

Digitaler Energienutzungsplan

Markt Neunkirchen am Brand

Digitaler Energienutzungsplan Markt Neunkirchen am Brand

Auftraggeber:

Markt Neunkirchen a. Brand

Klosterhof 2-4

91077 Neunkirchen a. Brand

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 2021 bis Dezember 2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VII
Nomenklatur	VIII
1 Einleitung	9
2 Projektablauf und Akteursbeteiligung	10
3 Analyse der energetischen Ausgangssituation	12
3.1 Methodik und Datengrundlage	12
3.1.1 Definition der Verbrauchergruppen	12
3.1.2 Datengrundlage und Datenquellen	13
3.2 Sektor Wärme	14
3.2.1 Gebäudescharfes Wärmekataster	14
3.2.2 Wärmebedarf und Anteil erneuerbare Energien	16
3.3 Sektor Strom	17
3.4 Sektor Verkehr	21
3.5 Gesamtenergiebilanz im Ist-Zustand	23
3.6 CO ₂ -Bilanz	25
4 Potenzialanalyse	27
4.1 Grundannahmen und Vorgehensweise	27
4.2 Potenziale zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung in den Verbrauchssektoren Strom und Wärme	29
4.3 Effizienzsteigerungs- und Transformationsprozesse im Sektor Verkehr	31
4.4 Sektorenkopplung	32
4.5 Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien	32
4.5.1 Solarthermie und Photovoltaik	33
4.5.1.1 Solarpotenzialkataster	34
4.5.1.2 Solarthermie auf Dachflächen	35

4.5.1.3	Photovoltaik auf Dachflächen	35
4.5.1.4	Photovoltaik auf Freiflächen	36
4.5.2	Wasserkraft.....	41
4.5.3	Biomasse.....	41
4.5.3.1	Holz für energetische Nutzung	41
4.5.3.2	Biogas / Biomasse-KWK.....	45
4.5.4	Windkraft.....	47
4.5.5	Heizstrom.....	50
4.5.6	Geothermie.....	51
4.5.7	Kraft-Wärme-Kopplung	53
5	Entwicklungsszenarien.....	53
5.1	Bedarf.....	54
5.2	Erzeugung.....	55
5.3	Mögliches Szenario im Zieljahr 2040	59
6	Maßnahmenkatalog.....	61
7	Detailprojekt: Wärmeverbund kommunaler Liegenschaften	72
7.1	Einleitung und Überblick.....	72
7.2	Beschreibung des Anschlussgebiets	73
7.3	Abschätzung Wärmeenergiebedarf	76
7.4	Trassendimensionierung.....	80
7.5	Technische Dimensionierung der Wärmeversorgung	82
7.5.1	Referenzvariante (mit Schule): Erdgaskessel.....	86
7.5.2	Referenzvariante (ohne Schule): Erdgaskessel.....	87
7.5.3	Variante 1.0 (mit Schule): zwei Hackschnitzelkessel	88
7.5.4	Variante 1.1 (ohne Schule): zwei Hackschnitzelkessel	89
7.5.5	Variante 2.0 (mit Schule): zwei Pelletkessel	90
7.5.6	Variante 2.1 (ohne Schule): zwei Pelletkessel	91

7.5.7	Variante 3.0 (mit Schule): Erdgas-BHKW und Erdgasspitzenlastkessel	92
7.5.8	Variante 3.1 (ohne Schule): Erdgas-BHKW und Erdgasspitzenlastkessel	93
7.5.9	Variante 4.0 (mit Schule): Sole-/Wasser-Wärmepumpe, Luft-/Wasser-Wärmepumpe und Erdgasspitzenlastkessel.....	94
7.5.10	Variante 4.1 (ohne Schule): Sole-/Wasser-Wärmepumpe, Luft-/Wasser- Wärmepumpe und Erdgasspitzenlastkessel	95
7.6	Fördermöglichkeiten.....	96
7.6.1	KfW-Programm 271/281 – Erneuerbare Energien Premium	96
7.6.2	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz.....	98
7.6.3	TFZ Bayern BioKlima	99
7.6.4	AIE-Förderung im Rahmen der Dorferneuerung	100
7.6.5	BEG EM – Bundesförderung für effiziente Gebäude Einzelmaßnahmen	100
7.7	Ökonomische und ökologische Gegenüberstellung	102
7.7.1	Rahmenbedingungen.....	102
7.7.2	Ergebnisse.....	109
7.8	Fazit.....	119
8	Zusammenfassung	120
	Quellenverzeichnis	122

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektablauf und Einbindung der Akteure	11
Abbildung 2: Exemplarischer Ausschnitt zur Darstellung der Wärmedichte auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: © Geomer].....	15
Abbildung 3: Wärmebedarf der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2019 in MWh.....	16
Abbildung 4: Wärmeverbrauch und Anteil der Energieträger im Jahr 2019 in MWh.....	17
Abbildung 5: Strombezug der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2019 in MWh.....	18
Abbildung 6: Strom-Einspeisung aus Erneuerbare-Energien- und KWK-Anlagen im Jahr 2019 in MWh	19
Abbildung 7: Stromeinspeisung erneuerbarer Energieträger und KWK im Jahr 2019 in MWh.....	20
Abbildung 8: Übersichtskarte der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Betrachtungsgebiet [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]	21
Abbildung 9: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach den Energieträgern	23
Abbildung 10: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach den Verbrauchergruppen	24
Abbildung 11: Exemplarischer Ausschnitt aus dem Sanierungskataster vor und nach der Sanierung im Jahr 2030	30
Abbildung 12: Auszug Solarpotenzialkataster für den Markt Neunkirchen am Brand (https://www.solare-stadt.de/markt-neunkirchen-am-brand/).....	34
Abbildung 13: Übersicht landwirtschaftlich benachteiligter und nicht-benachteiligter Gebiete in Bayern [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]	37
Abbildung 14: Übersicht über Landschaftsschutzgebiete und Naturpark in Neunkirchen a. Brand [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]	39
Abbildung 15: Ergebnis der Analyse der technischen Potenziale im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt].....	40

Abbildung 16: Standort der bestehenden Biogasanlage [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt].....	45
Abbildung 17: Übersicht potenziell nutzbarer Gebiete für Windkraftanlagen [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]	48
Abbildung 18: Übersicht potenziell nutzbarer Gebiete für Windkraftanlagen inklusive Windleistungsdichte [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt].....	49
Abbildung 19: Oberflächennahe Geothermie – Standorteignung [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt].....	52
Abbildung 20: Energieszenario 2019 bis 2040 – Auswirkungen der Energieeinsparung und der Transformationsprozesse durch Elektrifizierung.....	54
Abbildung 21: Energieszenario 2019 bis 2040 – Entwicklungspfad der erneuerbaren Energiequellen im Gemeindegebiet	58
Abbildung 22: Energieszenario im Jahr 2040 – Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der erneuerbaren Energien.....	59
Abbildung 23: Karte mit kommunalen Liegenschaften als potenzielle Anschlussnehmer [Bildquelle: Markt Neunkirchen am Brand, eigene Bearbeitung]	73
Abbildung 24: Neubaugebiete als potenzielle Anschlussnehmer [Bildquelle: Bayernatlas; eigene Bearbeitung]	74
Abbildung 25: Netzvariante 1 (inkl. Neubau Grundschule) [Bildquelle: Bayernatlas; eigene Bearbeitung]	75
Abbildung 26: Netzvariante 2 (exkl. Neubau Grundschule) [Bildquelle: Bayernatlas; eigene Bearbeitung]	76
Abbildung 27: Beispiel zur spezifischen Wärmebelegungsdichte	80
Abbildung 28: thermische Jahresdauerlinie Netzvariante 1 (mit Schule)	84
Abbildung 29: thermische Jahresdauerlinie Netzvariante 2 (ohne Schule)	84
Abbildung 30: thermische Jahresdauerlinie – Referenzvariante (mit Schule)	86
Abbildung 31: thermische Jahresdauerlinie – Referenzvariante (ohne Schule)	87
Abbildung 32: thermische Jahresdauerlinie – Variante 1.0 (mit Schule)	88
Abbildung 33: thermische Jahresdauerlinie – Variante 1.1 (ohne Schule)	89

