aus erneuerbaren Stromquellen oder indirekt aus erneuerbaren Quellen mit einem Zwischenschritt (überwiegend über Wasserstoff realisiert) zur Verfügung gestellt werden.

Auch diese geschilderten Entwicklungen sind in Kapitel 5 anhand des Entwicklungsszenarios nochmals im Kontext aller Energieströme abgebildet.

#### 4.4 Sektorenkopplung

Für das Erreichen der Klimaneutralität, also eine weitestgehende Defossilierung des Energiesystems, ist es erforderlich, bestimmte Bereiche zu elektrifizieren und damit die Verbrennung fossiler Energieträger zu substituieren. Dies betrifft zum einen, wie im vorangegangenen Kapitel dargestellt, den Sektor Mobilität und zum anderen den Sektor Wärme. Hier werden Wärmepumpen und Power-to-Heat-Anlagen in der Fernwärme-Versorgung zunehmend dazu beitragen Heizöl und Erdgas zu ersetzen. Dementsprechend werden künftig zu dem aktuell nahezu vollständigen Kraftstrom-Bedarf verstärkt die weiteren Anwendungsfelder, nämlich für Heizzwecke und die Elektromobilität, hinzukommen. Infolgedessen wird der Gesamtstrombedarf trotz der Abnahme des Kraftstrombedarfs in Summe in den kommenden Jahren zunehmen.

#### 4.5 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.

## **4.5.1 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 Energiegewinnung genutzt werden, in erster Linie zur Warmwasserbereitung (Solarthermie) und Stromerzeugung (Photovoltaik).

### **4.5.1.1 Solarpotenzialkataster**

Zur Analyse der Photovoltaik- und Solarthermiepotenziale auf Dachflächen wurde das neu entwickelte, gebäudescharfe Solarpotenzialkataster für den Landkreis Nürnberger Land ausgewertet (<https://www.solare-stadt.de/nuernberger-land/>). Grundlage für die Solarpotenzialanalyse sind Laserscandaten, die beim Überfliegen des jeweiligen Untersuchungsgebietes generiert wurden. Aus diesen Informationen wird ein vereinfachtes Modell der Häuser und der umgebenden Objekte (z. B. Bäume) erstellt. Dabei werden Einstrahlung und Verschattung berechnet. Stark verschattete Bereiche

werden als nicht geeignet identifiziert. Für die übrigen Dachflächen wird die Einstrahlung für den Verlauf eines ganzen Jahres bestimmt.

Somit können alle Dachflächen auf Grundlage der Einstrahlungssimulation kategorisiert werden, inwieweit diese zur Installation von Solarthermie- oder Photovoltaikmodulen geeignet sind. Das Solarpotenzialkataster dient als Basis der Potenzialanalyse für Solarthermie und Photovoltaik auf Dachflächen in den Kommunen des Landkreises.



Abbildung 14: Auszug Solarpotenzialkataster für den Landkreis Nürnberger Land (<https://www.solare-stadt.de/nuernberger-land/>)

#### 4.5.1.2 Solarthermie auf Dachflächen

Viele der für die solare Nutzung geeigneten Dachflächen (siehe Solarpotenzialkataster) können sowohl für die Installation von Solarthermieanlagen als auch für die Installation von Photovoltaikanlagen für die Stromproduktion genutzt werden. Aufgrund der direkten Standortkonkurrenz der beiden Techniken muss dabei eine prozentuale Verteilung berücksichtigt werden. Um ein praxisbezogenes Ausbausoll an Solarthermiefläche vorgeben zu können, wird als Randbedingung ein Deckungsziel des Warmwasserbedarfs in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ anvisiert. Dieses Deckungsziel (sprich der Anteil am gesamten Warmwasserbedarf, der durch Solarthermie erzeugt werden soll) wurde mit den

beteiligten Akteuren abgestimmt. Ausgehend von einem spezifischen Energiebedarf für die Brauchwassererwärmung von  $12,5 \text{ kWhth/m}^2_{\text{WF}} \cdot \text{a}$  [GEG] ergibt sich für das Betrachtungsgebiet ein jährlicher Gesamt-Energiebedarf von rund  $110.248 \text{ MWh}_{\text{th}}$  für die Wassererwärmung. Das angestrebte Deckungsziel wird auf 60 % festgelegt. Dies entspricht einem Energiebedarf von rund  $66.14 \text{ MWh}_{\text{th}}$ , der durch Solarthermie gedeckt werden soll. Um dies zu erreichen, werden insgesamt rund  $165.000 \text{ m}^2$  an Kollektorfläche benötigt. Diese Fläche wird im Rahmen des Energienutzungsplans gleichzeitig als technisches Potenzial der Solarthermie definiert. Derzeit sind im Betrachtungsgebiet bereits Solarthermieanlagen mit einer Gesamtfläche von knapp  $50.000 \text{ m}^2$  installiert, sodass noch ein Ausbaupotenzial von rund  $115.000 \text{ m}^2$  besteht.

#### **4.5.1.3 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 rund  $1.140.100 \text{ MWh/a}$ . In Absprache mit den beteiligten Akteuren wurde ein Abzugsfaktor von 30 % gewählt, welcher potenzielle Hemmnisse in der praktischen Umsetzung (z. B. aus statischen Gründen) berücksichtigt. Somit steht ein Gesamtpotenzial in Höhe von  $638.436 \text{ MWh}$  Stromerzeugung pro Jahr zur Verfügung. Dies entspricht einer Gesamtleistung in Höhe von rund  $767.350 \text{ kW}_p$ .

Im Bilanzjahr 2019 waren bereits Module mit einer Gesamtleistung von rund  $49.250 \text{ kW}_p$  installiert, sodass unter den beschriebenen Annahmen noch ein Ausbaupotenzial von rund  $718.100 \text{ kW}_p$  besteht.

#### **4.5.1.4 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 2019 waren Freiflächen-PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von  $2.800 \text{ kW}_p$  im Landkreis installiert, die rund  $2.433 \text{ MWh}$  an regenerativem Strom erzeugt haben.

Nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz ist die Installation von PV-Anlagen derzeit bevorzugt auf folgenden Flächen möglich:

- Seitenrandstreifen entlang von Autobahnen und Bahnlinien (200 m)
- Konversionsflächen
- Versiegelte Flächen
- Flächen der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben

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. Große Teile Bayerns und nahezu der vollständige Landkreis Nürnberger Land liegen in landwirtschaftlich benachteiligtem Gebiet (rot), siehe Abbildung 15.

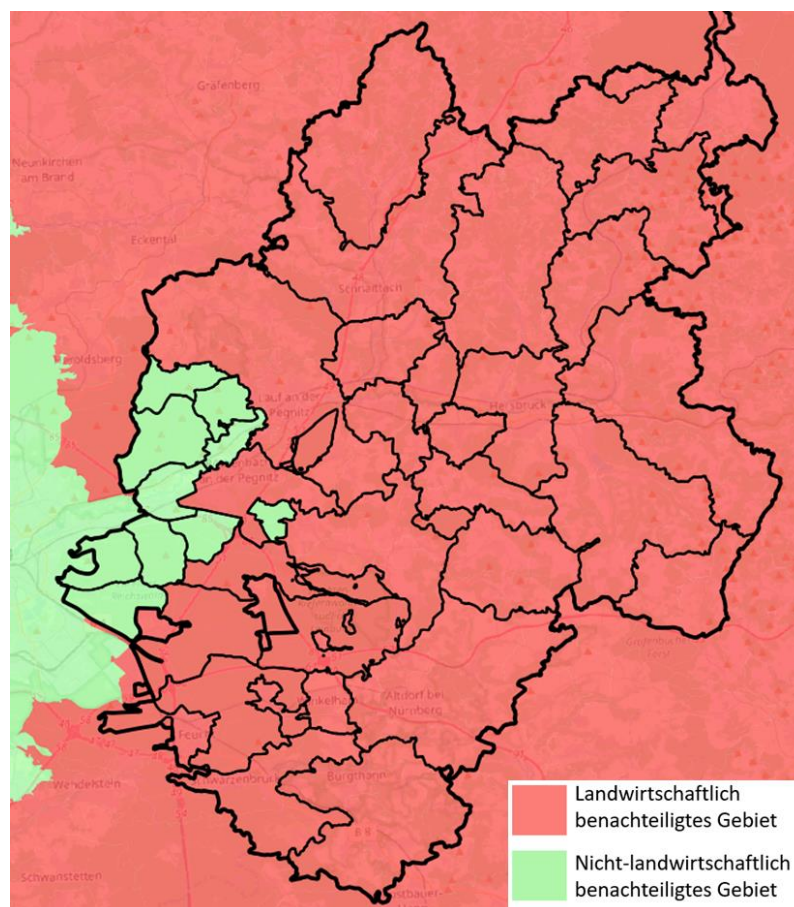


Abbildung 15: Übersicht landwirtschaftlich benachteiligter und nicht-benachteiligter Gebiete im Landkreis



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

Tabelle 3: 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 Biotope und Bodenschutzobjekte	

Ein weiterer, hervorzuhebender Faktor im Zusammenhang mit Freiflächen-Photovoltaik-Projekten ist der hohe Anteil von Landschaftsschutzgebiet im Landkreis. Knapp zwei Drittel der Gebietsfläche im Landkreis sind solches Landschaftsschutzgebiet. Abbildung 16 zeigt die Verteilung der betreffende Flächenkulisse im Landkreis (schraffiert). Dazu kommt als einschränkender Faktor für Vorhaben dieser Art, dass ein sehr großer Teil der Gebietsfläche außerhalb der Landschaftsschutzbereiche Waldfläche ist.

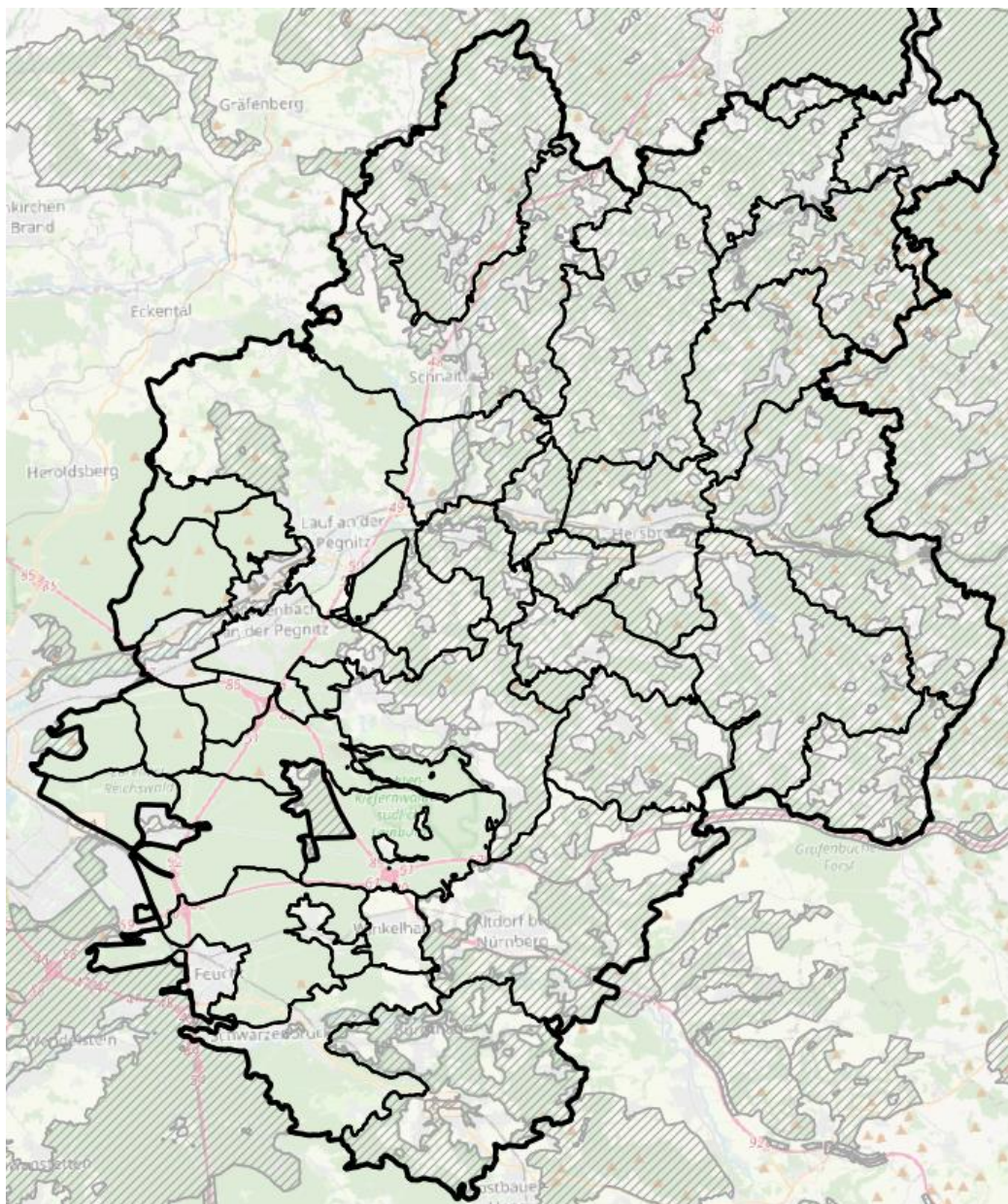


Abbildung 16: Übersicht über die Bereiche des Landschaftsschutzgebietes im Nürnberger Land

Bebauungsplan-pflichtige Maßnahmen wie Freiflächen-Photovoltaik sind in diesen Bereichen nach Einzelfallprüfung möglich. Es gibt verschiedene weitere Punkte, die dafür sprechen, dass man in die Potenzialbetrachtung auch auf die Flächen innerhalb des Landschaftsschutzgebietes ausweitet.

So ist es, wie zuvor angedeutet, zum einen möglich Ausnahmen für derartige Projekte zu generieren. Vielerorts gehen Gemeinden über die im Energienutzungsplan angestellte Analyse hinaus und legen für sich selbst individuelle, noch detailliertere Kriterien fest (Einsehbarkeit, Bodenkennzahlen, individuelle Abstandskriterien, etc.). Hierbei setzen viele Gemeinden den Faktor Landschaftsschutz erfahrungsgemäß nicht explizit als Ausschlusskriterium fest, da anderenfalls beispielsweise wenige bis keine nutzbaren Flächen verbleiben würden.

So wurde in Abstimmung mit der Steuerungsrunde im vorliegenden Konzept der Ansatz verfolgt, dass das Kriterium Landschaftsschutzgebiet nicht als ausschließender Faktor für Photovoltaik- oder Windkraftprojekte angesetzt wird.

Auf Basis aller zuvor beschriebenen Ausschlusskriterien konnte eine Übersicht potenziell geeigneter Flächen im Landkreis ausgearbeitet werden (Abbildung 17).

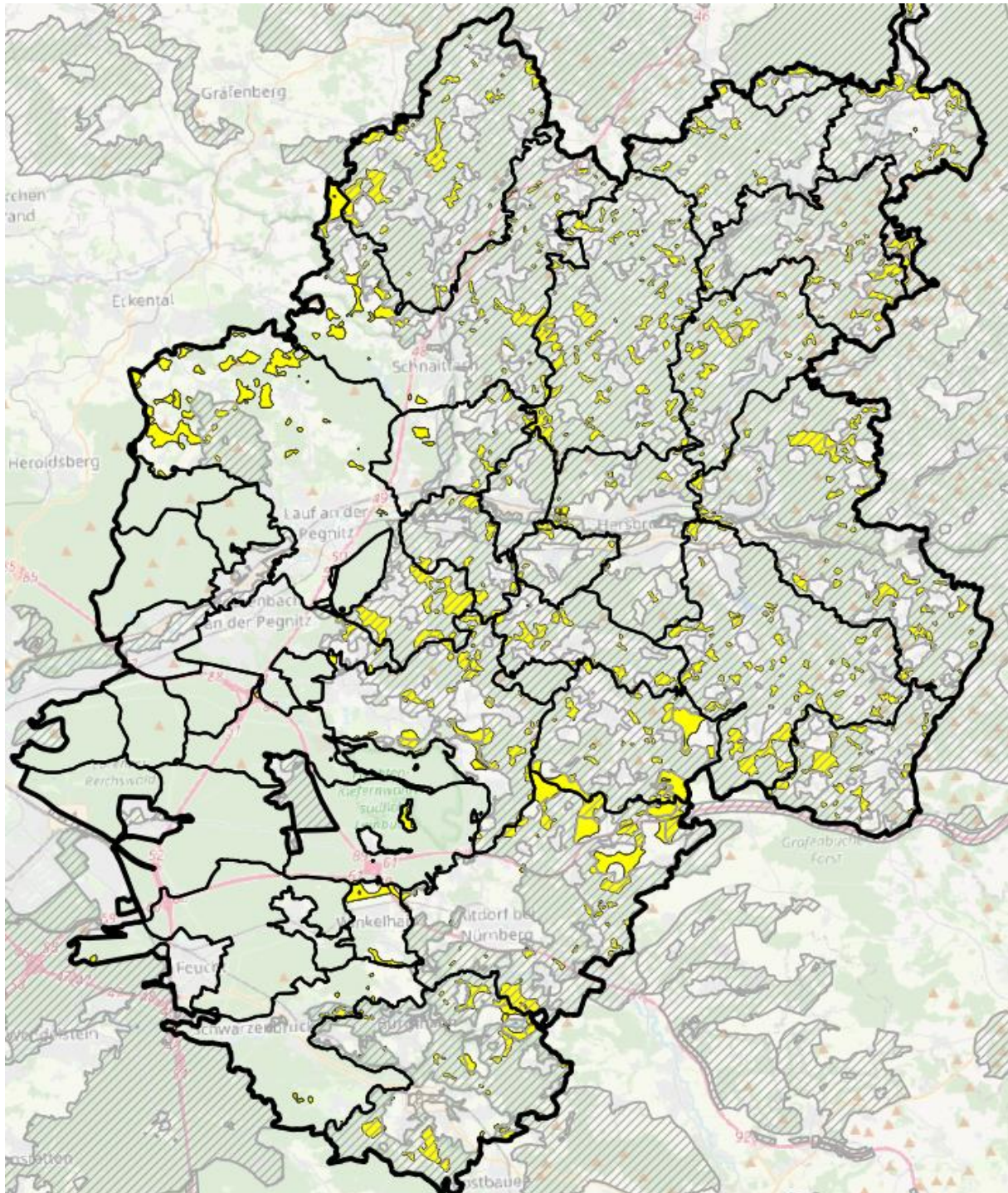


Abbildung 17: Übersicht über das Ergebnis der Analyse der technischen Potenziale im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik im Landkreis

Die unter diesen Voraussetzungen verbleibende Flächenkulisse beträgt in Summe rund 5.900 ha. Diese Flächen sind im Sinne der geschilderten Begriffsdefinitionen als technisches Potenzial zu betrachten. Aufgrund der Vielzahl an potenziellen Flächen wird empfohlen, kommunenscharfe Leitfäden / Kriterienkataloge zur Zulassung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen auszuarbeiten. Hierdurch kann eine transparente Entscheidungsgrundlage für die Öffentlichkeit, Grundeigentümer, sonstige eingebundene Akteure sowie die Antragsteller bzw. Betreiber von Photovoltaik-Freiflächenanlagen geschaffen werden. Durch die Anwendung einfacher und nachvollziehbarer Kriterien kann städtebaulicher Fehlentwicklung vorgebeugt und Wildwuchs in Form von zufallsgesteuerter Flächennutzung verhindert werden. Der Leitfaden zeigt potenzielle Flächen für die Installation von PV-Freiflächenanlagen im jeweiligen Gemeindegebiet auf, wodurch – unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit – die Belange der sauberen Energieerzeugung und des Klimaschutzes nachvollziehbar mit den Belangen der Nahrungsmittelerzeugung, des Landschaftsbildes und des Naturschutzes zusammengeführt werden. Darauf basierend können dann realistisch umsetzbare Ausbaupotenziale im Landkreis definiert werden.