Abbildung 34: thermische Jahresdauerlinie – Variante 2.0 (mit Schule)	90
Abbildung 35: thermische Jahresdauerlinie – Variante 2.1 (ohne Schule)	91
Abbildung 36: thermische Jahresdauerlinie – Variante 3.0 (mit Schule)	92
Abbildung 37: thermische Jahresdauerlinie – Variante 3.1 (ohne Schule)	93
Abbildung 38: thermische Jahresdauerlinie – Variante 4.0 (mit Schule)	94
Abbildung 39: thermische Jahresdauerlinie – Variante 4.1 (ohne Schule)	95
Abbildung 40: Überblick Bundesförderung für effiziente Gebäude [solarserver]	101
Abbildung 41: Üblicher Preis KWK: Mittelwert vergangener Quartale [EEX AG].....	107
Abbildung 42: Investitionskostenprognose netto ohne Förderung	109
Abbildung 43: Investitionskostenprognose netto inkl. Förderung	110
Abbildung 44: JGK und WGK ohne Förderung mit geringer CO ₂ -Bepreisung	111
Abbildung 45: JGK und WGK inkl. Förderung mit geringer CO ₂ -Bepreisung.....	111
Abbildung 46: JGK und WGK ohne Förderung mit hoher CO ₂ -Bepreisung	112
Abbildung 47: JGK und WGK inkl. Förderung mit hoher CO ₂ -Bepreisung.....	112
Abbildung 48: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 1 mit geringer CO ₂ -Bepreisung	113
Abbildung 49: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 1 mit hoher CO ₂ -Bepreisung.....	114
Abbildung 50: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 2 mit geringer CO ₂ -Bepreisung	115
Abbildung 51: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 2 mit hoher CO ₂ -Bepreisung.....	115
Abbildung 52: CO ₂ -Bilanz ohne Stromgutschriftmethode und 100 % Netzstrom.....	116
Abbildung 53: CO ₂ -Bilanz nach Stromgutschriftmethode und 100 % Ökostrom	117
Abbildung 54: Primärenergiefaktoren nach Stromgutschriftmethode und bei 100 % Netzstrom	118
Abbildung 55: Primärenergiefaktoren nach Stromgutschriftmethode und bei 30 % Ökostrom	118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die CO ₂ -Äquivalente der jeweiligen Energieträger [GEMIS 4.9; KEA; Berechnungen IfE]	26
Tabelle 2: Potenzialanalyse Photovoltaik-Freiflächenanlagen – Kriterien	38
Tabelle 3: Zusammenfassung des rechnerischen, territorialen Gesamtpotenzials im Bereich fester Biomasse	44
Tabelle 4: Die den Ausbaupfaden zu Grunde liegende Erschließungsgrade der technischen Potenziale	57
Tabelle 6-1: Maßnahmenkatalog	62
Tabelle 6: Wärmeenergiebedarfe aller Liegenschaften	78
Tabelle 3: Wärmeenergiebedarfe Netzvariante 1 (inkl. Neubau Grundschule)	79
Tabelle 4: Wärmeenergiebedarfe Netzvariante 2 (exkl. Neubau Grundschule)	79
Tabelle 5: spezifische Wärmebelegungsdichte ausgewählter Anschlussnehmer	81
Tabelle 6: spezifische Wärmebelegungsdichte der zu betrachtenden Netzvarianten	81
Tabelle 7: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Referenzvariante (mit Schule)	86
Tabelle 8: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Referenzvariante (ohne Schule)	87
Tabelle 9: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 1.0 (mit Schule)	88
Tabelle 10: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 1.1 (ohne Schule)	89
Tabelle 11: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 2.0 (mit Schule)	90
Tabelle 12: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 2.1 (mit Schule)	91
Tabelle 13: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 3.0 (mit Schule)	92
Tabelle 14: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 3.1 (ohne Schule)	93
Tabelle 15: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 4.0 (mit Schule)	94
Tabelle 16: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 4.1 (ohne Schule)	95
Tabelle 17: Förderung Wärme-/Kältenetze nach KWKG [B.KWK]	98
Tabelle 18: Rahmenbedingungen nach KWKG 2020 für KWK-Anlagen [B.KWK]	106

Nomenklatur

AIE	Amt für ländliche Entwicklung
APEE	Anreizprogramm für Energieeffizienz
ASUE	Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch
Bafa	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
DHH	Doppelhaushälfte
EE	Erneuerbare Energien
EM	Einzelmaßnahme
ENP	Energienutzungsplan
GEG	Gebäudeenergiegesetz
JDL	Jahresdauerlinie
JGK	Jahresgesamtkosten
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
MAP	Marktanreizprogramm zur Nutzung Erneuerbarer Energien am Wärmemarkt
MSR	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
NWG	Nichtwohngebäude
PV	Photovoltaik
TFZ	Technologie- und Förderzentrum
THG	Treibhausgas
Trm	Trassenmeter
TWW	Trinkwarmwasser
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WE	Wohneinheit, Wärmeerzeuger
WG	Wohngebäude
WGK	Wärmegestehungskosten
WP	Wärmepumpe

1 Einleitung

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

- eine umfassende Bestandsaufnahme der derzeitigen Energieinfrastruktur mit einer detaillierten Energie- und CO₂-Bilanz in den Bereichen Strom und Wärme
- ein digitales Energiemodell mit gebäudescharfem Wärmekataster in den Verbrauchergruppen private Haushalte, kommunale Liegenschaften und Wirtschaft
- sowie eine gebäudespezifische Analyse des Sanierungspotenzials
- eine standortspezifische Potenzialanalyse zum Ausbau erneuerbarer Energieträger
- einen Maßnahmenkatalog mit konkreten Projekten zur weiteren Umsetzung
- Detailanalyse eines ausgewählten Leuchtturmprojekts

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des digitalen Energienutzungsplans zusammen. Durch die hohe Detailschärfe ist dieser nicht nur ein Instrument für die kommunale Energieplanung, sondern auch eine Unterstützung für Wirtschaftsbetriebe und alle Bürgerinnen und Bürger bei der Identifizierung von Energieeinsparmaßnahmen und der Nutzung erneuerbarer Energien.

Der digitale Energienutzungsplan wird durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert.

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 der Gemeinde 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 CO₂-Ausstoß berechnet. Als zentrales Ergebnis dieser Projektphase wurde ein gebäudescharfes Wärmekataster ausgearbeitet.

Im nächsten Schritt wurde verbrauchergruppenspezifisch untersucht, welche Energieeinsparpotenziale und Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz bis zum Jahr 2040 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. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde ein strategisches Szenario für Strom, Wärme und Mobilität erarbeitet, aus denen Handlungsoptionen und der Entwicklungspfad zur Senkung des Energieverbrauchs und für den Ausbau erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2040 abgeleitet werden können.

Zentrales Element des digitalen Energienutzungsplans ist die Ausarbeitung eines Maßnahmenkatalogs, der konkrete Projekte als Basis der weiteren Umsetzung beschreibt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit kommunalen Akteuren ausgearbeitet und während des Prozesses konkretisiert.

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

Auftaktveranstaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung der Inhalte des ENP • Abstimmung der Datenerhebung • Abstimmung der Akteursbeteiligung
Fortlaufende Abstimmung	<ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung relevanter Rahmenbedingungen zur Kalkulation des Wärmenetzes • Regelmäßige, kontinuierliche Abstimmung des Fortschritts der Berechnungen und der Datenerhebung
Vorstellung Maßnahme Wärmenetz	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinderatssitzung • Detailprojekt Wärmenetz vorgestellt
1. Abstimmungsrunde	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurfsbesprechung des energetischen Ist-Zustands • Vor-/Entwurfsbesprechung der Potenziale Energieeinsparung • Vor-/Entwurfsbesprechung der Potenziale Erneuerbare Energien
2. Abstimmungsrunde	<ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung der Nachbereitung des Ist-Zustands • Abstimmung der Entwürfe der Potenzialanalysen
3. Abstimmungsrunde (Umweltausschuss)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellen der vorläufigen Endergebnisse des Energienutzungsplans • Vorbereitung der Abschlusspräsentation
Abschlusspräsentation im Gemeinderat	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung der Ergebnisse und offizieller Projektabschluss

Abbildung 1: Projektablauf und Einbindung der Akteure

3 Analyse der energetischen Ausgangssituation

3.1 Methodik und Datengrundlage

Im Rahmen dieses digitalen Energienutzungsplans wird nach dem sogenannten Territorialprinzip bilanziert. Hierbei werden die Energieverbräuche sowie die Potenziale (Strom und Wärme) jeweils nur innerhalb des eigenen Gemeindegebietes 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 Gemeindegebiet zusammensetzt.

3.1.1 Definition der Verbrauchergruppen

Im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans werden folgende Verbrauchergruppen definiert:

a) Private Haushalte

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

b) Kommunale Liegenschaften

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

c) Wirtschaft

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

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 keine vollständige Datenbasis vor. Aufgrund der rollierenden Abrechnung der Energieversorgungsunternehmen (EVU) standen die Daten während der Projektbearbeitungsphase nicht vollumfänglich zur Verfügung, weshalb ggf. auch einzelne neuere Datensätze nicht mehr in die Energiebilanz des Energienutzungsplans mit eingeflossen sind. Seit 2019 realisierte Projekte, z. B. im Bereich des Ausbaus erneuerbarer Energien, sind, soweit bekannt, in den analysierten Ausbaupotenzialen enthalten.

Die Analyse des Energieverbrauchs stützt sich auf die nachfolgenden Datenquellen:

- Energieabsatz- und Einspeisedaten der lokal tätigen Energieversorgungsunternehmen für die leitungsgebundenen Energieträger Strom (Bayernwerk AG) und Erdgas (N-Ergie Netz GmbH). Hierfür wurden exakte Netzabsatzdaten für das Jahr 2017 bis 2019 zur Verfügung gestellt.
- Gebäudescharfe Erfassung des Energieverbrauchs aller gemeindeeigenen Liegenschaften mittels eines Erfassungsbogens.
- Gebäudescharfe Erfassung des Energieverbrauchs der Wirtschaftsbetriebe mittels eines online Datenerhebungsbogens.
- Datenabfrage Solarthermie: Die Gesamtfläche, der im Betrachtungsgebiet installierten Solarthermieranlagen, wurde mit Hilfe des Solaratlas, einem interaktiven Auswertungssystem für den Datenbestand aus dem bundesweiten „Marktanreizprogramm Solarthermie“, ermittelt [BAFA Sol]. Die Aufstellung umfasst alle Kollektortypen (Flachkollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren) und Anwendungen (Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung).
- Wärmebereitstellung aus Erdwärme: Die Wärmeerzeugung aus oberflächennaher Geothermie (z.B. Wärmepumpen zur Gebäudebeheizung) kann aufgrund der fehlenden Datenbasis nicht

eigens aufgeschlüsselt werden, ist jedoch über den Stromverbrauch zum Antrieb der Wärmepumpen in der Energie- und CO₂-Bilanz enthalten. Dies gilt ebenso für Luftwärmepumpen, die unter Stromeinsatz das Energieniveau von Umweltwärme auf das Niveau von Nutzwärme heben.

- Öffentlich zugängliche statistische Daten (z. B. Statistik Kommunal).
- Geodaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung (z. B. 3D-Gebäude- und Geländemodell, Laserscandaten, etc.) zur Simulation des Gebäudekatasters und der solaren Einstrahlung.
- Für die Analyse des Endenergiebedarfs im Sektor Mobilität wurden Veröffentlichungen über den Bundesweiten Endenergieverbrauch nach Kraftstoffarten des Bundesverkehrsministeriums herangezogen.

3.2 Sektor Wärme

3.2.1 Gebäudescharfes Wärmekataster

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

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

Datengrundlagen

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 klimabereinigte Verbrauchswerte aus einer Erhebung über Fragebögen für Gewerbe- und Industriebetriebe sowie über die kommunalen Liegenschaften.

Ergebnisse

Der jeweilige, prognostizierte Wärmebedarf eines jeden Gebäudes im Gemeindegebiet wurde mit Hilfe von Geoinformationssystemen (GIS) ermittelt und kann in andere GIS-Systeme transferiert werden. Aus Datenschutzgründen wird in diesem Bericht auf eine gebäudescharfe Abbildung des Wärmebedarfs verzichtet. Die Gemeinde bekommt sämtliche, auf GIS-Prozessen basierende, Berechnungsergebnisse am Ende des Bearbeitungszeitraums zur Überführung in ihr eigenes GIS-System zur Verfügung gestellt.

Die nachfolgend dargestellte sogenannte Wärmedichte fasst den Wärmebedarf mehrerer Gebäude zusammen und hebt somit Siedlungsbereiche mit einem hohen Wärmebedarf hervor. Abbildung 2 zeigt exemplarisch den Raumwärme- und Warmwasserbedarf von Gebäuden als Wärmedichtekarte.



Abbildung 2: Exemplarischer Ausschnitt zur Darstellung der Wärmedichte auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: © Geomer]

3.2.2 Wärmebedarf und Anteil erneuerbare Energien

Der jährliche Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung aller Verbrauchergruppen beläuft sich auf rund 92.700 MWh pro Jahr. In Abbildung 3 ist die Aufteilung des Wärmebedarfs in die einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. Den höchsten Wärmebedarf weist die Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ auf.