#### **4.5.2 Wasserkraft**

Im Landkreis Nürnberger Land wurden im Jahr 2019 insgesamt 5.067 MWh Strom aus Wasserkraft erzeugt. Die Energiequelle Laufwasser trug somit ca. 5 % zum Mix der erneuerbaren Energien im Landkreis bei. Bezogen auf den Gesamt-Strombedarf im Landkreis lag der Anteil der Wasserkraft bei unter einem Prozent. Zur Analyse der Ausbaupotenziale im Bereich der Wasserkraft wurde auch die fachliche Einschätzung des Wasserwirtschaftsamtes (WWA) Nürnberg eingeholt und erörtert, ob und inwieweit Ausbau- oder Repowering-Potenziale im Landkreis vorhanden sind.

Bezüglich des grundsätzlichen energetischen Potenzials sind vor allem die Pegnitz und die Schwarzach zu nennen, wobei die obere Pegnitz im Vergleich tendenziell weniger Potenzial aufweist als die untere Pegnitz oder auch die Schwarzach. Dies spiegelt auch die Verteilung der großen Bestandsanlagen wieder, die sich eher in dem Abschnitt der Pegnitz von Hersbruck bis Lauf befinden. Gleichzeitig wird die Situation vom Wasserwirtschaftsamt auch so eingeschätzt, dass ein Großteil des energetischen Potenzials durch die vorhandenen Anlagen bereits erschlossen ist.

Durch das fortgeschrittene Alter vieler Anlagen sieht das WWA aber durchaus Potenzial in der Modernisierung bestehender Anlagen. Bei einer Nicht-Veränderung des Nutzungsumfanges fallen hier auch die Auflagen geringer aus.

Was das Installieren von Neuanlagen oder Repowern von Alt-Standorten angeht, so wurden in den letzten Jahren kaum noch Anfragen gestellt oder Anträge eingereicht. Hohe Anforderungen an die

Durchlässigkeit der Gewässer in Verbindung mit Auflagen seitens der Fischereiverbände und auch zuletzt eher rückläufige Wassermengen haben dafür gesorgt, dass ein wirtschaftlicher Betrieb nur noch selten zustande kommt.

Zwar wird im Rahmen dieser Studie das technische Potenzial betrachtet, sprich eine Betrachtung die zunächst die den Faktor Wirtschaftlichkeit ausklammert, jedoch erfordert die Einschätzung des Stromertrags für potenzielle Neu-Standorte an vorhandenen Wehren oder ein Repowering eine jeweils individuelle Untersuchung bzw. Einzelfallprüfung und können im Rahmen der Studie nicht quantitativ abgebildet werden. Die Rückmeldung Ortskundiger bezüglich des aktuellen Bestands an ungenutzten Querbauwerken im Landkreis lässt darauf schließen, dass rein technisch gesehen im Bereich der Kleinwasserkraft Möglichkeiten für Neubauten bestehen. Eine Einschätzung der tatsächlichen Nutzbarkeit und des möglichen Stromertrags erfordert aber, wie bereits geschildert, eine jeweils individuelle Prüfung der Standorte.

Auf Basis der Neufassung des Wasserhaushaltsgesetzes führte das Bayerische Landesamt für Umwelt LfU eine Untersuchung der Wasserkraftpotenziale in Bayern durch. So wurden die Standortgegebenheiten an bestehenden Querbauwerken, deren Rückbau nach der Wasserrahmenrichtlinie langfristig nicht vorgesehen ist, geprüft. Im Detail betrifft dies Standorte, die unter Erfüllung der ökologischen Standards rechnerisch eine mittlere, elektrische Leistung von mindestens 100 kW erzielen. Bei potenziellem Leistungsvermögen von zwischen 50 und 99 kW wurde zwar der Standort geprüft und veröffentlicht, eine detaillierte Bewertung über die Nutzbarkeit wird aber nicht mit publiziert. Im Kern liefern die Betrachtungen eine Aussage über die grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit auf Basis der wasserrechtlichen Mindestanforderung (WHG) und anderen öffentlich-rechtlichen Anforderungen (z.B. naturschutzfachliche Vorschriften), sie sind allerdings explizit nur als erster Hinweis für Wasserkraft-Interessenten zu verstehen. Auch hier wird auf Prüfung im Einzelfall hingewiesen.

Am Querbauwerk „Industriemuseum“ in Lauf weist das LfU eine mögliche elektrische Leistung von rund 80 kW aus. Dieser als Potenzial ausgewiesene Standort wurde in diese Studie mit integriert.

Der Hauptanteil dessen was an Ausbaupotenzial technisch zur Verfügung steht liegt allerdings im Bereich der Optimierung von Bestandsanlagen. In Anlehnung an vergleichbare Landkreisprojekte und Gespräche kann von einem Effizienzsteigerungspotenzial von im Mittel rund 10 % ausgegangen werden.

In Summe könnte die derzeitige Stromproduktion in Höhe von 5.067 MWh auf jährlich rund 5.853 MWh gesteigert werden.

Ein im Zusammenhang mit Wasserkraft zu nennender Faktor bzw. eine Besonderheit, die im Nürnberger Land vorzufinden ist, ist das Pumpspeicherkraftwerk in Happurg. Die elektrische Leistung des Kraftwerks beträgt 160 MW, die Speicherkapazität 850 MWh. So ist das Kraftwerk nach Angaben des Betreibers in seiner Art das größte Pumpspeicherkraftwerk in Bayern.

Bis Anfang der 2010er war es noch in seiner Funktion als Pumpspeicher in Betrieb, bis es vor allem aufgrund von geologischen Problemen am Oberbecken stillgelegt wurde. Seither wird zumindest die Pumpspeicher-Funktion des Kraftwerks nicht mehr genutzt.

Der aktuelle Betreiber prüft die Wiederinbetriebnahme des Pumpspeichers sehr intensiv. Insbesondere im Zusammenhang mit der zunehmenden Volatilität der Energieerzeugung (Stromgewinnung erfolgt primär auf Basis von Wind und Sonne) sind Großspeicher allgemein von noch größerer und weiter steigender Bedeutung. Inwieweit aber die aktuellen Rahmenbedingungen auf dem Energiemarkt die erforderlichen Sanierungsarbeiten an der Gesamtheit des Kraftwerks, vor allem die Sanierung des Oberbeckens, refinanzieren können ist Gegenstand der aktuellen Untersuchungen des Betreibers. Ergebnisse der laufenden Prüfungen und eine Entscheidung über die Wiederinbetriebnahme erwartet der Betreiber bis frühestens 2023. [UNIPER]

### **4.5.3 Biomasse**

#### **4.5.3.1 Holz für energetische Nutzung**

Der Landkreis Nürnberger Land weist eine Waldfläche von rund 40.419 ha auf. Davon sind rund 10.317 ha gemeindefreie Forsten. [Sta Ba]

Die Auswertung der Kaminkehrerdaten und Fragebögen zeigt, dass im Jahr 2019 in etwa 333.300 MWh Endenergie aus Biomasse bereitgestellt wurden. Somit trägt Biomasse (Hackschnitzel, Pellets, Scheitholz) zu rund 15 % zur Deckung des thermischen Energiebedarfs im Landkreis bei.

Die Nutzung holzartiger Biomasse spielt vielerorts im Landkreis bereits eine tragende Rolle. So ergab die Auswertung der Kaminkehrerdaten, dass insbesondere einige der ländlichen Kommunen einen Biomasseanteil an der Wärmebereitstellung von über 40 % aufweisen, überwiegend zurückzuführen auf dezentrale, private Feuerstätten. Darüber hinaus wurden im Zuge der Datenerhebung verschiedene große Heizanlagen bzw. KWK-Anlagen auf Biomasse-Basis identifiziert. Ein Auszug bekannter großer Anlagen im Landkreis ist nachfolgend aufgeführt, weitere größere Anlagen in beispielsweise verschiedenen Schulen oder kleineren Verbundsystemen im Landkreis sind darüber hinaus vorhanden.

- Altdorf (Heizwerk „Am Fürstenschlag“ und Schulzentrum mit jeweils 800 kW Biomasse-Leistung; Brennstoff Hackschnitzel)
- Hersbruck (Heizkraftwerk „Naturenergie“; Einsatzstoffe: Hackschnitzel, Holzpellets, Rapsöl)
  - Kombiprozess aus Heißluft- und ORC-Turbine auf Hackschnitzelbasis (in Summe über 1.500 kW thermische und 350 kW elektrische Leistung)
  - Auch ein reiner Heizwerk-Anteil ohne Stromproduktion mit enthalten
  - Seit 2019 erweitert um ein Rapsöl-BHKW
- Lauf (Unter anderem: Bitterbachhalle, Kunigundenschule und Landratsamt auf Hackschnitzel Basis versorgt; Feuerwehr, Bertleinschule, Kulturhaus und 2 KiTas auf Basis von Holzpellets versorgt)
- Offenhausen (Bioenergiedorf Breitenbrunn)
- Velden (Bioenergiedorf Dorfgemeinschaft Münzinghof, Hackschnitzel und Holzvergaser-BHKW)

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

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

### **Energieholz aus Forstwirtschaft**

Die Betrachtungen der LWF in Bezug auf Waldderbholz geben die jährlich anfallende Energiemenge aus Holz oberhalb der Derbholzgrenze (> 7 cm Durchmesser) an. Das potenzielle Holzaufkommen wurde auf Basis von Stichprobenflächen der dritten Bundeswaldinventur und unter Berücksichtigung von LWF-eigener Studien zum Waldumbau (im Zusammenhang mit der Anpassung der Wälder an den Klimawandel) ermittelt. Der energetisch nutzbare Anteil am Holzaufkommen wurde aus bekannten Holzeinschlagserhebungen, aus welchen die unterschiedliche Sortierungspraxis von Kleinprivatwald und größeren Forstbetrieben ersichtlich ist, abgeleitet. Der Anteil des Energieholzes in Privatwäldern ist beispielsweise größer als in von großen Forstbetrieben bewirtschafteten Wäldern. Flächen der Besitzarten und -größen konnten über das Automatisierte Liegenschaftsbuch ermittelt werden. Nach Analysen der LFW beläuft sich das energetische Potenzial somit auf 363.389 MWh.



## **Flur- und Siedlungsholz**

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

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

In Summe beträgt das theoretische Potenzial 14.556 MWh. Letztlich werden (unter anderem aus Gründen der Erfordernis der Wälder als CO<sub>2</sub>-Senke und möglicher klimatischer Einflüsse) nicht 100 % des theoretischen Potenzials technisch nutzbar sein. Dies wird später mit einem Abschlagsfaktor berücksichtigt. Somit kann das hier angegeben theoretische Potenzial als legitime Größe für das späteres Ausweisen eines technischen Potenzials betrachtet werden.

## **Altholz**

Laut Abfallbilanz fielen im Jahr 2019 im Betrachtungsgebiet pro Einwohner 27 kg Altholz an [LfU Altholz]. Ähnlich wie zuvor beim Aufkommen an Landschaftspflegeholz, so steht auch diese Menge nur theoretisch vollständig zur Verfügung. In der Praxis wird diese Fraktion allerdings nur zu etwa der Hälfte einer energetischen Verwertung zugeführt. Die andere Hälfte erfährt eine stoffliche Verwertung. Unter Berücksichtigung der Einwohnerzahl im Betrachtungsgebiet steht somit eine Altholz-Menge von rund 4.600 t zur energetischen Nutzung zur Verfügung, was einer Energiemenge von rund 11.108 MWh/a entspricht.

## Zusammenfassung feste Biomasse

In Tabelle 4 ist das technische Potenzial zur Energiebereitstellung aus holzartiger Biomasse zusammenfassend aufgelistet.

Tabelle 4: Zusammenfassung des rechnerischen, territorialen Gesamtpotenzials im Bereich fester Biomasse

Energiebereitstellung		
Energieholz aus Waldbeständen	MWh/a	363.389
<u>zusätzlich:</u>		
Flur- und Siedlungsholz	MWh/a	14.556
Altholz	MWh/a	11.108
<b>Rechnerisches Gesamtpotenzial</b>	<b>MWh/a</b>	<b>389.053</b>

In Summe beträgt das rechnerische Gesamtpotenzial an fester Biomasse im Landkreis rund 389.053 MWh, wovon aktuell rund 333.322 MWh genutzt werden. Das Ausbaupotenzial beträgt rechnerisch also 55.731 MWh.

Wie aber vorher bereits beschrieben wird dieses ermittelte Gesamtpotenzial als nicht zu 100 % zu erschließen angesehen. Einerseits da von Seiten der LWF nicht exakt beziffert werden kann wieviel des Flur- und Siedlungsholzes in der Praxis tatsächlich energetisch nutzbar gemacht werden kann. Andererseits aufgrund des Faktors, dass der Wald eine wesentliche CO<sub>2</sub>-Senke darstellt und durch klimatische Einflüsse auch sukzessive in seiner CO<sub>2</sub>-Speicherkapazität beschränkt wird.

In Abstimmung mit der Steuerungsrunde wurde für das Aufstellen der Entwicklungsszenarien daher angenommen, dass höchstens 80 % des vorhandenen, nachhaltigen Ausbaupotenzials tatsächlich noch erschlossen werden können (rund 44.585 MWh).

Holz als alleinige Energiequelle zur mittel- und langfristigen Substitution von Öl und Erdgas wird daher nicht ausreichen. Es sollten kluge 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).

#### **4.5.3.2 Biogas / Biomasse-KWK**

Der Begriff Biomasse-KWK beinhaltet nicht nur die klassischen Biogasanlagen, sondern vereint sämtliche Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, die auf der Basis von Biomasse Strom und Wärme generieren. Zumeist ist jedoch der Hauptanteil von Biomasse-KWK-Systemen auf der Basis von Biogas betrieben. Häufig sind noch kleinere Anlagen mit enthalten, die entweder auf der Basis von Biomethan oder Pflanzenöl betrieben werden oder auch kleinere Holzvergaser-Anlagen. Auch Klärgas-BHKWs sind in dieser Kategorie mit geführt. Im Nürnberger Land ist als Besonderheiten im Zusammenhang mit Biomasse-KWK das Heizkraftwerk in Hersbruck zu nennen, welches überwiegend auf der Basis von Hackschnitzel im Normalfall rund 1,5 Mio. kWh Strom jährlich generieren könnte. Allerdings lief der Kraftwerksteil im Bilanzjahr 2019 kaum und das Kraftwerk wurde mehr als reines Heizwerk betrieben.

Im Vergleich zu umliegenden Landkreisen spielt das Thema Biogas im Landkreis Nürnberger Land aktuell eine weniger tragende Rolle. Im Ist-Zustand gibt es insgesamt 4 Biogasanlagen (Altdorf, Offenhausen und Simmelsdorf, siehe Abbildung 18). Zusammen mit den restlichen Biomasse-KWK Systemen tragen sie rund 10 % zum Mix der vorhandenen erneuerbaren Stromerzeuger bei. Bezogen auf den Gesamt-Strombedarf des Landkreises beträgt der Beitrag rund 1 %.