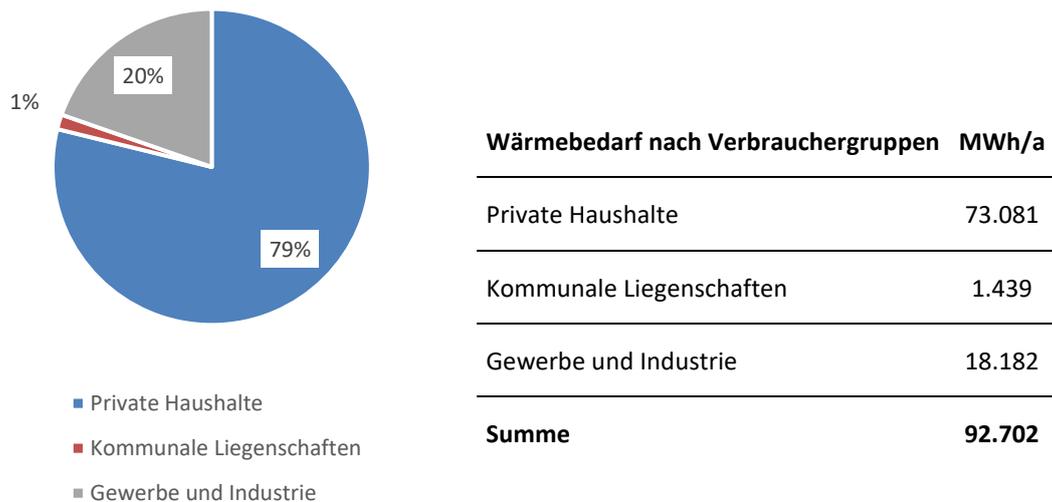
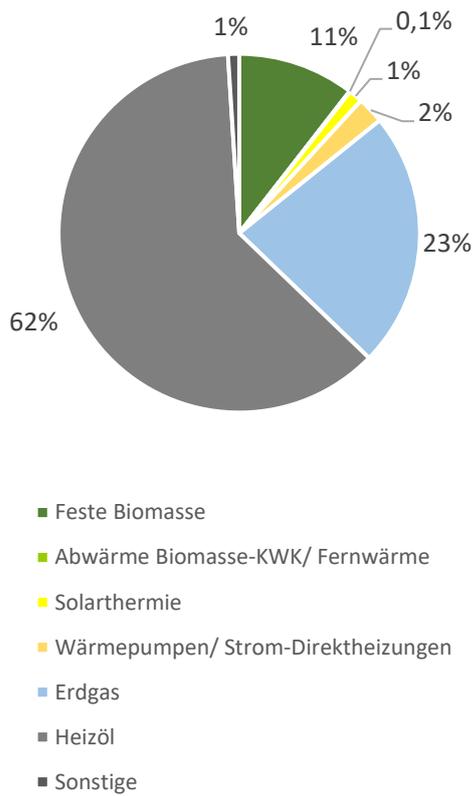


Abbildung 3: Wärmebedarf der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2019 in MWh

Von den insgesamt 92.700 MWh Wärmebedarf werden rund 14 % aus erneuerbaren Energien bereitgestellt, insbesondere über Biomasse (Holz). Wie in Abbildung 4 dargestellt, dominieren, mit einem Anteil von 62 % bzw. 23 %, jedoch aktuell noch Heizöl und Erdgas die Wärmebereitstellung.



Energieträger "Thermisch"	MWh/a
Feste Biomasse (Holz)	9.696
Heizstrom	6.705
Abwärme Biomasse-KWK	50
Solarthermie	1.157
Erdgas	21.391
Heizöl	52.776
Sonstiges (Flüssiggas, Sonderbrennstoffe)	927
Summe	92.702

Abbildung 4: Wärmeverbrauch und Anteil der Energieträger im Jahr 2019 in MWh

Hinweis in Verbindung mit der Szenarienentwicklung (Kapitel 5): um den thermischen Energiebedarf der Verbraucher darzustellen, werden strombasierte Heizsysteme (in den Energieversorgerdaten ein Mischwert aus Wärmepumpen und Strom-Direktheizungen) mit einer mittleren Jahresarbeitszahl von 3 multipliziert. Um aber den letztlichen Endenergieeinsatz im ausgearbeiteten Entwicklungsszenario (Kapitel 5) abzubilden, wurde hingegen rein der Stromeinsatz in die Bilanz überführt. Daher herrscht zwischen dem dargestellten Energiebedarf der thermischen Verbraucher (92.800 MWh) und dem Endenergiebedarf zur Wärmebereitstellung im Ausbauszenario (88.200 MWh) eine kleine Differenz.

3.3 Sektor Strom

Der Strombedarf im Markt Neunkirchen am Brand im Jahr 2019 beläuft sich in Summe auf rund 24.800 MWh. Zur Ermittlung des Strombedarfs wurden die Daten des Stromnetzbetreibers (Bayern-

werk Netz GmbH) herangezogen. Die Aufteilung des Strombedarfs in die einzelnen Verbrauchergruppen zeigt, dass der Sektor „Wirtschaft“ mit 55 % den größten Anteil einnimmt, gefolgt von den privaten Haushalten mit 42% (Abbildung 5).

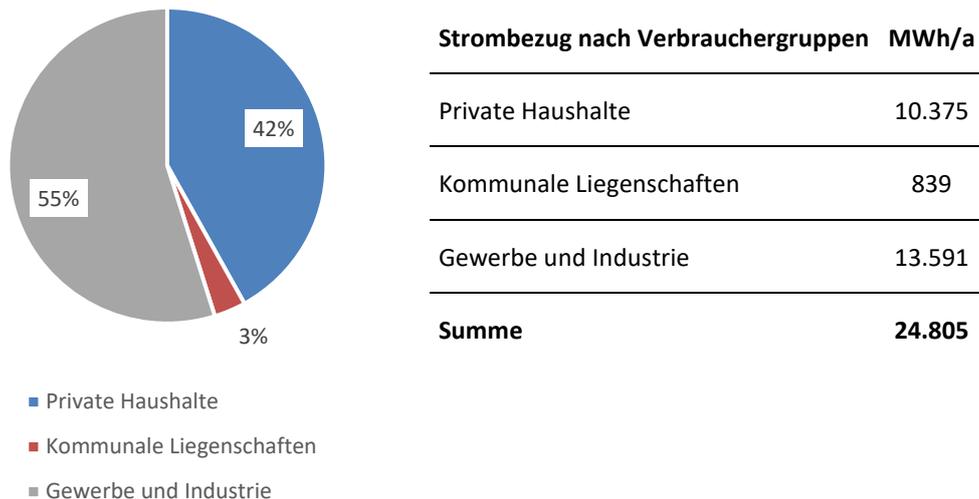


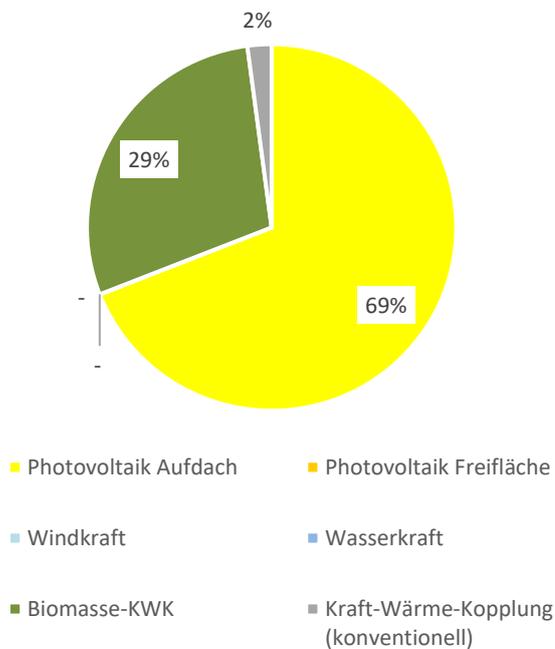
Abbildung 5: Strombezug der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2019 in MWh

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 4.739 MWh_{el} in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist. Den größten Anteil bildete dabei die Photovoltaik aus Aufdächanlagen (ca. 37 %) und die Biogasanlage (ca. 29 %). Ein kleiner Anteil von 2 % wurde aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen generiert.

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



Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien	MWh/a
Photovoltaik Aufdach	3.342
Photovoltaik Freifläche	-
Windkraft	-
Wasserkraft	-
Biomasse-KWK	1.396
Kraft-Wärme-Kopplung (konventionell)	102
Summe	4.840

Abbildung 6: Strom-Einspeisung aus Erneuerbare-Energien- und KWK-Anlagen im Jahr 2019 in MWh

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 wirtschaftlich meist sinnvoller).

In Summe wurden im Bilanzjahr 2019 innerhalb des Marktes bilanziell rund 24.805 MWh in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist. Dem gegenüber steht ein Strombezug im Jahr 2019 in Höhe von 4.840 MWh. Eine Übersicht von Bezug und Einspeisung ist in Abbildung 7 dargestellt.

⇒ **Bilanzieller Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung beträgt rund 19 % (Jahr 2019)**

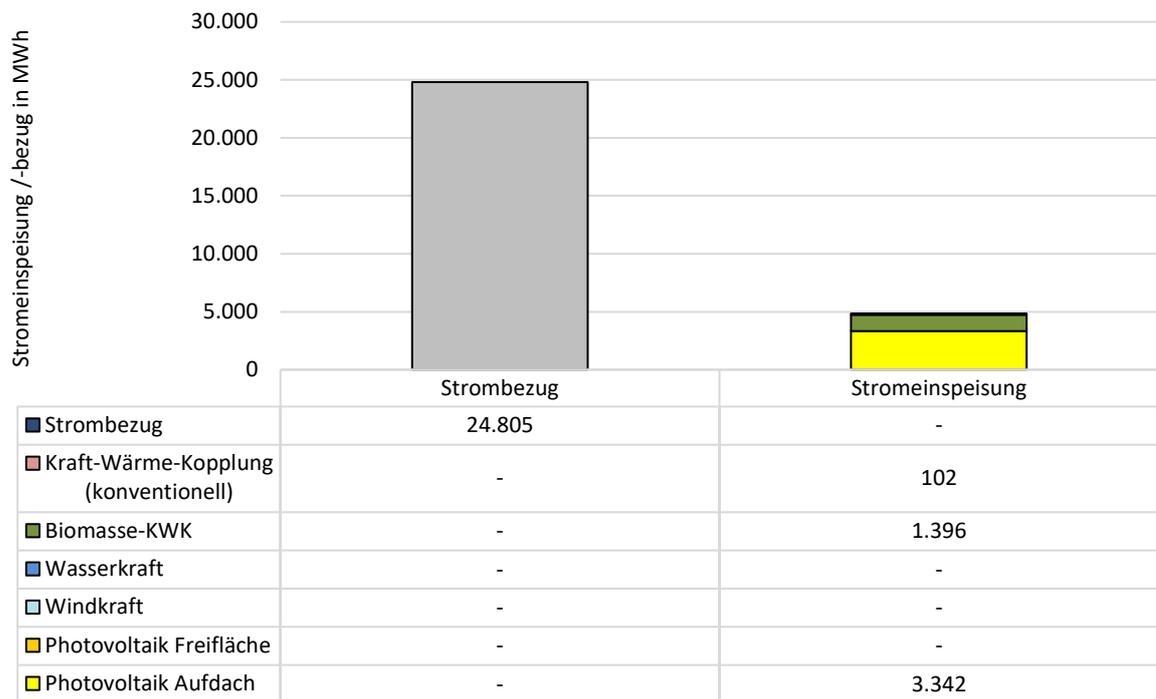


Abbildung 7: Stromeinspeisung erneuerbarer Energieträger und KWK im Jahr 2019 in MWh

Im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans wurden die eingespeisten Strommengen aus Energieerzeugungsanlagen im Bilanzgebiet detailliert erfasst und analysiert. Abbildung 8 zeigt eine Übersichtskarte der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Betrachtungsgebiet, wobei Erzeugungsanlagen kleiner als 30 kW_{el} aus Datenschutzgründen nur quantitativ, nicht aber georeferenziert vorliegen.

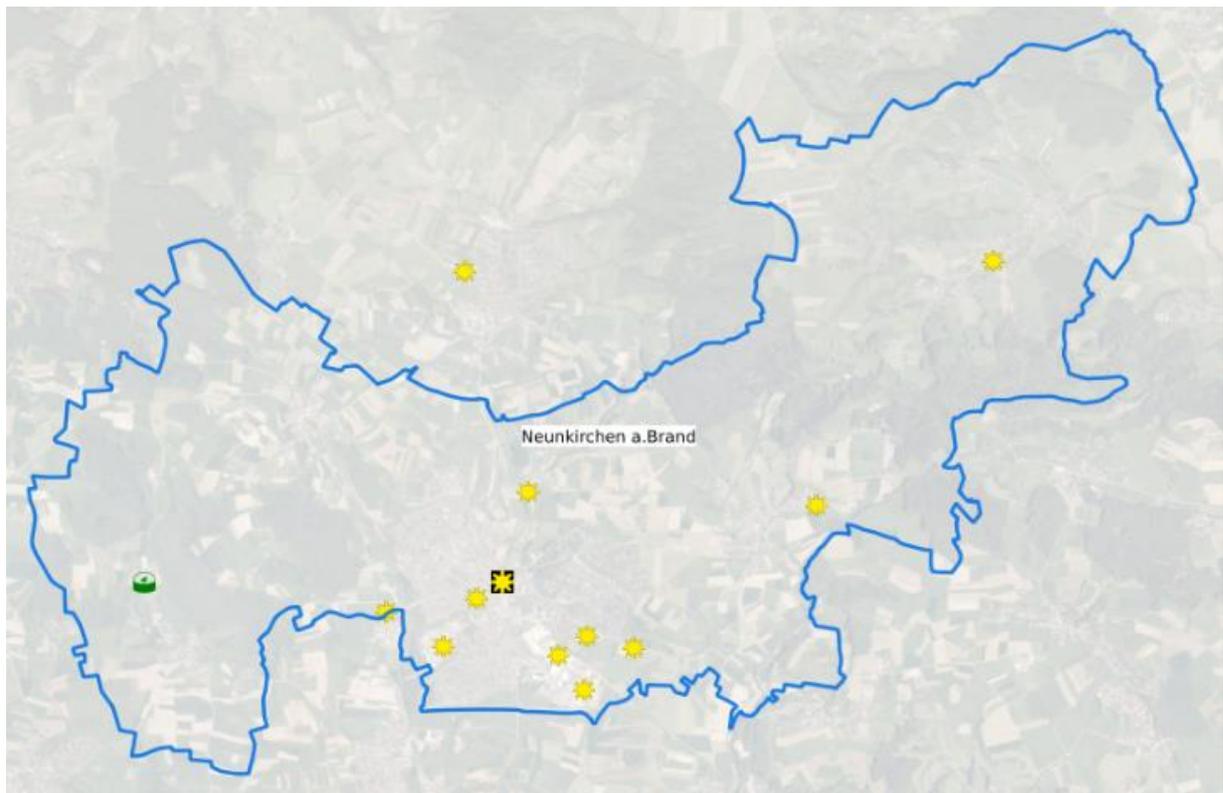


Abbildung 8: Übersichtskarte der Erneuerbare-Energien-Anlagen im Betrachtungsgebiet [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]

3.4 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 der Gemeinde 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 2.722 PJ (rund 756 Terawattstunden) für Mobilitätszwecke gebildet und auf die Bevölkerung der Gemeinde umgelegt. Der Anteil von Strom für Elektromobilität lag demnach bei rund 1,5 %. [BMVI]

So lässt sich ein jährlicher Pro-Kopf-Energiebedarf für Mobilität von rund 9.100 kWh pro Einwohner ermitteln, was umgelegt auf den Markt Neunkirchen einen Gesamt-Energieeinsatz von 72.822 MWh bedeutet (dabei Strombedarf für Mobilitätszwecke von 1.141 MWh).