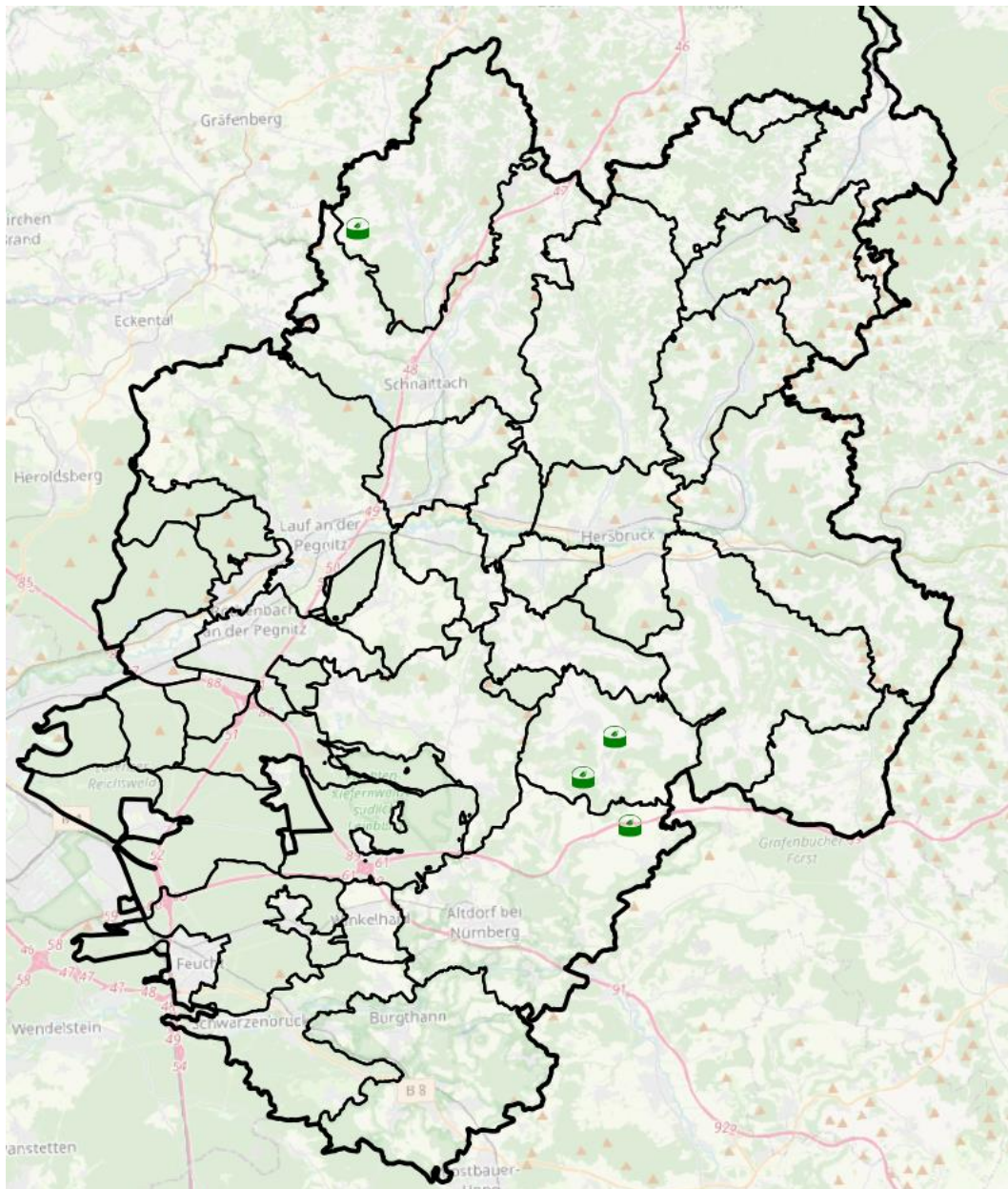


Abbildung 18: Standorte bestehender Biogasanlagen im Landkreis

Für die Abstimmung möglicher Ausbaupotenziale wurde die fachliche Expertise des für das Nürnberger Land zuständigen AELF Roth-Weißenburg i.Bay. hinzugezogen. Abhängig von der Entwicklung landwirtschaftlicher Betriebe im Landkreis und klimatischer Effekte auf die Erträge aus bestehenden landwirtschaftlichen Flächen, könnten den ersten Einschätzungen nach maximal 20 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen nachhaltig zum Anbau von Energiepflanzen herangezogen werden. Hinzu kommen Potenziale aus der energetischen Verwertung von Gülle, Klärschlamm und biogenen Abfallstoffen. So ergibt sich ein rechnerisches Gesamtpotenzial zum Betrieb von Biomasse-KWK-Anlagen mit einer jährlichen Stromerzeugung von ca. 85.633 MWh.

Holzvergaser-Anlagen bzw. Heizkraftwerke auf der Basis von holzartiger Biomasse sind im Ausbaupotenzial zu Biomasse-KWK nicht mit enthalten. Es ist anzunehmen, dass der Hauptteil der zur Verfügung stehenden Biomasse Holz (wie bisher) in klassischen Verbrennungsprozessen und nicht in Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozessen verwendet wird. Somit sind die diesbezüglich analysierten Stoff- und Energiemengen in der Kategorie Energieholz enthalten (Kapitel 4.5.3.1).

Im Ist-Zustand erzeugen die Biomasse-KWK-Anlagen im Landkreis jährlich rund 10.035 MWh. Dementsprechend hoch ist das rechnerische Ausbaupotenzial im Nürnberger Land. Es muss aber im Zuge dessen auch beachtet werden, dass die Versorgung von Biogasanlagen mit Substrat in der Praxis auch über die Grenzen der Gemeinden und Landkreise hinweg erfolgt und somit auch Substrat aus dem Nürnberger Land anderorts bereits genutzt sein kann. Auch die wirtschaftliche Situation wurde mit den mittlerweile vorliegenden Förderkriterien und Rahmenbedingungen erschwert und so der Zubau insbesondere von Biogasanlagen stark ausgebremst bzw. nahezu zum Erliegen gebracht.

Im Bereich der Abwärmenutzung zeigt sich, dass die Abwärme bisher nur teilweise hochwertig (z.B. in Wärmenetzen) genutzt wird. Aus der Rückmeldung auf die versandten Fragebögen und aus den Gesprächen mit den Vertretern der Kommunen konnte identifiziert werden, dass Potenzial an Wärmeauskopplung aus den bestehenden Anlagen durchaus noch gegeben ist. Ein hoher Anteil der Wärme wird aktuell für Trocknungsprozesse (Mais, Holz, Klärschlamm) eingesetzt. Wieviel der Wärme genau, ließ sich aus der vorhandenen Datenbasis nicht beziffern.

Insgesamt ist bei den ermittelten Gesamtpotenzialen das Auskoppeln von rund von 66.272 MWh Wärme möglich (dabei wurde ein Anteil Eigenbedarf zur Fermenter-Beheizung bereits abgezogen), welche insbesondere bei Nutzung in Wärmenetzen einen wertvollen Beitrag leisten kann fossile Energieträger wie Öl und Gas zu ersetzen. Vielerorts in Bayern lässt sich feststellen, dass Biogasanlagen hinsichtlich einer sinnvollen Wärmenutzung eher deplatziert errichtet wurden. Bei Neuanlagen müsste

verstärkt ein Augenmerk auf eine intelligente Verortung für eine sinnvolle Einbindung der Abwärmennutzung und somit auch zur maximal effizienten Ausnutzung des Energiegehalts der eingesetzten Substrate geachtet werden.

In Bayern ist allgemein festzustellen, dass bestehenden Biogasanlagen Perspektiven geboten werden müssen, um weiter kostendeckend betrieben werden zu können. Der Weiterbetrieb ist im Kontext des erneuerbaren Energiemix' von großer Bedeutung, da sie – anders als die 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. Andererseits sehen Behörden und Fachverbände auch als wichtige zukünftige Anforderung die Verbesserung der Flächeneffizienz von Biogasanlagen. So wird zukünftig auch verstärkt eine Nutzung von biogenen Abfallstoffen angestrebt.

#### **4.5.4 Windkraft**

Im Bilanzjahr 2019 waren acht Groß-Windkraftanlagen im Landkreis Nürnberger Land installiert, die rund 39.853 MWh an Strom produziert haben.

Für die Potenzialanalyse im Bereich Windkraft wurde auf die „Gebietskulisse Windkraft“ des Bayerischen Landesamts für Umwelt aus dem Jahr 2016 zurückgegriffen. Die Gebietskulisse Windkraft bietet eine Erstbewertung windhöffiger Gebiete aus umweltfachlicher Sicht hinsichtlich ihrer Eignung als Potenzialflächen zur Windenergienutzung. Sie ersetzt nicht die immissionsschutzrechtliche Genehmigung. Ein Rechtsanspruch (etwa auf eine Genehmigung) lässt sich daraus nicht ableiten. Die sog. „10H-Regelung“ und die kommunale Planungshoheit bleiben davon unberührt.

Darüber hinaus wurde auch der Faktor Denkmalschutz mit berücksichtigt. Zwar gibt es in Bayern keine pauschalen Abstandsregularien in Verbindung mit z.B. Bodendenkmälern, jedoch haben die Denkmalämter bei Vorhaben im Einzugsgebiet von Denkmälern auch Mitsprache im Rahmen der Genehmigungsprozesse. Um den Einfluss etwaiger Einschränkungen durch den Denkmalschutz aufzuzeigen, wurde die Flächenkulisse zusätzlich mit einem an anderen Bundesländern orientierten Abstandsfaktor von 500 m versehen. Beide Szenarien sind in Abbildung 19 dargestellt.

Mit dem Thema Landschaftsschutzgebiet wurde in dieser Betrachtung analog zu der in Kapitel 4.5.1.4 im Zusammenhang mit Freiflächen-Photovoltaik geschilderten Vorgehensweise verfahren.

Kombiniert wurden diese definierten Abstandregularien mit dem technischen Faktor der sogenannten Windleistungsdichte. In der Praxis lässt sich ein Wert von rund  $200 \text{ W/m}^2$  in einer Höhe von 140 m als Orientierung für ein Mindest-Windangebot zur Realisierung eines Windkraftprojekts annehmen. Prognosen für die vorherrschende Windleistungsdichte werden vom LfU veröffentlicht, sie ersetzen aber keine Messung am jeweiligen Standort. Die zuvor beschriebenen Ausschlussflächen in Kombination mit der Mindest-Windleistungsdichte ergeben somit folgendes Bild für den Landkreis Nürnberger Land.

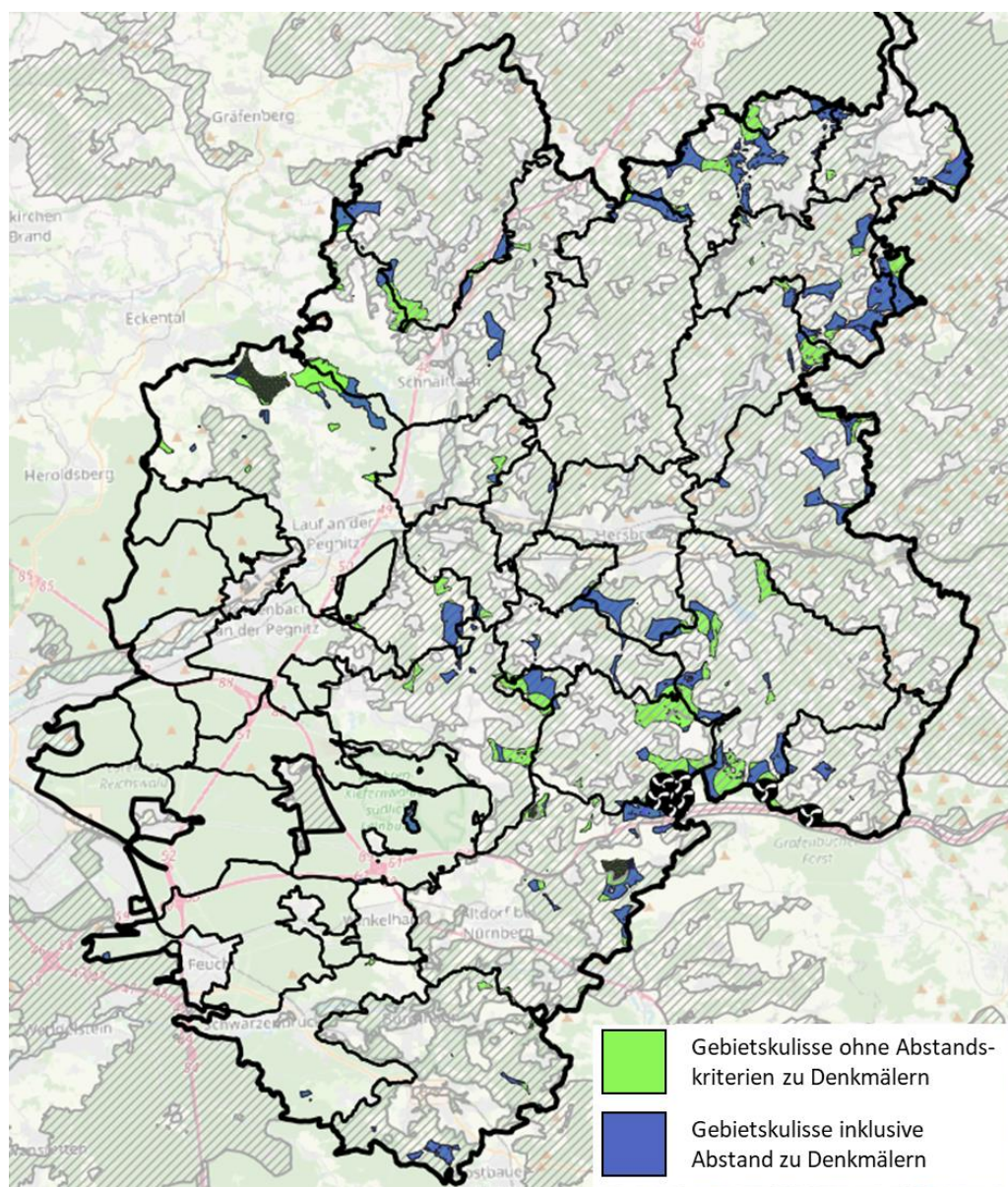


Abbildung 19: Übersicht potenziell nutzbarer Gebiete für Windkraftanlagen

Idealerweise ergäbe sich somit eine mögliche, nutzbare Flächenkulisse von rund 4.700 ha. Wird der geschilderte Faktor Abstand zu Denkmälern mit einbezogen, so verblieben noch ca. 2.700 ha.

Die Anzahl der tatsächlichen Anzahl von Standorten innerhalb dieser Flächenkulisse ist nur näherungsweise zu beziffern, da für den jeweiligen Abstand der Windkraftanlagen untereinander Faktoren wie Haupt- und Nebenwindrichtung relevant sind, über die keine Datengrundlage vorliegt. So wurde eine Annäherung getroffen, indem ein Raster mit einem jeweiligen Abstand von 750 m über die Karte gelegt wurde. Es ergaben sich so rund 100 potenzielle Standorte innerhalb der ermittelten Flächenkulisse. Würde der angesetzte Abstand zu Denkmälern hinzugezogen, also der Ansatz konservativ gewählt werden, so würden sich rund 60 Standorte innerhalb der ermittelten Flächen ergeben. Dieser Ansatz wurde dann in Abstimmung mit der Steuerungsrunde für das Aufstellen der Entwicklungsszenarien herangezogen.

*Hinweis: 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 Landkreis definiert werden.*

*Hinweis: 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.*

#### **4.5.5 Heizstrom**

In den Bereich Heizstrom als ein derzeit enorm an Bedeutung gewinnender Energieträger im Wärme-Sektor fallen Power-to-Heat-Anlagen sowie vor allem die Wärmepumpen. Diese stellen die Wärme lokal emissionsfrei zur Verfügung. Im Gegensatz zu den in 4.5.6 beschriebenen Potenzialen oberflächennaher Geothermie ist der Einsatz von Luft-Wärmepumpen nahezu überall möglich. Bei Nutzung von Grünstrom kann sogar die komplette Prozesskette als regenerativ betrachtet werden.

Bundespolitisch wurde daher die Vorgabe [BMWi] formuliert, dass bis zum Jahr 2030 in den ca. 16 Millionen deutschen Einfamilienhäusern 6 Millionen Wärmepumpen installiert sein sollen. Dieses Ziel wird für das Entwicklungsszenario übernommen, indem die Anzahl der Wärmepumpen, die anteilig an die-



sem Ziel in einer Gemeinde installiert werden müssten, ermittelt und deren Verbräuche bzw. Wärmebereitstellung in die Bilanzen übernommen werden. Demnach müssten bis 2030 beispielsweise im Landkreis Nürnberger Land ca. 15.000 Wärmepumpen installiert sein.

Im Ist-Zustand liegt die Zahl der Heizstrom-Abnehmer bei rechnerisch ca. 3.500 Stück. Die Anzahl ist nicht exakt zu beziffern, da einige EVU zwar die Strommenge angegeben, aber keine Angabe zur Anzahl der Heizstrom-Verbrauchsstellen gemacht hatten. Für die darauffolgenden zehn Jahre bis 2040 wird im Entwicklungsszenario angenommen, dass der bis 2030 erreichte Wärmepumpen-Bestand verdoppelt werden kann.

#### **4.5.6 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

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

Die Tiefengeothermie nutzt Erdwärme auf hohem Temperaturniveau in Tiefen ab 400m. Eine Quantifizierung dieses Potenzials ist im Rahmen des Energienutzungsplans nicht möglich.

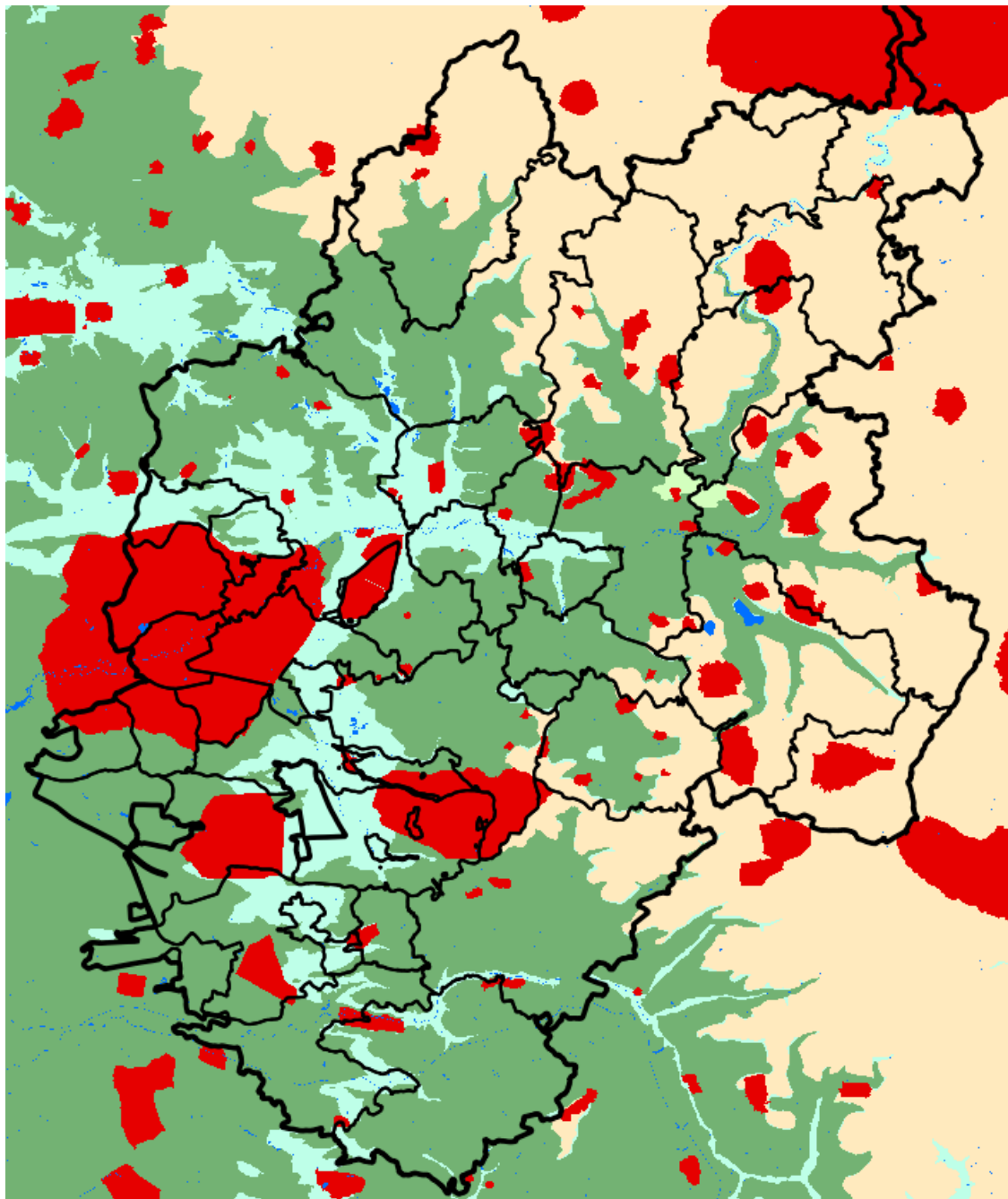
## Potenzialermittlung Oberflächennahe Geothermie

Zur Ermittlung der Potenziale oberflächennaher Geothermie wurde auf hydrogeologische Daten des Geologischen Dienstes des Landesamtes für Umwelt zurückgegriffen. In Abbildung 20 ist die Standortteignung oberflächennaher Geothermie im Landkreis dargestellt. Es zeigt sich, dass viele Gebiete im Landkreis grundsätzlich für die Nutzung oberflächennaher Geothermie geeignet erscheinen. Größere Bereiche im Osten des Landkreises sind aber diesen Analysen nach ausschließlich für das Nutzen der oberflächennahen Geothermie mittels Kollektoren, aber nicht für das Legen von Sonden, geeignet. Zudem zeigen diese Analysen, dass einzelne Gemeinden im Westen wie z.B. Schwaig, Rückersdorf oder die Stadt Röthenbach zum großen Teil aufgrund des Gewässerschutzes nicht für die Nutzung von Geothermie geeignet scheinen.

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 der energetische Zustand des Gebäudes sowie das im Gebäude zum Einsatz kommende Wärmeabgabesystem ausschlaggebend für die Nutzung oberflächennaher Geothermie. Auf die Ausweisung bzw. Quantifizierung eines Gesamtausbaupotenzials für die Kommunen wurde verzichtet, da für den Einsatz oberflächennaher Geothermie immer eine Einzelfallprüfung auf Basis der tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort notwendig ist.

Der Einsatz von Wärmepumpen kann künftig einen wesentlichen Beitrag zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten, wenn der für den Betrieb der Wärmepumpen notwendige Stromeinsatz aus regenerativen Energieformen erfolgt. Aus diesem Grund ist der weitere Ausbau der regenerativen Stromerzeugung wichtig, um diese Stromüberschüsse durch den Einsatz von Wärmepumpen regional nutzen zu können und den Bedarf an Heizöl und Erdgas zu mindern (Sektorenkopplung). Der weitere Ausbau von Wärmepumpensystemen könnte z.B. über Informationskampagnen forciert werden.



- Erdwärmekollektoren, -sonden und Grundwasserwärmepumpen
- Erdwärmekollektoren und -sonden
- Erdwärmekollektoren und Grundwasserwärmepumpen
- Erdwärmekollektoren
- nicht möglich (Wasserschutzgebiet)
- nicht möglich (Gewässer)

Abbildung 20: Oberflächennahe Geothermie – Standorteignung

#### **4.5.7 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.

## 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 2019. 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 ein vergleichender Blick auf die Zusammensetzung von Bedarf und Erzeugung im Ziel-Jahr 2040 geworfen

## 5.1 Bedarf

Abbildung 21 zeigt die Entwicklung des Energiebedarfs ausgehend vom Ist-Zustand im Jahr 2019, über das Jahr 2030 bis hin zum gesetzten zeitlichen Horizont 2040. Dabei wird der Energiebedarf aller Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. Im Zuge der Sektorkopplung 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.

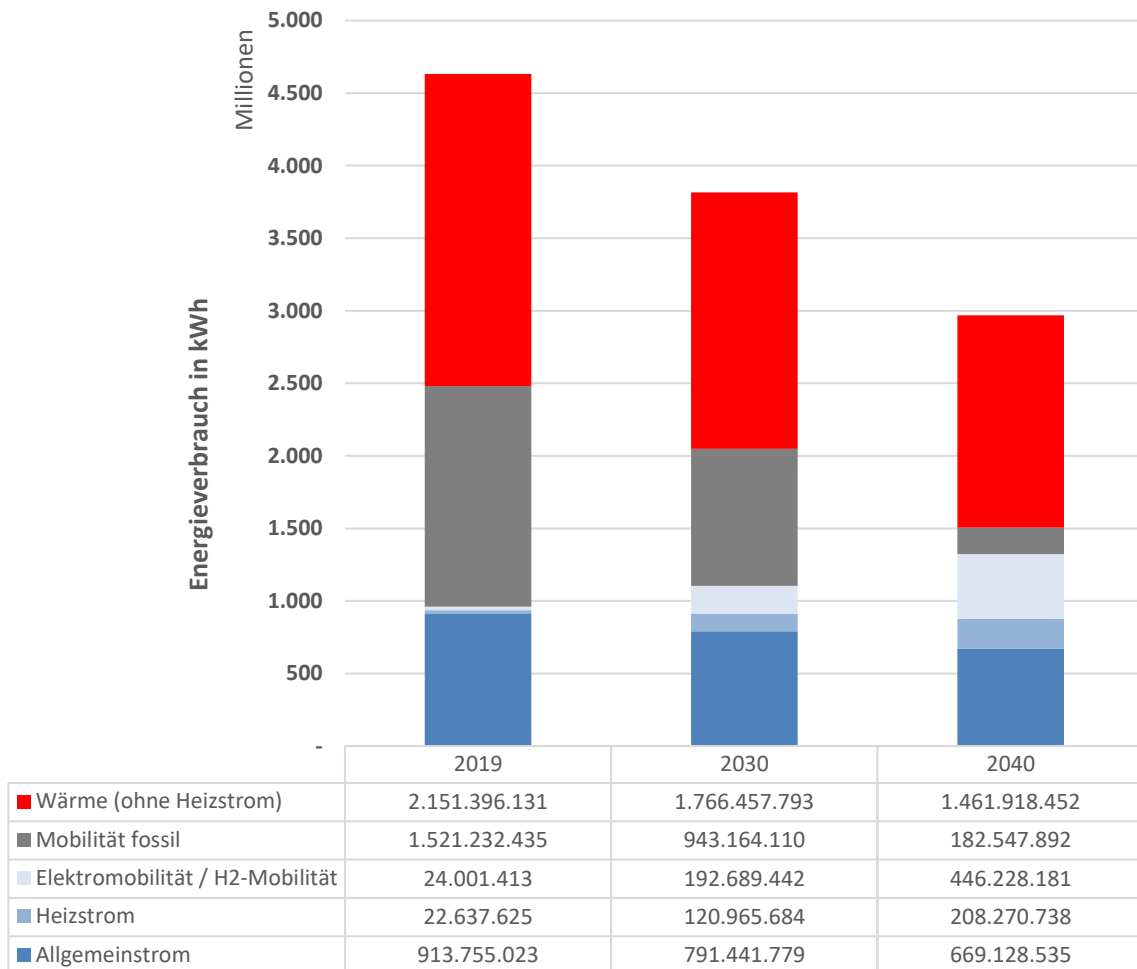


Abbildung 21: Energieszenario 2019 bis 2040 – Auswirkungen der Energieeinsparung und der Transformationsprozesse durch Elektrifizierung

So zeigt sich auf der Bedarfs-Seite die Auswirkung der in Kapitel 4.2 und 0 geschilderten Einspar- und Transformationsprozesse. Auf der einen Seite ist eine deutliche Einsparung über alle Sektoren hinweg festzustellen. Insgesamt beträgt die Einsparung 1.664.929 MWh bzw. 36 %. Die Einsparung resultiert vor allem auf Basis der Reduktion des Energiebedarfs im Sektor Mobilität, welche wiederum vor allem auf die Transformation hin zu effizienteren, elektrifizierten Antriebstechnologien zurückzuführen ist.

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. Durch die verstärkte Elektrifizierung der Sektoren steigt der Strombedarf um 363.233 MWh bzw. 38 %. 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 moderat-ambitioniert definiert (Szenario 1). Aus den in Kapitel 4.5 ermittelten technischen Potenzialen im Bereich erneuerbarer Energien, die im Landkreis 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 da eine Flächenkonkurrenz zwischen der landwirtschaftlichen Nutzung der in Frage kommenden Flächen und der Solarstromgewinnung besteht. So wird beispielsweise aus dem hohen vorhandenen technischen Potenzial im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik lediglich eine Teilmenge von 15 % als zu erschließen angesetzt. Dies entspräche einem Anteil an der gesamten landwirtschaftlichen Fläche im Landkreis von 3,5 % und orientiert sich somit auch an Erfahrungswerten, die in anderen Landkreisen und Gemeinden zuletzt in gemeinsamer Abstimmung mit den Akteuren gemacht wurden.

Bei der Betrachtung von Windkraft konnten, wie in Kapitel 4.5.4 beschrieben, auch mit konservativer Herangehensweise Flächenpotenziale ermittelt werden, die Standortmöglichkeiten für rund 60 Windkraftanlagen bieten. Hiervon wiederum werden im ersten Schritt 25 Stück als mittelfristig zu erschließen in den Ausbaupfad mit integriert.

In Abstimmung mit den Akteuren vor Ort wird darüber hinaus ein Szenario gezeichnet, welche bis zum Zieljahr 2040 zu einer tatsächlichen bilanziellen Eigenversorgung des Landkreises aus regionalen erneuerbaren Energien führen kann (Szenario 2). Hierfür müssten die zu erschließenden Teilmengen aus den vorhandenen technischen Gesamt-Potenzialen größer und der Ausbaupfad damit noch ambitionierter gestaltet werden.

Die nachfolgende Tabelle 5 zeigt die getroffenen Annahmen für beide Szenarien. Sie zeigt zu welchem Grad die in den Kapiteln zuvor geschilderten technischen Ausbaupotenziale in das Skizzieren der möglichen Entwicklungspfade einbezogen wurden.

*Tabelle 5: Die den Ausbaupfaden zu Grunde liegende Erschließungsgrade der technischen Potenziale*

	<b>Szenario 1</b>		<b>Szenario 2</b>
Photovoltaik Aufdach	80 %		95 %
Photovoltaik Freifläche	15 %		25 %
Windkraft	25 Stk.		35 Stk.
Biomasse-KWK	90 %		90 %
Biomasse Holz	80 %		80 %
Wasserkraft	100 %		100 %



## 5.2.1 Szenario 1

Abbildung 22 zeigt die Entwicklung der Energiemengen aus den geschilderten Energiequellen ausgehend vom Ist-Zustand (Jahr 2019) über das Jahr 2030 bis zum Zieljahr 2040.

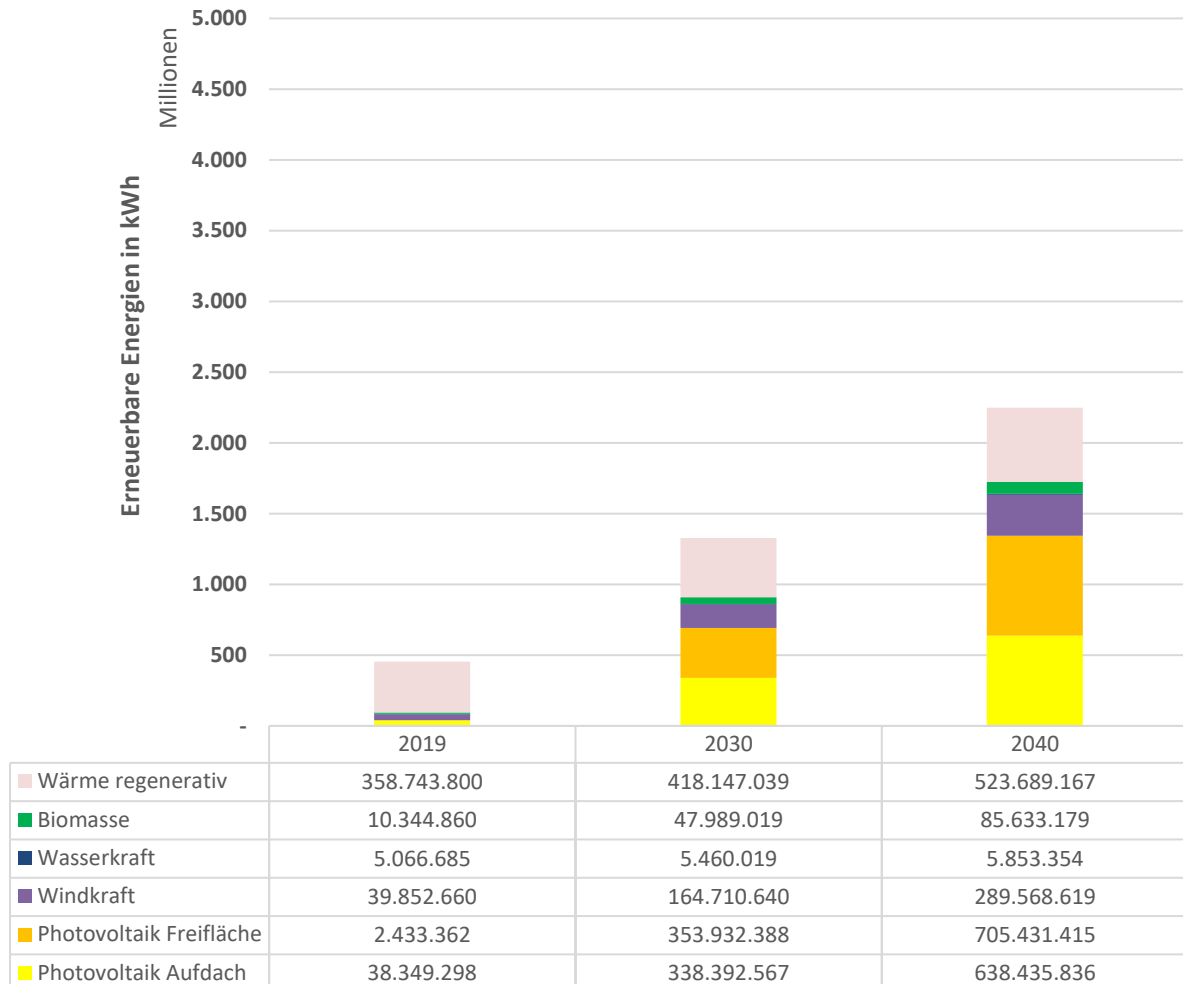


Abbildung 22: Energieszenario 2019 bis 2040 (1) – Ausbauszenario erneuerbarer Energien

Man erkennt insbesondere das Potenzial in den Bereichen Photovoltaik (Aufdach), Freiflächen-Photovoltaik und Windenergie. Bei Erschließen der Potenziale zu dem zuvor geschilderten Grad, könnte die Menge erneuerbarer Energien von aktuell 454.791 MWh auf rund 2.246.396 MWh im Jahr 2040 gesteigert werden. Das entspräche einem Ausbau um 394 %.

### Gesamtbild im Jahr 2040

Bedarf und Erzeugung im Jahr 2040 herausgegriffen und gegenübergestellt, ergibt sich das in Abbildung 23 dargestellte Verhältnis aus den jeweiligen Verbrauchssektoren und den regenerativ, regional bereitgestellten erneuerbaren Energie-Mengen.

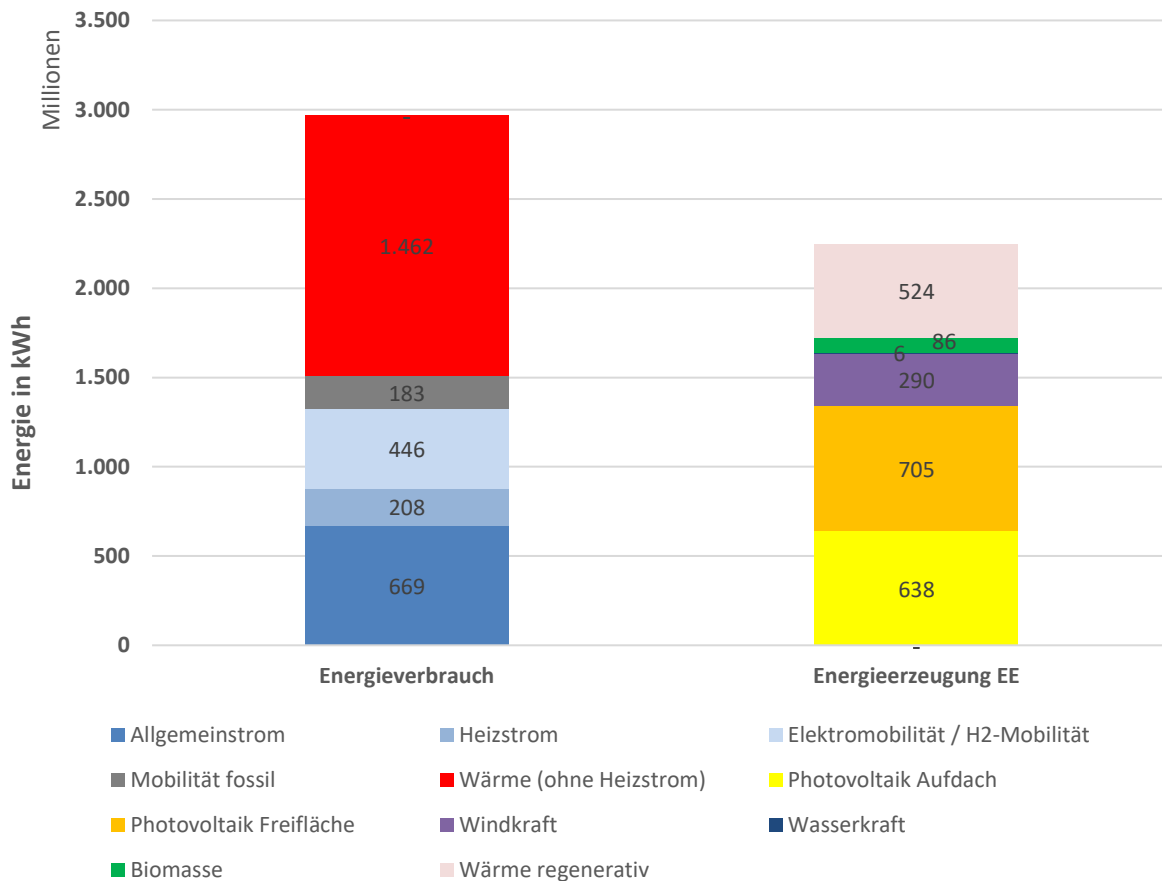


Abbildung 23: Energieszenario 1 im Jahr 2040 – Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der erneuerbaren Energien

Es ist zu erkennen, dass bei Beschreiten des ersten skizzierten Ausbaupfads im Zieljahr 2040 eine Differenz verbleibt zwischen dem Bedarf im Landkreis und dem was rein regional an erneuerbaren Energien bereitgestellt werden würde. Die Differenz beträgt rund 721.698 MWh. Wichtig dabei: Bilanzraum ist einzig der Landkreis Nürnberger Land. Dementsprechend ist diese Erkenntnis nicht so zu interpretieren, dass in diesem Szenario Schwierigkeiten bei der Energieversorgung zu erwarten wären, sondern in erster Linie so, dass die erforderliche (regenerative) Energie nicht direkt vor Ort generiert würde, sondern außerhalb des Bilanzraums erzeugt und „importiert“ werden müsste.