3.5 Gesamtenergiebilanz im Ist-Zustand

In Abbildung 9 sind als Ergebnis der Datenanalyse die Endenergieeinsatzmengen im Betrachtungsgebiet, aufgeschlüsselt nach Energieträgern, dargestellt. In Summe beläuft sich der Endenergiebedarf auf rund 190.329 MWh pro Jahr. Davon werden rund 92.402 MWh pro Jahr für die Wärmeversorgung aufgewendet. Der elektrische Endenergiebedarf beläuft sich auf rund 24.804 MWh. Auf den Sektor Verkehr entfallen in etwa 72.822 MWh.

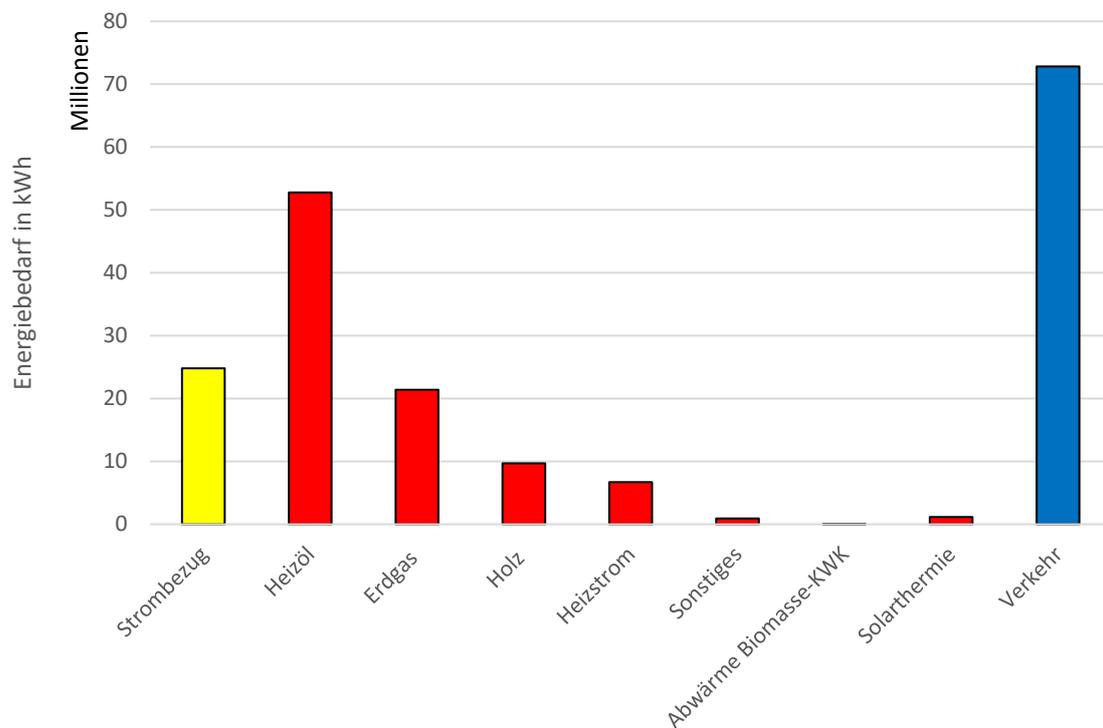


Abbildung 9: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach den Energieträgern

In Abbildung 10 ist dargestellt, wie sich der Endenergiebedarf auf die betrachteten Verbrauchergruppen „Private Haushalte“, „Kommunale Liegenschaften“, „Wirtschaft“ (Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie und Landwirtschaft) und „Verkehr“ verteilt.

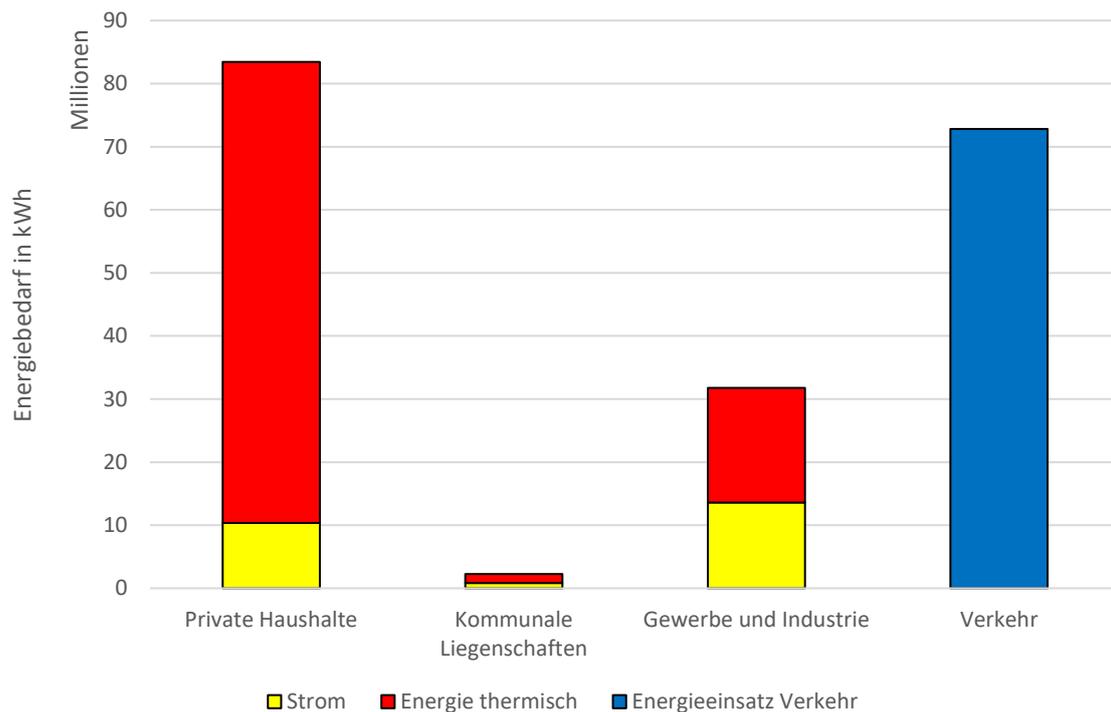


Abbildung 10: Endenergieeinsatz aufgeschlüsselt nach den Verbrauchergruppen

Den höchsten Energieverbrauch weist im Vergleich die Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ auf und ist überwiegend von thermischem Energiebedarf geprägt. Demzufolge wird dieser Verbrauchergruppe zukünftig im Bereich Effizienzsteigerung bzw. Energieeinsparung, durch z. B. Sanierung, eine sehr wichtige Aufgabe zukommen.

Die kommunalen Liegenschaften spielen hinsichtlich des Gesamt-Endenergiebedarfs im Vergleich eine eher untergeordnete Rolle. Jedoch kommt dieser Verbrauchergruppe insofern ein besonderes Augenmerk zu, als dass hier für die Kommune die Handlungsmöglichkeiten am unmittelbarsten gegeben sind und sie hier mit konkreten Maßnahmen gegenüber dem Bürger eine Vorbildfunktion ausüben kann. Der im Rahmen des Energienutzungsplans erarbeitete individuelle Maßnahmenkatalog hat viele Ansatzpunkte ergeben, um vor allem in dieser Verbrauchergruppe Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs bzw. zur Versorgung mit erneuerbaren Energien voranzutreiben.

In der Verbrauchergruppe „Wirtschaft“ wird zwar ebenso überwiegend Wärmeenergie benötigt, der Strom für die gewerblichen und industriellen Prozesse spielt hier aber eine wesentlich größere Rolle. Der im digitalen Energienutzungsplan erarbeitete Maßnahmenkatalog zeigt konkrete Ansatzpunkte auf, um den Verbrauch (Wärme und Strom) durch gezielte Maßnahmen zu reduzieren.

Der Sektor Verkehr stellt neben den privaten Haushalten die zweit-energieintensivste Verbrauchergruppe dar. Auch daher kommt ihr in Zukunft eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung des Gesamt-Energiesystems zu. Die zunehmende Elektrifizierung des Sektors geht einher mit einem deutlich steigenden Strombedarf, birgt aber durch die deutlich höhere Effizienz elektrischer Antriebe auch eine hohe Einsparwirkung beim Gesamt-Energieeinsatz. Infrastrukturell stellt dieser Schritt hohe Anforderungen an die Planungen bei der Gestaltung zukünftiger Energiesysteme. So ist der Sektorkopplung aus Strom, Wärme und Verkehr zukünftig bei nahezu sämtlichen energetischen Maßnahmen Bedeutung beizumessen.

3.6 CO₂-Bilanz

Zunächst wurde die Treibhausgasbilanz auf Basis des ermittelten Strom- und Wärmebedarfs sowie der Anteile der jeweiligen Energieträger am Endenergiebedarf erstellt. Dabei wird für jeden Energieträger ein spezifischer CO₂-Emissionsfaktor ermittelt, das sogenannte CO₂-Äquivalent, das neben den direkten Emissionen (z. B. aus der Verbrennung von Erdgas) auch die vorgelagerten Bereitstellungsketten umfasst (Gewinnung und Transport des Energieträgers). Im CO₂-Äquivalent sind also alle klimawirksamen Emissionen enthalten, die für die Bereitstellung und Nutzung eines Energieträgers anfallen. Dies beinhaltet auch die Emissionen an weiteren klimawirksamen Gasen, wie z. B. Methan, die auf die Klimawirksamkeit von Kohlendioxid normiert und im CO₂-Äquivalent verrechnet werden.

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

Für die zusätzlich in den Energienutzungsplan mit aufgenommene Verbrauchergruppe „Verkehr“ wird in Anlehnung an Veröffentlichungen der KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg ein Misch-Äquivalent für den Energieeinsatz im Sektor Verkehr abgeleitet.

Tabelle 1: Die CO₂-Äquivalente der jeweiligen Energieträger – Berechnungen IfE mittels GEMIS 4.9

Energieträger	CO₂-Äquivalent (Direkt + Vorkette) [g/kWh_{End}]
Strom	558
Erdgas	244
Flüssiggas	271
Heizöl EL	313
Braunkohle	449
Biogas	90
Biomethan	111
Holzpellets	18
Hackschnitzel	14
Scheitholz	13
<i>...angelehnt an Berechnungen der KEA BW [KEA]</i>	
Verkehr	300

Aus dem Gesamtendenergieverbrauch und der Stromeinspeisung erneuerbarer Energien und KWK resultiert ein Ausstoß von rund 56.335 Tonnen CO₂ pro Jahr. Dies entspricht einem jährlichen Ausstoß klimawirksamer Gase von rund 6,9 Tonnen CO₂ pro Kopf.

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 konkreter bekannt sind, müssen Annahmen getroffen werden. Die ersten beiden Annahmen stehen allgemein über den weiteren Betrachtungen:

Demographie

Für die Gemeinde Neunkirchen a.Brand wurde zuletzt ein Integriertes Städtebauliches Entwicklungskonzept (ISEK) erstellt. Dieses beinhaltet unter anderem auch die Prognose, dass die Bevölkerung mittelfristig ein Wachstum erfahren wird. Zwar ist anzunehmen, dass der Endenergiebedarf im Bereich privater Haushalte annähernd mit der Anzahl der Einwohner korreliert, ob und wie sich eine steigende Anzahl von Einwohnern allerdings auf den Sektor kommunale Liegenschaften und insbesondere die Industrie niederschlägt ist nicht zu prognostizieren. Daher wird für die Potenzialanalyse von einem gleichbleibenden Bevölkerungsstand ausgegangen. Dies ist auch vor dem Hintergrund wichtig, dass nur so einheitliche Vergleichsbasis für Energienutzungspläne gewährleistet werden kann.

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 Gesamtenergiekonzepts kein Rückbau von EE-Anlagen einkalkuliert wird.

Neben diesen allgemeinen Annahmen müssen für die einzelnen Bereiche dieses Gesamtenergiekonzepts Annahmen darüber getroffen werden, wie weit das jeweilige technische Potenzial bis zum Jahr 2030 bzw. 2040 ausgeschöpft werden soll bzw. kann. Nach Abstimmung mit den Akteuren vor Ort wird ein Szenario entwickelt, bei welchem der im Jahr 2040 bestehende Energiebedarf zumindest bilanziell zu 100 % aus regionalen Energiequellen gedeckt werden könnte. Der jeweils für das Szenario angenommene Erschließungsgrad ist in Kapitel 5 nochmals übersichtlich dargestellt.

Wichtig: das abgebildete Szenario stellt nur einen von vielen möglichen zu gehenden Pfaden 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.), sondern auch nach Speichern, regelbaren Verbrauchern (z. B. auch in Form von Elektrolyseuren zur Wasserstoffproduktion) und intelligentem Lastmanagement. Auch im Zusammenhang mit der zunehmenden Sektorkopplung aus Strom, Wärme und Verkehr sind diese Faktoren von großer Bedeutung.

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 Stromverbrauchs und somit auch zu einer Reduktion des CO₂-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 CO₂-Emissionen für die Städte und Kommunen kann dabei in mehrere Ebenen untergliedert werden:

- die Selbstverpflichtung aus Überzeugung von der Notwendigkeit des Handelns
- die Vorbildfunktion für alle 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. 15 % bis zum Jahr 2030 sowie um ca. 27 % bis zum Zieljahr 2040, jeweils bezogen auf den Ist-Zustand.

Sanierungskataster

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 aus Datenschutzgründen anonymisierter, beispielhafter Ausschnitt ist in Abbildung 11 dargestellt.



Abbildung 11: Exemplarischer Ausschnitt aus dem Sanierungskataster vor und nach der Sanierung im Jahr 2030

Hierbei wird als Zielstellung für die Gebäudesanierung eine ambitionierte Sanierungsrate von 2,5 %/a der gesamten, jeweils noch unsanierten Wohnfläche auf einen Wärme-Bedarf von $100 \text{ kWh}_{\text{th}}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ (entspricht in etwa dem Standard der Wärmeschutzverordnung 95) festgelegt. Für die Haushalte im Gemeindegebiet entspricht dies insgesamt einer rechnerischen Wärme-Einsparung der Haushalte um ca. 12 % bis 2030 und ca. 22 % bis 2040.

Bei der Ausarbeitung der möglichen Entwicklungspfade über das Jahr 2030 bis hin zum Zieljahr 2040, werden diese Entwicklungen in eine Gesamt-Übersicht überführt (siehe Kapitel 5). Hieraus können die über die Zeit entstehenden Einsparungen und die Transformation des Energiesystems auf der Bedarfsseite im Gesamtkontext nachvollzogen werden.