Für eine tatsächliche, bilanzielle Energieneutralität des Landkreises wäre dementsprechend ein noch ambitionierterer Ausbaupfad an erneuerbaren Energien zu beschreiten (Szenario 2). Weitere Ansatzpunkte wären zudem:

- ein überdurchschnittlich hohes Maß an Energieeinsparung, vor allem beim Wärmebedarf (Gebäudesanierung oder elektrifizierte Alternativen bei der Prozesswärme-Bereitstellung)
- Nutzung von Abwärmequellen für das Speisen von Fernwärmenetzen
- Eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz, insbesondere bei industriellen Prozessen

### 5.2.2 Szenario 2

Wie zuvor gesehen, kann unter den Rahmenbedingungen des Entwicklungspfades „Szenario 1“ bilanziell nicht ausreichend regenerative Energie vor Ort gewonnen werden, um den rechnerischen Energiebedarf des Landkreises rein aus lokalen Quellen zu decken. Es würde also auch bilanziell weiterhin das Erfordernis bestehen, Energie von außerhalb des Bilanzraums zu importieren.

Das Ausrichten des Ausbaupfads auf eine letztliche Energieneutralität der Region ist verbunden mit einer noch ambitionierteren Ausgestaltung der Zielstellung (siehe Tabelle 5). So werden in diesem Szenario beispielsweise die Ausbauziele im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik höher angesetzt. Die Annahme beinhaltet, dass 25 % des technischen Potenzials erschlossen werden. Die dafür erforderliche Fläche beträgt, bezogen auf die bestehende landwirtschaftliche Fläche im Landkreis, rund 6 %. In diesem Zusammenhang werden zukünftig auch Agri-PV-Anlagen eine bedeutendere Rolle spielen, die gewissem Rahmen eine Doppelnutzung landwirtschaftlicher Flächen (Photovoltaik und Anbau) ermöglichen.

Dazu bieten die ermittelten Windkraft-Potenziale ebenfalls einen höheren Erschließungsgrad. So wurden hier von dem bereits tendenziell konservativ ermittelten Potenzial von 60 Anlagen 35 in das Bild mit integriert.

Zwischen diesen beiden Stellschrauben besteht die größte Möglichkeit zu variieren.

Mit dem geschilderten Anpassen der Erschließungsgrade der technischen Potenziale ergibt sich im Zieljahr 2040 die in Abbildung 24 dargestellte Konstellation.

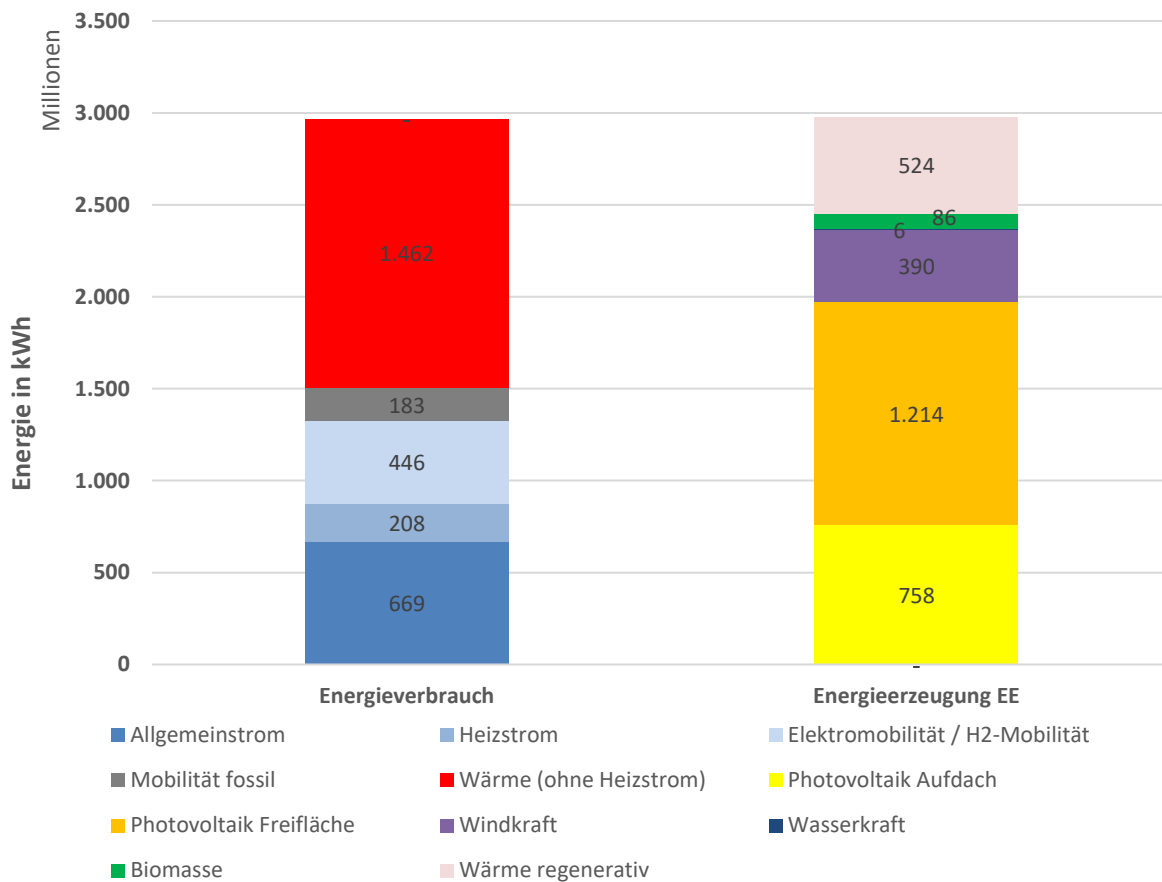


Abbildung 24: Energieszenario 2 im Jahr 2040 – Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der erneuerbaren Energien

Der Energiebedarf bleibt im Vergleich zum zuvor dargestellten Szenario identisch, die Erzeugung steigt durch die ambitionierter formulierten Ausbauziele im Vergleich um 32 % auf rund 2.974.927 MWh. So kann der Energiebedarf zu etwas mehr als 100 % aus nachhaltigen Quellen innerhalb des Landkreises gedeckt werden.

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 abzubilden.

Zudem handelt es sich, wie geschildert, um eine bilanzielle Betrachtung. 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 (Beispiel: Pumpspeicher Happurg). 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 CO<sub>2</sub>-Reduktions- und Klimaschutzpotenzialen, die mit dem generellen Ausbau der Erneuerbaren gehoben werden, weitere wirtschaftlich und gesellschaftspolitisch positive Effekte auftreten.

So kann eine dezentrale Erzeugerstruktur, speziell in Verbindung mit Eigenverbrauch und Sektorenkopplung, helfen das vorhandene Übertragungsnetz zu schonen. 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**

Ein Kernziel des digitalen Energienutzungsplans ist die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkatalogs, der konkrete Handlungsempfehlungen für die einzelnen Kommunen des Landkreises und den Landkreis selbst aufzeigt. Die Maßnahmenkataloge für die 27 Landkreiskommunen wurden individuell mit jeder Kommune, während der Regionalkonferenzen, ausgearbeitet und übermittelt. Sie können zum Teil personenbezogene Daten und Informationen enthalten und sind daher zusammen mit den Gemeindesteckbriefen im nichtöffentlichen Teil des Abschlussberichts enthalten.

## **7 Detailprüfung eines Pilotprojekts aus dem Maßnahmenkatalog**

Auf Basis der für die einzelnen Kommunen ausgearbeiteten Maßnahmenkataloge, wurde im Rahmen des Energienutzungsplans ein ausgewähltes Pilotprojekt detailliert untersucht.

Die Projektidee der Gemeinde Rückersdorf rund um das Schulzentrum einen Wärmeverbund aus einzelnen kommunalen und kirchlichen Liegenschaften zu errichten, bildet ein typisches Szenario ab, wie es in vielen Gemeinden vorzufinden ist. Zudem konnte der Bereich im Wärmekataster als Gebiet mit erhöhter Wärmedichte identifiziert werden und zeigt somit auch die praktische Anwendbarkeit des im Rahmen des Energienutzungsplans geschaffenen gebäudescharfen Wärmekatasters.

Das Projekt repräsentiert die konkreten, aus dem Energienutzungsplan hervorgehenden Einzelmaßnahmen. Die Erkenntnisse können für zahlreiche weitere Kommunen im Landkreis als Musterbeispiel dienen.

### **7.1 Einleitung und Überblick**

Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurde die Wirtschaftlichkeit eines Nahwärmenetzes und der zugehörigen Wärmeversorgung in der Gemeinde Rückersdorf im Bereich des Steinbruchweges untersucht. Hier befinden sich u.a. eine Grundschule, welche auch eine Wohnung beinhaltet, Kindergärten in Liegenschaften der Gemeinde sowie ein Pfarrzentrum, in welchem sich derzeit ebenfalls einen Kindergarten/Kinderhort befindet, und die Kirche St. Martin. Aktuell werden die Liegenschaften der Kommune mittels Erdgaskessel und die Liegenschaften der Kirche mittels Heizöl-Anlagen versorgt.

In dieser Machbarkeitsstudie soll ein thermischer Zusammenschluss dieser vier Gebäude mittels eines neu zu errichtenden Wärmenetzes inkl. ebenfalls neu zu errichtender Heizzentrale wirtschaftlich und ökologisch untersucht werden.

Die Bundesregierung hat im Rahmen des Klimaschutzgesetzes 2021 eine Treibhausgasneutralität bis 2045 sowie eine Einsparung dieser von 65 % bis 2030 vorgeschrieben. Ein großer Anteil der Emissionen entfällt auf den Sektor der Wärmebereitstellung. In diesem Zusammenhang soll die geplante Wärmeversorgung auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigen und im Entscheidungsprozess Einfluss nehmen.

## 7.2 Beschreibung des Anschlussgebiets

Ausgehend von einer neu zu errichtenden Heizzentrale im Waldstück zwischen Pfarrzentrum und Kirche (blau eingerahmt) sollen die in Abbildung 25 gelb markierten Gebäude zukünftig mit Wärme versorgt werden. Die rot eingezeichneten Linien bilden schematisch den möglichen Trassenverlauf der neu zu verlegenden Wärmeleitungen ab.

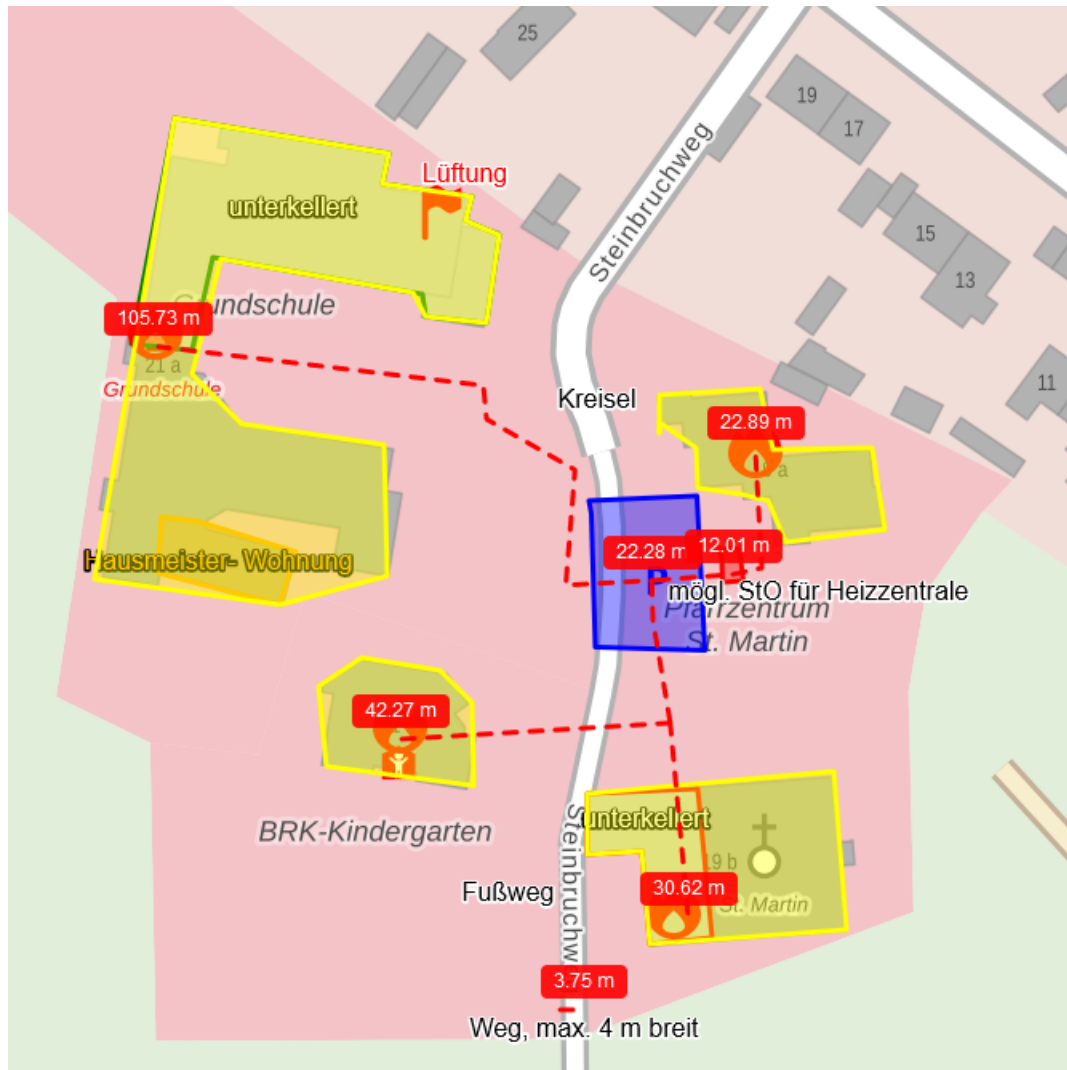


Abbildung 25: geplantes Wärmenetz Rückersdorf [Quelle: <https://geoportal.bayern.de/bayernatlas>; Bearbeitung: IfE]



### 7.3 Abschätzung Energiebedarf

Zur Ermittlung des Gesamtwärmeenergiebedarfs der Liegenschaften wurden folgende Datengrundlage herangezogen:

- Abrechnungsunterlagen der letzten 3 Jahre (teilweise nicht vollständig) bzgl. der Erdgas- und Heizölverbräuche
- Aussagen des Liegenschaftspflegers

Die angegebenen Erdgas- und Heizölverbräuche wurden in Wärmeenergie umgerechnet und so der jährliche Wärmeenergieverbrauch der anzuschließenden Gebäude ermittelt.

Zusammengefasst ergibt sich ein gerundeter Wärmeenergiebedarf von 719.000 kWh<sub>th</sub>/a, welcher für die weiteren Betrachtungen herangezogen wird. Ein Warm-Wasser-Bedarf ist hierbei nicht beinhaltet, da die Gebäude allesamt (soweit besichtigt und in Erfahrung gebracht werden konnte) über Elektroboiler verfügen.

### 7.4 Trassendimensionierung

Wie in Abbildung 25 bereits zu sehen ist, werden die Wärmeleitungen ausgehend von der Heizzentrale (blauer Kasten) zu den Gebäuden verlegt. Die Dimensionierungen und Leitungslängen können der nachfolgenden schematischen Zeichnung in Abbildung 26 entnommen werden.

## Heizzentrale im Wald zwischen Pfarrzentrum und Kirche

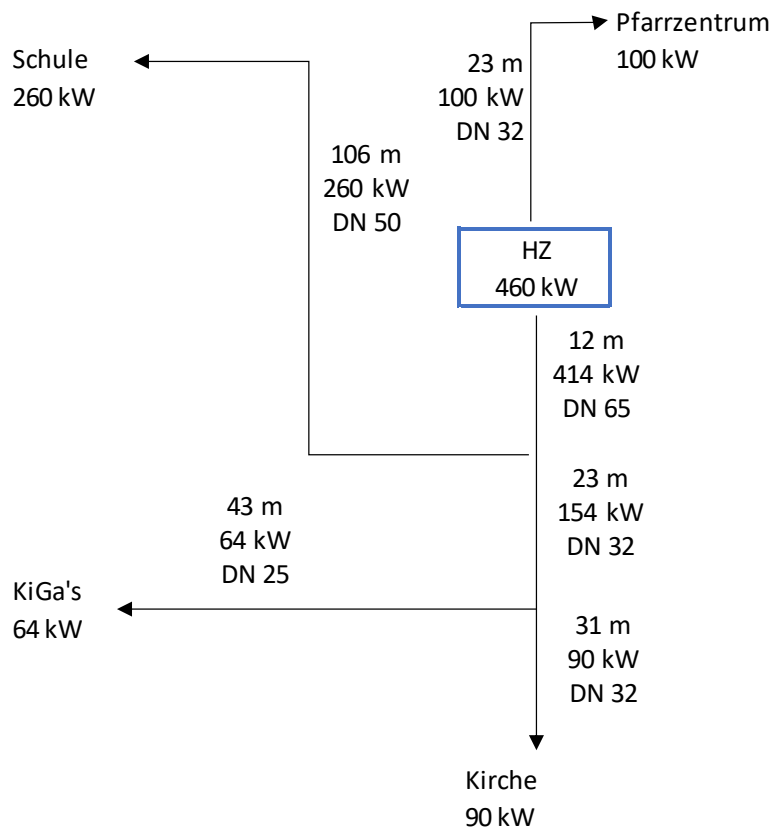


Abbildung 26: Schematische Darstellung des geplanten Wärmenetzes

Es ergibt sich in Summe eine Gesamtrassenlänge des Wärmenetzes von ca. 240 m. Mit dem Gesamtjahreswärmebedarf von rund 719.000 kWh beträgt die spezifische Wärmebelegungsdichte, also der jährliche Wärmeabsatz pro Meter Trasse, insgesamt etwa 3.000 kWh/Trm\*a. Damit ist eine wichtige Voraussetzung für viele Förderprogramme, nämlich eine Wärmebelegungsdichte von mehr als 500 kWh/Trm\*a, erfüllt.

Die ermittelten, jährlichen Wärmeverluste betragen nach einer ersten Schätzung ca. 15.000 kWh<sub>th</sub> unter der Voraussetzung, dass das Netz im Sommer – von Mitte Mai bis Ende August – außer Betrieb genommen wird. Bei der Vor-Ort-Begehung der einzelnen Liegenschaften wurde festgestellt, dass überall wo Warmwasserbedarf herrscht Elektroboiler installiert sind. Um Legionellen zu vermeiden, sollte die Wassertemperatur an den Abnahmestellen über 60 °C liegen. Um die vorhandenen Heizkörper in der Grundschule und dem Pfarrzentrum ausreichend versorgen zu können, werden Vorlauftemperaturen von rund 75 °C benötigt.

Es wird davon ausgegangen, dass das Wärmenetz mit einer Vorlauftemperatur von 90 °C und einer Rücklauftemperatur von 60 °C gefahren wird.

## 7.5 Technische Dimensionierung der Wärmeversorgung

Die notwendige Spitzenleistung der Wärmeerzeuger orientiert sich an der notwendig zu erzeugenden Wärmemenge im Netz unter Annahme von 1.600 Kesselvollbenutzungsstunden. Da die beiden großen Liegenschaften (Schule und Kirche) zu unterschiedlichen Zeiten genutzt/beheizt werden, ist davon auszugehen, dass eine Leistung von 460 kW ausreichend ist.

Die neue Wärmeversorgung soll zukunftssträchtig aufgebaut werden und somit so wenig CO<sub>2</sub>-Emissionen wie möglich aufweisen. Wärmeerzeuger, die mit Erdgas- oder Heizöl betrieben werden, wurden daher unter Rücksprache mit den entsprechenden Entscheidungsträgern im Vorfeld für das Wärmenetz ausgeschlossen. Lediglich die Referenzvariante, die kein Wärmenetz vorsieht, sieht eine Versorgung der Gebäude mit erdgasbetriebene Wärmeerzeugern vor.

Die weiteren Varianten beinhalten den Aufbau eines Wärmenetzes, dessen Heizzentrale im Gelände zwischen Kirche und Pfarrzentrum liegt. Im Nachgang an den Vor-Ort-Termin wurde eine Hackschnitzelnutzung aufgrund der beengten Anfahrtswege ausgeschlossen. Die Nutzung von Wasser-Wärmepumpen bzw. Erdkollektoren/-sonden etc. ist aufgrund der Lage im Wasserschutzgebiet der Gemeinde Rückersdorf nicht möglich. Eine reine Versorgung mit (Hochtemperatur-)Luft-Wärmepumpen wurde in Abstimmung mit der Gemeinde aufgrund der zu erwartenden enormen Kosten frühzeitig verworfen.

Folgende Wärmeversorgungsvarianten werden nachfolgend untersucht:

- **Variante 1.0 (Referenz):** Erneuerung bzw. Austausch der vorhandenen Wärmeerzeuger gegen vier neue Erdgaskessel; kein Wärmenetzaufbau
- **Variante 2.x:** Aufbau eines Wärmenetzes
  - **Variante 2.1:** zwei Pelletkessel
  - **Variante 2.2:** ein Pelletkessel und eine Luft-Wärmepumpe (Nutzung in der Übergangszeit)
  - **Variante 2.3:** ein Pelletkessel und eine Power-to-Heat-Anlage

Auf Grundlage der kalkulierten, mittleren Wärmebedarfswerte können mit Hilfe der Gradtagszahlen (Deutscher Wetterdienst) für den Standort Rückersdorf die monatlichen Wärmebedarfswerte rechnerisch ermittelt werden. Anhand dieser Monatswerte wird die geordnete Jahresdauerlinie (JDL) des

Wärmebedarfs erstellt. Die geordnete Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den späteren Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarf inkl. Trassenwärmeverluste (vgl. Abbildung 27).

Abbildung 27 stellt als sogenannte thermische Jahresdauerlinie den Verlauf der thermischen Leistung über die Stunden des Jahres dar. Durch die Abschaltung des Netzes in den Sommermonaten, ist auf der rechten Seite des Diagramms der deutliche Abfall und Verlauf gegen 0 zu erkennen. Der höchste Anforderungswert an den kältesten Tagen im Jahr ist auf der linken Seite des Graphen abzulesen. Dieser Anforderungswert stellt somit die näherungsweise bestimmte (keine detaillierte Heizlastberechnung der angeschlossenen Liegenschaften nach Norm), maximal benötigte Heizleistung im Netz dar. Diese sog. „Spitzenlast“ liegt in diesem Fall bei rund  $460 \text{ kW}_{\text{th}}$  thermischer Leistung, während der Sockel während den Betriebszeiten des Netzes, die sogenannte „Grundlast“, in etwa einem Anforderungsniveau von ca.  $40 \text{ kW}_{\text{th}}$  entspricht.

Zur vereinfachten Abbildung möglicher Energieversorgungssysteme werden die erhaltenen Leistungswerte der Größe nach geordnet und über alle Stunden des Jahres (8.760 h) hinweg eingetragen.

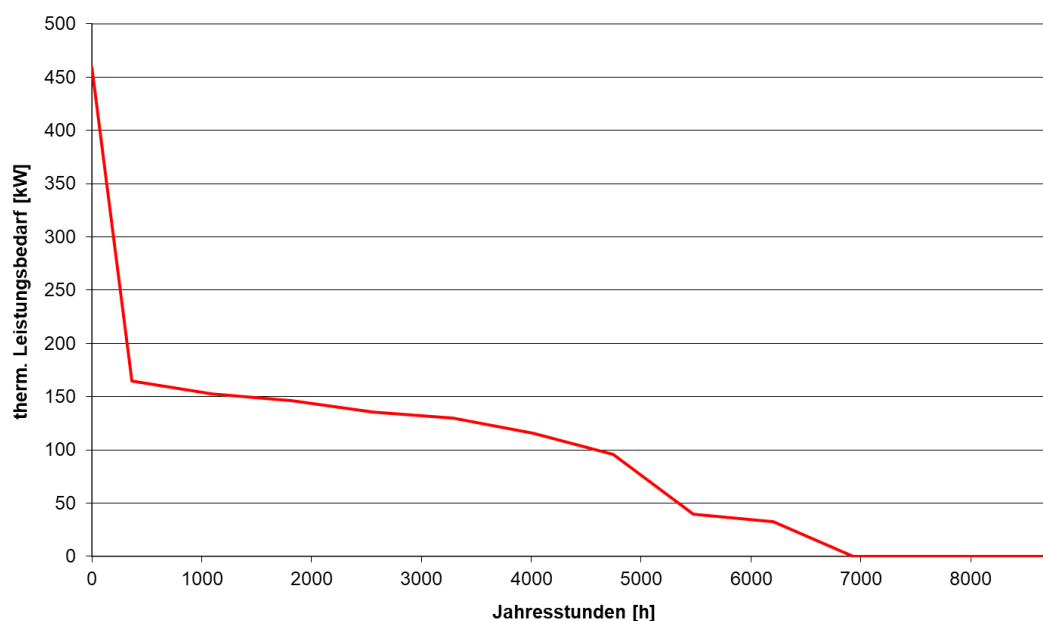


Abbildung 27: thermische Jahresdauerlinie Gesamtwärmenetz inkl. Trassenwärmeverluste

Werden Wärmeerzeuger in der Grafik flächendeckend eingetragen, kann auf die Laufzeiten und den Anteil an der Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger geschlossen werden. Die näherungsweise bestimmte zu installierende Spitzenleistung richtet sich nach Kennwerten der Kessel-

vollbenutzungsstunden und dem zugrundeliegenden Wärmebedarf inkl. Leitungsverluste. Diese Näherung beruht nicht auf einer Heizlastberechnung nach DIN 12831 und ersetzt somit nicht die technische Detailplanung.

Idealerweise sollten sich die betrachteten Heizanlagensysteme der Jahresdauerlinie grafisch annähern. Dies kann beispielsweise durch eine modulierende, getaktete oder modular aufgebaute Versorgungsanlage erreicht werden.

*Anmerkung:*

*In den anschließenden Abbildungen der Energieversorgungsvarianten werden die Energieerzeuger anhand der über das Jahr hinweg aufsummierten „Vollbenutzungsstunden“ eingetragen, d.h. die Betriebsstunden, die das jeweilige Aggregat bei Nennleistung betrieben wird, sind grafisch abgebildet (idealer Wirkungsgradbereich). Tatsächlich ist ein sogenanntes Takten bzw. eine Modulation der Leistung je nach Anlagentyp möglich. Die erzeugte Wärmemenge bei Nennleistung entspricht der benötigten jährlichen Energiemenge im Betrachtungsgebiet inkl. Leitungsverluste. Eine Wärmeversorgung ist somit zu jedem Zeitpunkt des Jahres gegeben. Grafisch ausgedrückt bedeutet dies, dass die Fläche unter der roten Linie der Leistungsanforderung und die Summe der Flächenanteile innerhalb der dargestellten Aggregate (Rechtecke) gleich ist.*

### **7.5.1 Variante 1.0 (Referenz): 4 Erdgaskessel; kein Wärmenetzaufbau**

Variante 1.0 stellt die Referenz dar, mit der alle weiteren Varianten verglichen werden. Sie entspricht keiner Empfehlung aufgrund einer Rangfolge o.ä..

Der Aufbau eines Wärmenetzes ist hier nicht vorgesehen, jedoch die Erneuerung bzw. der Austausch aller vorhandenen Wärmeerzeuger gegen Erdgaskessel.

Die gesamte Wärmeenergie wird durch insgesamt vier Erdgaskessel bereitgestellt.

### 7.5.2 Variante 2.1: zwei Pelletkessel

Wie in allen weiteren Varianten wird hier der Aufbau des zuvor in Kapitel 7.4 beschriebenen Wärmenetzes vorgesehen. Die Wärmeversorgung erfolgt über zwei Pelletkessel mit jeweils 230 kW.

Abbildung 28 zeigt die thermische Jahresdauerlinie inkl. der voraussichtlichen Netzverluste und die eingetragenen Wärmeerzeuger. Jeder der Pelletkessel erreicht jährlich rund 1.600 Vbh und erzeugt etwa 367.000 kWh<sub>th</sub>, entspricht 50 % des Wärmebedarfs.

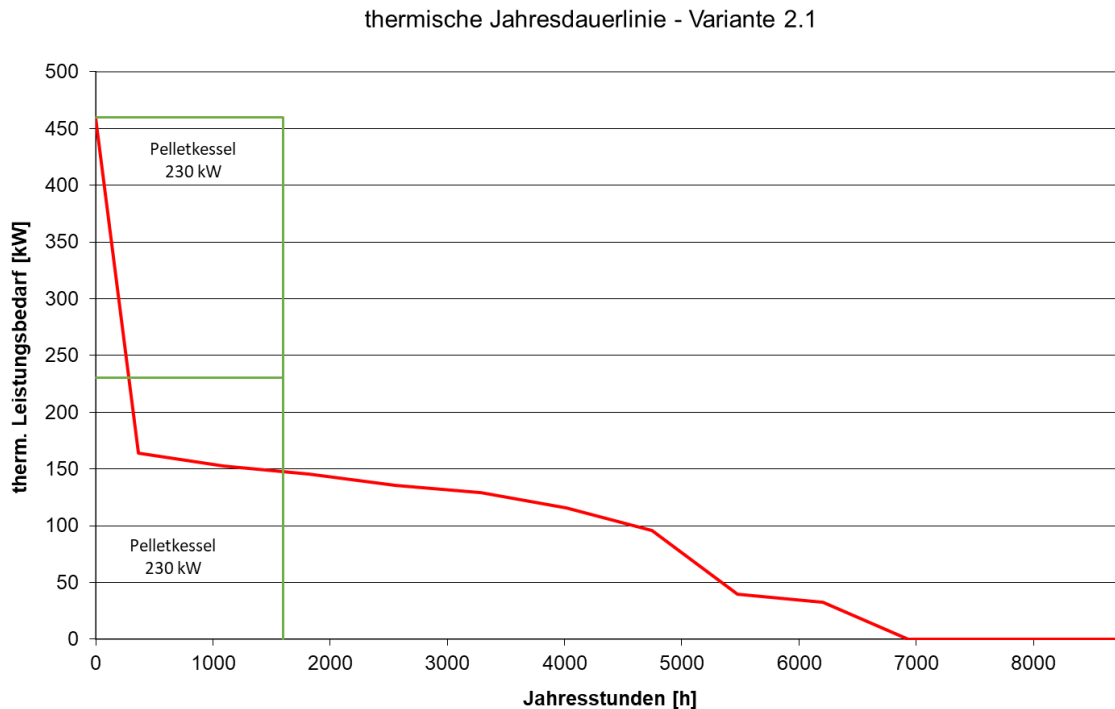


Abbildung 28: thermische JDL – Variante 2.1: zwei Pelletkessel

Nachstehende Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Da lediglich Pellets als Energieträger zum Einsatz kommen, werden 100 % der erzeugten Wärme durch erneuerbare Energien bereitgestellt.

Tabelle 6: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 2.1

Variante 2.1			733.882	
	Leistung [kW <sub>th</sub> ]	Volllaststunden [h]	Wärme [kWh]	Anteil
Pelletkessel	230	1.595	366.941	50%
Pelletkessel	230	1.595	366.941	50%
Gesamt			733.882	

### 7.5.3 Variante 2.2: ein Pelletkessel und eine Luft-Wärmepumpe

Bei Variante 2.2 wird die gesamte Wärmeenergie mittels eines Pelletkessels mit 230 kW und einer Luft-Wärmepumpe mit ebenfalls 230 kW bereitgestellt, wobei in den Übergangszeiten vorrangig die Wärmepumpe und in den Wintermonaten der Kessel und hier nur bei Bedarf die Wärmepumpe unterstützen soll. In Summe kann dadurch eine Spitzenlast von 460 kW<sub>th</sub> abgedeckt werden. Abbildung 29 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

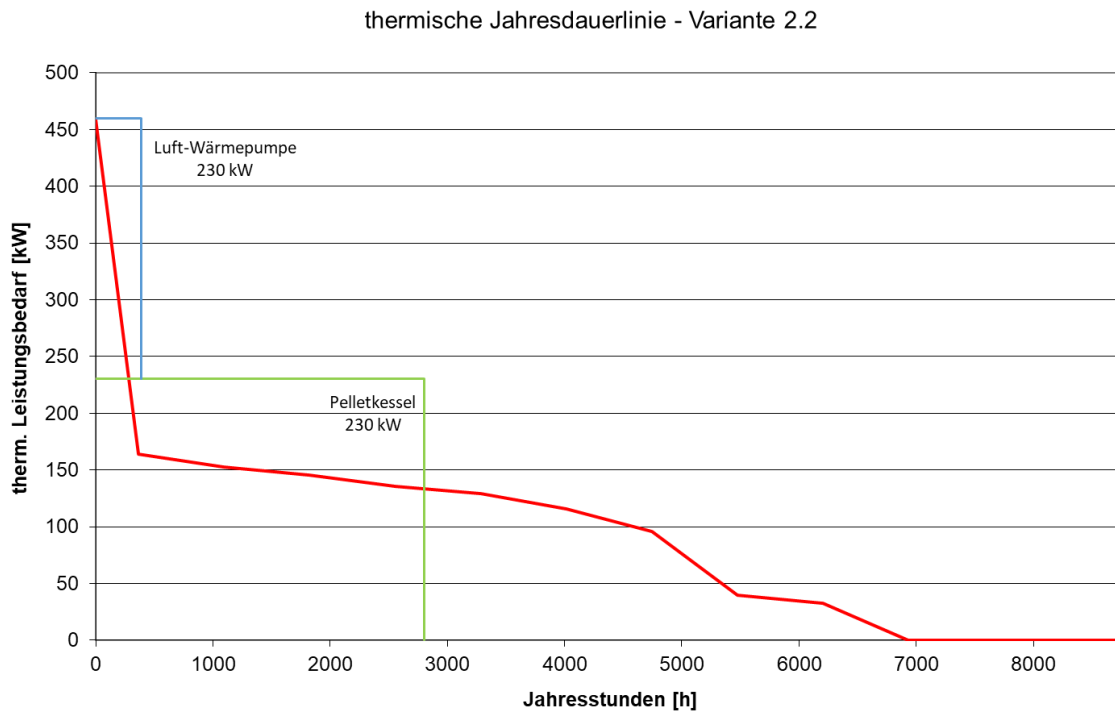


Abbildung 29: thermische JDl – Variante 2.2: ein Pelletkessel und eine Luft-Wärmepumpe

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung.

Tabelle 7: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 2.2

Variante 2.2				733.882	
	Leistung [kW <sub>th</sub> ]	Volllaststund. [h]	Wärme [kWh]	Anteil	
Pelletkessel	230	2.800	644.000	88%	
Luft-WP	230	391	89.882	12%	
Gesamt			733.882		

In der Praxis können die Vollbenutzungsstunden der Wärmeerzeuger je nach Anforderung variieren.

Um den Betrieb der Wärmepumpe zu optimieren, wäre auch die Ergänzung eines Elektroheizstabes zur Unterstützung in den Wintermonaten denkbar. So könnte auch eine „günstigere“ Wärmepumpe installiert werden, welche nicht bei  $-16\text{ °C}$  eine Leistung von 230 kW bringen können muss.

### 7.5.4 Variante 2.3: ein Pelletkessel und eine Power-to-Heat-Anlage

In dieser Variante wird die notwendige Wärme über einen Pelletkessel mit 230 kW und eine sogenannte Power-to-Heat-Anlage (Wärmeerzeugung mittels Stroms) mit ebenfalls 230 kW erzeugt.

Abbildung 30 zeigt die thermische Jahresdauerlinie inkl. der voraussichtlichen Netzverluste und die eingetragenen Wärmeerzeuger. Der Pelletkessel erreicht jährlich rund 3.000 Vbh und erzeugt etwa 690.000 kWh<sub>th</sub>.

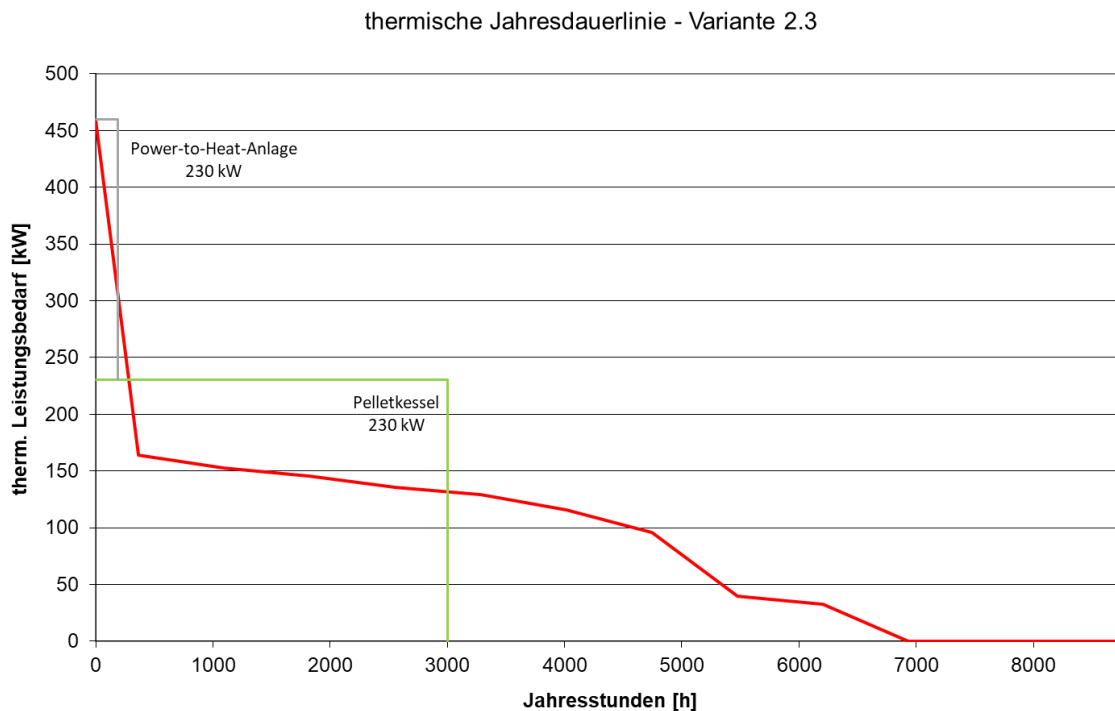


Abbildung 30: thermische JDL – Variante 2.3: ein Pelletkessel und eine Power-to-Heat-Anlage

Die nachfolgende Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung.



Tabelle 8: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 2.3

<b>Variante 2.3</b>			733.882	
	Leistung [kW <sub>th</sub> ]	Volllaststund. [h]	Wärme [kWh]	Anteil
Pelletkessel	230	3.000	690.000	94%
E-Kessel	230	191	43.882	6%
Gesamt			733.882	

Zum derzeitigen Stand wurde eine Stromanschlussprüfung bzgl. der Power-to-Heat-Anlage noch nicht durchgeführt. Dies müsste vor einer Umsetzung noch erfolgen. Gegebenenfalls kommen für eine entsprechende Ertüchtigung auch noch weitere Kosten, die aktuell nicht berücksichtigt wurden, hinzu.

## 7.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In diesem Kapitel werden zunächst die Rahmenbedingungen der ökonomischen Gegenüberstellung erläutert. In Kapitel 7.8 werden die Ergebnisse der Varianten dargestellt und diskutiert. Die Ergebnisse werden hierfür in die Investitionskosten sowie die Wärmegestehungskosten untergliedert, jeweils in Bezug auf die vorab definierten Wärmeversorgungsvarianten.

Damit die Varianten untereinander vergleichbar sind und um anschließend den Vergleich der Ergebnisse besser einordnen zu können, werden zunächst die Rahmenbedingungen der wirtschaftlichen Bewertung erläutert.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Energieversorgungsvarianten erfolgt in einer umfangreichen Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode (in Anlehnung an die VDI 2067 Blatt 1). Folgende Rahmenbedingungen wurden für die verschiedenen Energieversorgungsvarianten gleichermaßen festgelegt.

### Wirtschaftliche Rahmenbedingungen:

- Stand der Kalkulation 04/2022
- Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- alle Kosten ohne MwSt. (Nettokosten)
- Zinssatz 2,0 %
- 100 % Fremdfinanzierung

Weitere Grundannahme: die Brennstoffkosten bleiben über den Betrachtungszeitraum konstant. Eine Veränderlichkeit wird über eine eigene Sensitivitätsanalyse untersucht.

**Folgende Kosten bzw. Erlöse werden berücksichtigt:**

- Kapitalkosten (Investitionskosten auf Basis durchschnittlicher Nettomarktpreise für die einzelnen Komponenten)
- Betriebsgebundene Kosten (Wartung, Instandhaltung, Betrieb, technische Überwachung, Personalkosten)
- Verbrauchsgebundene Kosten (Brennstoffe, Hilfsenergie)
- Sonstige Kosten (Versicherung und Verwaltung)

Die Investitionskosten sind nicht als konkrete Angebotspreise, sondern lediglich als durchschnittliche Marktpreise zu verstehen. Diese können in der tatsächlichen Umsetzung nach oben oder unten abweichen.

Die Gesamtinvestitionskosten umfassen je nach Umfang und Bedarf nachfolgende Positionen:

- Wärmeverteilung (Nahwärmeleitung)
- Thermische Energieerzeuger
- Peripherie (Druckhaltung, MSR, Pufferspeicher)
- Unvorhergesehenes und technische Installation (pauschal 10 %)
- Projektabwicklung (pauschal 30 %)

In der Kalkulation sind die Kosten für die Hausübergabestationen, Hausanschlüsse und das Heizhaus bereits enthalten.

Aus den Investitionskosten werden die jährlichen kapitalgebundenen Kosten nach der Annuitätenmethode für einen Abschreibungszeitraum von 20 Jahren gebildet.

Die betriebsgebundenen Kosten beinhalten die Kosten für die Bedienung der technischen Anlagen sowie die Kosten für Wartung und Instandhaltung der einzelnen Anlagen und Komponenten. Die Kosten werden in Anlehnung an die in der VDI 2067 festgelegten Werte angesetzt.

Die verbrauchsgebundenen Kosten entsprechen den jährlichen Brennstoffkosten für den Betrieb der Wärmeversorgung sowie den Kosten für Hilfsenergie.

Die angesetzten, spezifischen Energiepreise belaufen sich auf folgende Werte:

- Erdgas: 12,2 Ct/kWh<sub>HS</sub> (nur für Referenzvariante)
- CO<sub>2</sub>-Bepreisung: 65 €/to CO<sub>2</sub> (im Mittel über 20 Jahre)
- Strommischpreis: 16,7– 23,0 Ct/kWh<sub>el</sub> (wurde individuell für jede Variante berechnet)
- Pellets: 290 €/to

*Hinweis: die dargestellten Betrachtungen wurden in der Bearbeitungsphase des Energienutzungsplans bis Mai 2022 abgeschlossen. Diese Berechnungsergebnisse wurden der Gemeinde vorgestellt und entsprechend in diesen Abschlussbericht überführt. Die Auswirkung möglicher Preisentwicklungen auf die Wärmegestehungskosten wurden im Zuge einer Sensitivitätsanalyse mit aufgezeigt. Bei separaten Nachberechnungen für die Gemeinde wurden darauffolgend auch die Brennstoffkosten neu angesetzt und aktualisiert, was aber für den Abschlussbericht des Energienutzungsplans nicht mehr explizit berücksichtigt werden konnte.*

Sonstige Kosten für z.B. Versicherung und Verwaltung werden pauschal als Prozentsatz der betreffenden Investitionskosten angesetzt.

In den Ergebnissen sind eventuelle Fördermöglichkeiten nach jetzigem Stand noch nicht enthalten. Diese können in einer weiteren Betrachtung separat berücksichtigt werden. Es ist außerdem zu beachten, dass der genaue Zeithorizont der Umsetzung des Wärmenetzes derzeit schwer abzusehen ist und sich die Förderlandschaft schnell ändern kann. Es wird daher grundsätzlich empfohlen, unmittelbar vor Beginn der Umsetzung des Projekts eine detaillierte Fördermittelprüfung durchzuführen und die Berechnungen entsprechend anzupassen.

Die Ergebnisse aus wirtschaftlicher Sicht werden anhand der spezifischen Wärmegestehungskosten in „ct/kWh<sub>th</sub>“ je Variante dar- bzw. gegenübergestellt.

## 7.7 Ökologische Betrachtung

Bezugnehmend auf das vorangestellte Ziel bzw. den eigenen Anspruch der Gemeinde der Klimaneutralität, erfolgt im Zuge der Projektbearbeitung auch eine ökologische Betrachtung. Die Ergebnisse dieser zeigt Abbildung 31. Für die Berechnung wurden folgende CO<sub>2</sub>-Äquivalente hinterlegt:

- Erdgas: 240 g/kWh
- Pellets: 20 g/kWh
- Strom: 560 g/kWh

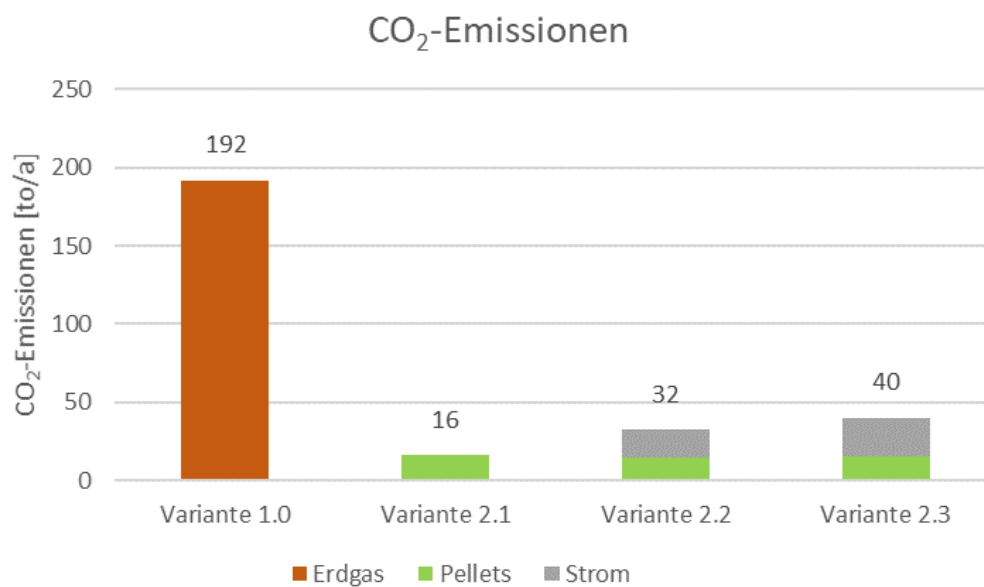


Abbildung 31: CO<sub>2</sub>-Emissionen der betrachteten Versorgungsvarianten

## 7.8 Ergebnisse

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Investitionskostenprognose und der Wärmegestehungskosten der betrachteten Varianten beschrieben und miteinander verglichen. Die Referenz stellt wie beschrieben eine Versorgung mittels Erdgaskessels dar, was jedoch keiner Empfehlung entspricht. Es soll lediglich zeigen, dass fossile Energieträger auch aus wirtschaftlicher Sicht keinen Vorteil mehr bieten, ganz abgesehen von der ökologischen Bewertung und den gesteckten Klimazielen.

In nachfolgendem Diagramm (Abbildung 32) wird die Prognose der Investitionskosten der Varianten gegenübergestellt.

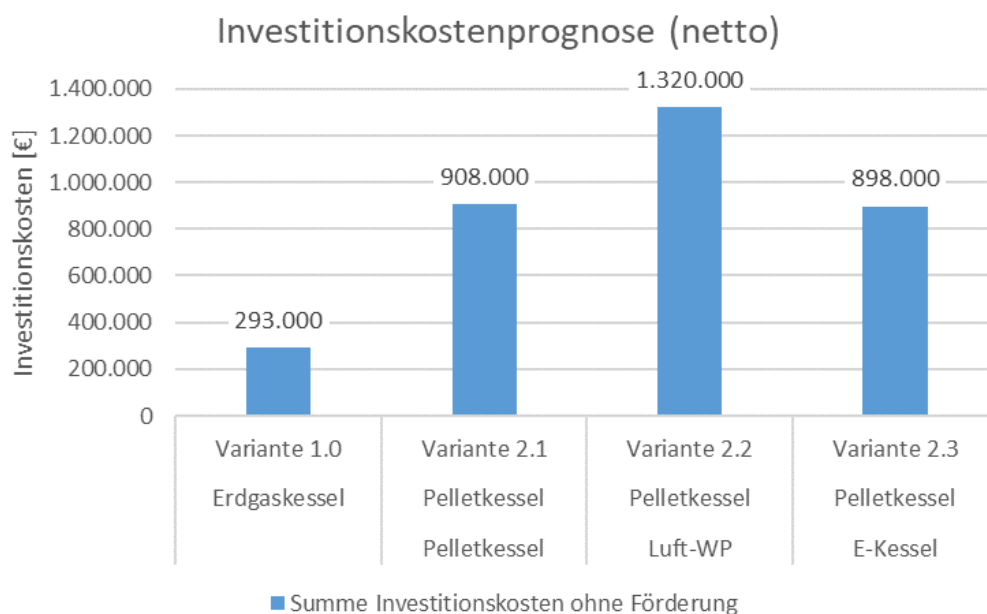


Abbildung 32: Investitionskostenprognose netto

Die Investitionsmehrkosten bei den Varianten 2.x rühren u.a. vom Aufbau des Wärmenetzes inkl. Heizhaus, Pufferspeicher etc. her. Bei Variante 2.2 schlagen vor allem die Kosten für eine notwendige Hochtemperatur-Luft-Wärmepumpe zu buche. Die Einbindung eines Elektroheizstabes zur Abdeckung der Spitzenlast in der Winterzeit sollte daher ernsthaft in Betracht gezogen werden. Mögliche Fördermittel sind an dieser Stelle noch nicht berücksichtigt.

Aus den jährlichen Kapitalkosten, den Verbrauchs- und Betriebskosten sowie den sonstigen Kosten, können die Wärmegestehungskosten ermittelt werden. Die Wärmegestehungskosten bieten eine gute Vergleichsmöglichkeit für die Bereitstellung der Nutzenergie durch die unterschiedlichen Wärmeerzeugungsvarianten. Außerdem wurden die Jahresgesamtkosten pro Variante berechnet. Die Ergebnisse der vorgestellten Varianten sind nachfolgend in Abbildung 33 abgebildet.

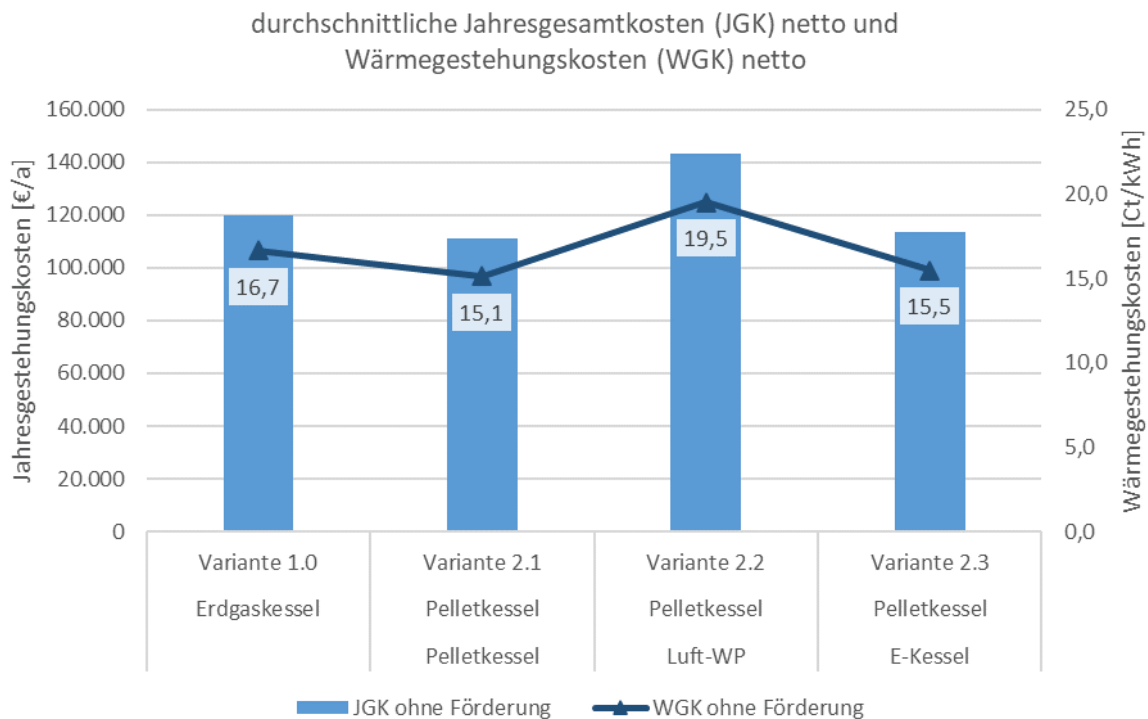


Abbildung 33: Wärmegestehungskosten und Jahresgesamtkosten netto

Die niedrigsten Wärmegestehungskosten weist Variante 2.1 mit 15,1 Ct/kWh auf. Dies ist zum einen auf die geringeren Kapitalkosten gegenüber Variante 2.2 und die günstigeren Betriebs- bzw. Brennstoffkosten gegenüber Variante 1.0 und 2.3 zurückzuführen.

Es wird an dieser Stelle allerdings ausdrücklich darauf hingewiesen, dass vor allem die Brennstoffkosten derzeit sehr starken Schwankungen unterliegen, sodass sich dieser Vorteil ggf. auch reduzieren kann.

Durch die kontinuierlich steigende CO<sub>2</sub>-Bepreisung nach dem BEHG ergibt sich auch bei einem Erdgaskessel trotz niedriger Investitionskosten kein wirtschaftlicher Vorteil mehr gegenüber Varianten mit Biomasse. Die Installation von Wärmeerzeugern mit fossilen Energieträgern wird damit – abgesehen vom ökologischen Nachteil – aus wirtschaftlicher Sicht zunehmend unattraktiver.

Durch zusätzliche Fördermöglichkeiten für das Wärmenetz bzw. die Wärmeerzeuger lassen sich die Wärmegestehungskosten bei den Varianten 2.x voraussichtlich noch senken.

## 7.9 Fazit

Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurde die Errichtung eines Wärmenetzes für die Gemeinde Rückersdorf wirtschaftlich und ökologisch geprüft.

Zunächst erfolgte hierzu eine Ermittlung des Wärmebedarfs der Gebäude anhand der zur Verfügung gestellten Daten sowie die Sichtung der Liegenschaften und des umliegenden Geländes, um einen potenziellen Standort einer Heizzentrale ausfindig zu machen.

Für die ausgewählten Wärmeversorgungsvarianten erfolgte auf Basis der Wärmebedarfe eine ausführliche Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung von die VDI 2067. Es ist zu beachten, dass es sich um eine erste Abschätzung der Investitionskosten anhand der derzeitigen Datenlage handelt und die Preise nach einer Detailplanung nach oben und unten von den in diesem Bericht dargestellten Preisen abweichen können.

Die günstigsten Wärmegestehungskosten haben sich mit 15,1 Ct/kWh für eine reine Wärmeversorgung mit Pellets ergeben. Der Vorteil gegenüber den anderen Varianten ist jedoch stark von den Kapital- und aktuellen Brennstoffkosten abhängig.

Neben den Wärmegestehungskosten weist Variante 2.1 auch die geringsten jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 16 t/auf. Bei Variante 2.3, deren Wärmegestehungskosten am zweit niedrigsten mit 15,5 Ct/kWh sind, liegen diese bei 40 t<sub>CO<sub>2</sub>-Emissionen</sub>/a. Die Referenzvariante weist einen jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von über 190 t/auf.

Nach aktuellem Kenntnisstand wird daher der Aufbau eines Wärmenetzes mit einer reinen Pelletversorgung empfohlen. Vor einer Umsetzung gilt jedoch vor allem die Heizung der Kirche sowie die Fördermöglichkeiten einer Detailbetrachtung zu unterziehen und unter diesen Aspekten die hier durchgeführten Betrachtungen zu vertiefen und ggf. zu aktualisieren.

## 8 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des digitalen Energienutzungsplans für den Landkreis Nürnberger Land zusammen. Dieser wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert.

Mit dem digitalen Energienutzungsplan wurde ein Instrument zur Umsetzung einer nachhaltigen Energieerzeugungs- und Energieversorgungsstruktur erarbeitet. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Identifizierung und dem Aufzeigen von konkreten Handlungsmöglichkeiten vor Ort, um die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen und den Ausbau erneuerbarer Energien in den einzelnen Kommunen des Landkreises anzustoßen bzw. zu forcieren.

In einer umfassenden Bestandsaufnahme wurde zunächst detailliert die kommunenscharfe Energiebilanz für die Sektoren Wärme und Strom im Ist-Zustand (Jahr 2019) erfasst und der Anteil der erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung ermittelt. Es wurde darüber hinaus gemeinsam mit dem Landratsamt festgelegt, auch den Sektor Verkehr in diese Betrachtung mit aufzunehmen. Vor dem Hintergrund einer stark steigenden Bedeutung der Sektorenkopplung, ist ein Betrachten der Entwicklung des Verkehrssektors relevant.

Die Berechnungen zeigen, dass bilanziell bislang 11 % des Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. Der Ausbau der Erneuerbaren in den letzten Jahren hat durch mehrere größere Projekte merklichen Anschub erhalten. So kann man anhand der bislang vorhandenen Daten zu zuletzt umgesetzten Windkraft- und Freiflächen-PV-Projekten ableiten, dass der Anteil (bezogen auf den Strombedarf von 2019) heute bei etwa 17 % liegt.

Die Wärmeerzeugung erfolgt noch zu rund 81 % aus fossilen Energiequellen (Heizöl und Erdgas). Sämtliche Energieverbrauchsdaten auf thermischer Seite wurden erfasst und in ein gebäudescharfes Wärmekataster überführt. Es stellt ein Werkzeug der kommunalen Wärmeplanung dar und beinhaltet zu jedem Gebäude Informationen zu Nutzungsart (Wohngebäude, Gewerbe, Industrie,...), Baustruktur und rechnerischem Wärmebedarf.

Der Sektor Verkehr hat ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch im Landkreis. Die Berechnungen zeigen, dass die Mobilität rund 33 Prozent zum Gesamt-Endenergiebedarf im Landkreis beiträgt. Der schnell wachsende Anteil an Elektromobilität hat einen wesentlichen Einfluss auf den zukünftigen Energiemix und stellt ebenso stetig wachsende Anforderungen an die Energieinfrastruktur. So erhöht nochmals den Bedarf an ein sinnvolles Zusammenspiel aller Verbrauchssektoren Strom, Wärme und Verkehr (Sektorkopplung).



Aufbauend auf der Analyse des energetischen Ist-Zustands wurde eine Potenzialanalyse angestellt, um die technischen Potenziale im Bereich der Energieeinsparung und Effizienzsteigerung und dem Ausbau erneuerbarer Energien zu ermitteln. Um später ein Bild des möglichen Energieszenarios in 2030 und 2040 aufzustellen, ist es zudem wichtig anstehende Transformationsprozesse, wie zum Beispiel die zuvor genannte Entwicklung im Bereich der Elektrifizierung des Verkehrssektors, zu beleuchten.

Für die Potenzialanalyse zur energetischen Sanierung wurde, aufbauend auf dem Wärmekataster, ein gebäudescharfes Sanierungskataster erstellt. Für jedes Gebäude stellt das Sanierungskataster die mögliche Energieeinsparung für definierte Sanierungsvarianten bzw. Sanierungstiefen dar.

Im Zusammenhang mit dem Ausbau erneuerbarer Energien wurde bezüglich sämtlicher Formen der erneuerbaren Energien eine Potenzialanalyse durchgeführt.

So konnte im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans auf ein gebäudescharfes Solarpotenzialkataster für den gesamten Landkreis zurückgegriffen werden. Damit bestand die Möglichkeit unmittelbar abzuleiten welche Energiemengen aus Aufdachanlagen insgesamt bereitgestellt werden könnten und welchen Anteil diese dann zum Energiemix in Zukunft beitragen würden. Dieses Tool ist für die Bürger des Landkreises nutzbar und bietet dem Anwender die Möglichkeit mit relativ einfachen Mitteln eine Einschätzung über die Eignung der eigenen Dachflächen einzuholen und selbst eine erste technische Vordimensionierung vornehmen zu können. Je nach gesetzten Parametern bewertet diese Tool nach den aktuellen gesetzlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen die Gesamt-Wirtschaftlichkeit der Maßnahme.

Auf der Basis von Daten der bayerischen Vermessungsverwaltung konnte über verschiedene Berechnungsschritte in und mit dem Geoinformationssystem (GIS) eine technisch für Freiflächen-Photovoltaik-Projekte nutzbare Flächenkulisse identifiziert werden. Aufgrund der Nutzung der Flächen für landwirtschaftliche Zwecke und technische Limitierung im Bereich der Stromnetze kann nicht sämtliche Fläche auch tatsächlich nutzbar gemacht werden. Es wurden daher in Abstimmung mit den Akteuren vor Ort sinnvolle Teilmengen des Gesamtpotenzials herausgearbeitet und in das Aufstellen des möglichen Zukunftsszenarios integriert.

In ähnlicher Form wurden geeignete Gebiete für Windkraft analysiert. So wurden in Anlehnung an bestehende Studien des LfU und den dieser Studie zugrunde liegenden Mindestabständen sowie anhand bestehender Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete die technisch zur Verfügung stehenden Gebiete identifiziert und mit einem praxisnahen Mindestwert für Windleistungsdichte kombiniert. Die sogenannte 10-H-Regel erfasst die gesamte Gebietsfläche des Landkreises. Sie ist zwar ein häufiges Hindernis für

das Umsetzen von Windkraftprojekten, stellt aber kein zwingendes Ausschlusskriterium für das Umsetzen von Windkraftprojekten dar. Die zuvor bei der Freiflächen-Photovoltaik-Analyse beschriebenen einschränkenden Faktoren sorgen auch hier dafür, dass es in der Praxis nur kaum möglich ist dieses Potenzial vollständig zu heben. So wurden für das Aufstellen des Zukunftsszenarios und des Entwicklungspfades auch hier sinnvoll und in individueller Abstimmung Teilmengen herausgegriffen und in den skizzierten Entwicklungspfad übernommen.

Führt man die identifizierten Potenziale mit dem Ist-Zustand als Ausgangsbasis zusammen, so lässt sich der skizzierte Entwicklungspfad vom Ausgangspunkt, dem Bilanzjahr 2019, über das Jahr 2030 als Zwischenstation, bis hin zum Jahr 2040 nachvollziehen. Es zeigt sowohl die Resultate der angestellten Einsparberechnungen bzw. der formulierten Einsparziele und die Prognosen der anstehenden Transformationsprozesse in den Sektoren Wärme und Verkehr auf. Parallel dazu kann aufgezeigt werden, wie sich die Entwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien darstellt, wenn die beschriebenen technischen Potenziale kontinuierlich weiter erschlossen werden.

Vergleicht man die beiden Entwicklungspfade schlussendlich im Zieljahr 2040, so lässt sich feststellen, dass unter den im ersten Schritt getroffenen Annahmen die in 2040 erforderliche Energiemenge nicht vollständig regional gedeckt werden würde. Es wäre also in diesem Szenario nach wie vor auch bilanziell ein Energieimport von außerhalb des Landkreises erforderlich.

In Abstimmung mit den Akteuren vor Ort wurde daher beschlossen zusätzlich einen Ausbaupfad aufzuzeigen, der so ambitioniert gestaltet ist, dass er zu einer möglichen Energieneutralität im Zieljahr 2040 führen kann. Energieneutralität bedeutet in diesem Fall, dass rein bilanziell mindestens genauso viel Endenergie im Landkreis produziert würde, als auch im Landkreis benötigt würde.

Weiteres wesentliches Ziel des Energienutzungsplans war die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkatalogs, der konkrete Handlungsempfehlungen für jede Kommune im Landkreis und den Landkreis selbst aufzeigt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde im Rahmen von Regionalkonferenzen in enger Abstimmung mit den kommunalen Akteuren ausgearbeitet, konkretisiert und abgestimmt. In Summe konnten über 200 konkrete Projektideen identifiziert werden.

Auf Basis der für die einzelnen Kommunen ausgearbeiteten Maßnahmenkataloge, wurde im Rahmen des Energienutzungsplans eine ausgewählte Maßnahme als exemplarisches Leuchtturmprojekt detailliert untersucht. Es repräsentiert die identifizierten konkreten Maßnahmen, deren Erkenntnisse für zahlreiche weitere Kommunen im Landkreis als Musterbeispiel dienen können.

Es handelte sich bei dem Projekt um die Untersuchung der Wärmeversorgung einzelner kirchlicher und kommunaler Liegenschaften in einem kompakten Areal rund um das Schulzentrum in Rückersdorf. Die Liegenschaften hier waren bis dato noch mit alter Heiztechnik auf überwiegend fossiler Basis ausgerüstet. Die Grundidee bestand darin die Liegenschaften in Form eines Wärmeverbundsystems zentral aus einer Heizzentrale zu speisen. Hierfür wurden zunächst das Wärmenetz selbst und verschiedene Optionen der Wärmeerzeugung technisch ausgelegt und dimensioniert. Darauf basierend wurden die einzelnen Optionen wirtschaftlich und ökologisch bewertet und möglichen weiterhin dezentral stattfindenden Alternativen gegenübergestellt.

So zeigte sich schlussendlich, dass der Aufbau eines Wärmeverbundsystems auf der Basis von Holzpellets unter den vorherrschenden Gegebenheiten eine wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Alternative zur dezentralen Versorgung der Objekte darstellen kann. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Energienutzungsplans war noch keine finale Entscheidung darüber gefallen, ob und welche der betrachteten Optionen nun letztlich in die nächste Planungsphase gehen werden.

Einige Gemeinden waren bereits zum Zeitpunkt des Erstellens des Energienutzungsplans im Rahmen eines Klimaschutznetzwerks organisiert, welches bereits dazu genutzt wird die identifizierten Projekte sukzessive weiterzuentwickeln.

## Quellenverzeichnis

- [BAFA Solar] Bundesverband Solarwirtschaft BSW e.V.; <https://www.solaratlas.de/index.php?id=5>
- [BDEW Haushalt] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. - Durchschnittlicher Haushaltsstromverbrauch, <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/durchschnittlicher-haushaltsstromverbrauch/>
- [BDI] Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI), Studie „Klimapfade für Deutschland“, erstellt von BCG und Prognos, 2018.
- [BMVI] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.), Verkehr in Zahlen 2020/2021
- [BMWi] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Stellungnahme des Bundesverbands Wärmepumpe (BWP) e. V. vom 15.3.2022
- [EED] Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und Rates („EU-Effizienzrichtlinie“), 25.12.2012
- [GEG] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäude-Energie-Gesetz)
- [KEA Emission] <https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/angebote/co2-bilanzierung>
- [LfU Altholz] Abfallbilanz 2019 - Altholz, [https://www.abfallbilanz.bayern.de/wertstoffe\\_biologisch\\_gesamt.asp](https://www.abfallbilanz.bayern.de/wertstoffe_biologisch_gesamt.asp)
- [LWF] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Email vom 7.10.2021
- [Sta Ba] Bayerisches Landesamt für Statistik; <https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online/>
- [STATISTA W] Statistisches Bundesamt; <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36495/umfrage/wohnflaeche-je-einwohner-in-deutschland-von-1989-bis-2004/>
- [UNIPER] Uniper SE, <https://www.uniper.energy/news/de/uniper-prueft-wiederinbetriebnahme-des-pumpspeicherkraftwerks-happurg>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektablauf und Einbindung der Akteure .....	7
Abbildung 2: Exemplarischer Ausschnitt aus dem gebäudescharfen Wärmekataster .....	13
Abbildung 3: Exemplarischer Ausschnitt zur Darstellung der Wärmedichte auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters .....	14
Abbildung 4: Wärmebedarf der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2019 .....	15
Abbildung 5: Strombezug der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2019.....	16
Abbildung 6: Strom-Einspeisung aus Erneuerbare-Energien- und KWK-Anlagen.....	17
Abbildung 7: Gegenüberstellung von Strombezug und -einspeisung im Ist-Zustand (Bilanzjahr 2019).....	18
Abbildung 8: Übersichtskarte der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Betrachtungsgebiet.....	19
Abbildung 9: Entwicklung des Energiebedarfs nach Energieträgern .....	23
Abbildung 10: Entwicklung des Energiebedarfs nach Verbrauchergruppen .....	25
Abbildung 11: Entwicklung der erneuerbaren Energien (stromseitig) und der Kraft-Wärme-Kopplung.....	27
Abbildung 12: Entwicklung der erneuerbaren Energien (thermischerseits) und des Heizstroms.....	28
Abbildung 13: Exemplarischer Ausschnitt aus dem Sanierungskataster vor und nach der Sanierung im Jahr 2030 .....	34
Abbildung 14: Auszug Solarpotenzialkataster für den Landkreis Nürnberger Land ( <a href="https://www.solare-stadt.de/nuernberger-land/">https://www.solare-stadt.de/nuernberger-land/</a> ).....	38
Abbildung 15: Übersicht landwirtschaftlich benachteiligter und nicht-benachteiligter Gebiete im Landkreis.....	40
Abbildung 16: Übersicht über die Bereiche des Landschaftsschutzgebietes im Nürnberger Land .....	42
Abbildung 17: Übersicht über das Ergebnis der Analyse der technischen Potenziale im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik im Landkreis.....	44
Abbildung 18: Standorte bestehender Biogasanlagen im Landkreis .....	52
Abbildung 19: Übersicht potenziell nutzbarer Gebiete für Windkraftanlagen.....	55
Abbildung 20: Oberflächennahe Geothermie – Standorteignung .....	59

Abbildung 21: Energieszenario 2019 bis 2040 – Auswirkungen der Energieeinsparung und der Transformationsprozesse durch Elektrifizierung.....	62
Abbildung 22: Energieszenario 2019 bis 2040 (1) – Ausbauszenario erneuerbarer Energien.....	65
Abbildung 23: Energieszenario 1 im Jahr 2040 – Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der erneuerbaren Energien.....	66
Abbildung 24: Energieszenario 2 im Jahr 2040 – Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der erneuerbaren Energien.....	68
Abbildung 25: geplantes Wärmenetz Rückersdorf [Quelle: <a href="https://geoportal.bayern.de/bayernatlas">https://geoportal.bayern.de/bayernatlas</a> ; Bearbeitung: IfE].....	72
Abbildung 26: Schematische Darstellung des geplanten Wärmenetzes.....	74
Abbildung 27: thermische Jahresdauerlinie Gesamtwärmenetz inkl. Trassenwärmeverluste.....	76
Abbildung 28: thermische JDL – Variante 2.1: zwei Pelletkessel .....	78
Abbildung 29: thermische JDL – Variante 2.2: ein Pelletkessel und eine Luft-Wärmepumpe.....	79
Abbildung 30: thermische JDL – Variante 2.3: ein Pelletkessel und eine Power-to-Heat-Anlage .....	80
Abbildung 31: CO <sub>2</sub> -Emissionen der betrachteten Versorgungsvarianten.....	84
Abbildung 32: Investitionskostenprognose netto.....	85
Abbildung 33: Wärmegestehungskosten und Jahresgesamtkosten netto .....	86

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die CO <sub>2</sub> -Äquivalente der jeweiligen Energieträger [GEMIS 4.9; KEA; Berechnungen IfE] .....	21
Tabelle 2: Entwicklung des jährlichen energiebedingten CO <sub>2</sub> -Ausstoßes.....	29
Tabelle 3: Potenzialanalyse Photovoltaik-Freiflächenanlagen – Kriterien.....	41
Tabelle 4: Zusammenfassung des rechnerischen, territorialen Gesamtpotenzials im Bereich fester Biomasse .....	50
Tabelle 5: Die den Ausbaupfaden zu Grunde liegende Erschließungsgrade der technischen Potenziale .....	64
Tabelle 6: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 2.1 .....	78
Tabelle 7: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 2.2 .....	79
Tabelle 8: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 2.3 .....	81

## **Anhang**