4.3 Effizienzsteigerungs- und Transformationsprozesse im Sektor Verkehr

Wie in Kapitel 3.4 geschildert, wurde der Sektor Verkehr vor allem mit Blick auf die stetig wachsende Bedeutung der Sektorenkopplung und in Abstimmung mit der Gemeinde 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 (beispielsweise 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 3.4 analysiert und der mobilitätsbedingte Energieeinsatz für das Gemeindegebiet von rund 73.964 MWh errechnet. Durch die sukzessive Elektrifizierung verbliebe im Zieljahr 2040 (rechnerisch) ein fossiler Restanteil im Bereich Verkehr von rund 8.742 MWh. Parallel dazu steigt der Strombedarf an, von aktuell rund 1.141 MWh auf rund

21.360 MWh in 2040. Diese erforderliche elektrische Energie muss entsprechend entweder unmittelbar aus erneuerbaren Stromquellen oder indirekt aus erneuerbaren Quellen mit einem Zwischenschritt (voraussichtlich 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 Defossilisierung 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 überwiegend aus Kraftstrom bestehende Strombedarf, verstärkt die beiden genannten weiteren Anwendungsfelder hinzukommen. Infolgedessen wird der Gesamtstrombedarf, trotz Effizienzsteigerung im Bereich 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 Potenzialfassung 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 Solarthermiepoteziale auf Dachflächen wurde als Basis das für den Markt Neunkirchen am Brand neu entwickelte, gebäudescharfe Solarpotenzialkataster (<https://www.solare-stadt.de/markt-neunkirchen-am-brand/>) herangezogen. Grundlage für die Solarpotenzialanalyse sind Laserscandaten, die beim Überfliegen des jeweiligen Untersuchungsgebiets 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. Die statische Eignung einzelner Gebäude und Dachflächen ist in der Datengrundlage nicht enthalten und kann daher auch nicht automatisiert mit abgebildet werden. In der Regel erfordert dies immer eine Einzelfallprüfung.

Somit können alle Dachflächen auf Grundlage der Einstrahlungssimulation kategorisiert werden, inwieweit diese zur Installation von Solarthermie- oder Photovoltaikmodulen geeignet sind.

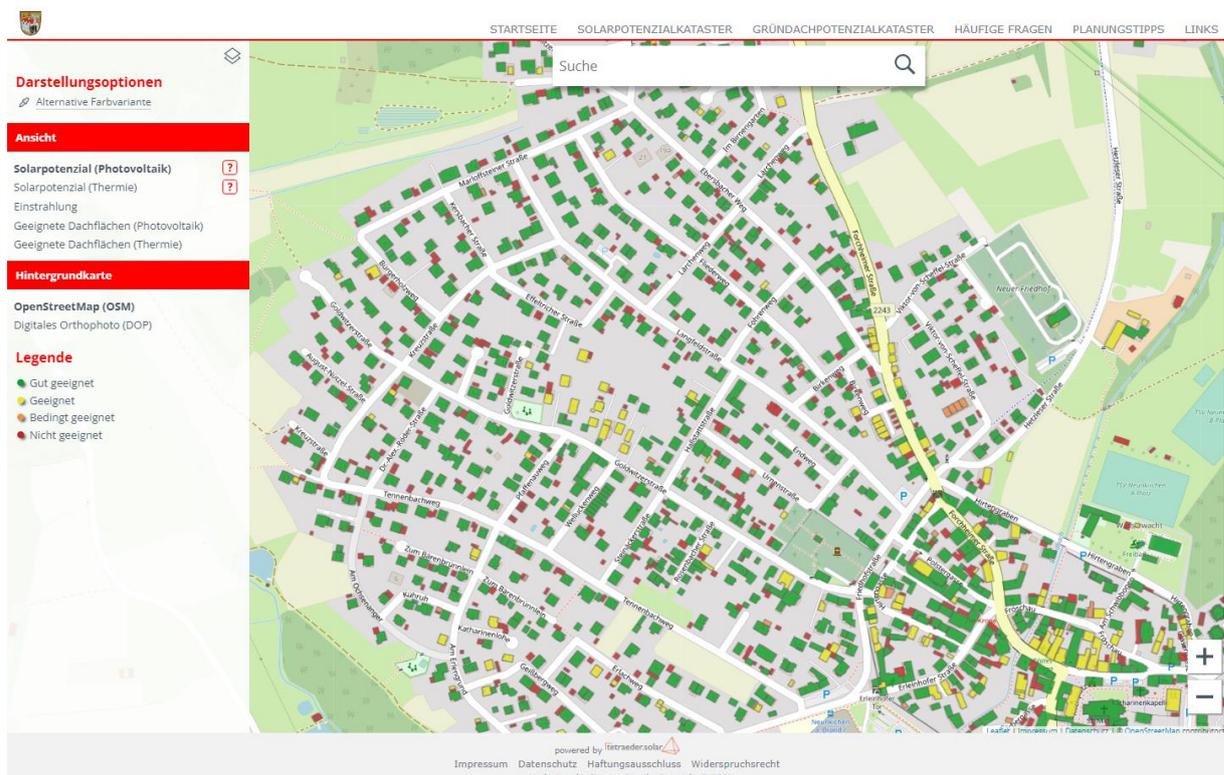


Abbildung 12: Auszug Solarpotenzialkataster für den Markt Neunkirchen am Brand (<https://www.solare-stadt.de/markt-neunkirchen-am-brand/>)

4.5.1.2 Solarthermie auf Dachflächen

Viele der für die solare Nutzung geeigneten Dachflächen (siehe Solarpotenzialkataster) können sowohl für die Installation von Solarthermieranlagen als auch für die Installation von Photovoltaikanlagen für die Stromproduktion genutzt werden. Aufgrund der direkten Standortkonkurrenz der beiden Techniken muss dabei eine prozentuale Verteilung berücksichtigt werden. Um ein praxisbezogenes Ausbausoll an Solarthermiefläche vorgeben zu können, wird als Randbedingung ein Deckungsziel 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 $12,5 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{m}^2_{\text{WF}} \cdot \text{a}$ [GEG] ergibt sich für das Betrachtungsgebiet ein jährlicher Gesamt-Energiebedarf von rund $5.579 \text{ MWh}_{\text{th}}$ für die Wassererwärmung. Das angestrebte Deckungsziel wird auf 60 % festgelegt. Dies entspricht einem Energiebedarf von rund $3.348 \text{ MWh}_{\text{th}}$, der durch Solarthermie gedeckt werden soll. Um dies zu erreichen, werden insgesamt rund 8.369 m^2 an Kollektorfläche benötigt. Diese Fläche wird im Rahmen des Energienutzungsplans gleichzeitig als technisches Potenzial der Solarthermie definiert. Derzeit sind im Betrachtungsgebiet bereits Solarthermieranlagen mit einer Gesamtfläche von knapp 3.306 m^2 installiert, sodass noch ein Ausbaupotenzial von rund 5.062 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 $65.877 \text{ MWh}/\text{a}$. In Abstimmung 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 46.114 MWh Stromerzeugung pro Jahr zur Verfügung. Dies entspricht einer Gesamtleistung in Höhe von rund 53.613 kW_p .

Im Bilanzjahr 2019 waren bereits Anlagen mit einer Gesamtleistung von rund 3.401 kW_p installiert, sodass unter den beschriebenen Annahmen noch ein Ausbaupotenzial von rund 50.212 kW_p besteht.

Dabei handelt es sich, wie zuvor bereits erläutert, um ein vorhandenes, technisches Potenzial. Ob und wieviel davon letztlich tatsächlich bis zum Zieljahr 2040 gehoben werden kann, ist an eine Vielzahl

nicht unwägbarer Faktoren geknüpft. Dazu sind beispielsweise die Aufnahmefähigkeit des Stromnetzes oder auch der steigende Fachkräftemangel für die Installation der Photovoltaikanlagen zu nennen.

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 noch keine Freiflächen-PV-Anlagen im Gemeindegebiet installiert.

Nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz ist die Installation von Freiflächen-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 liegen in landwirtschaftlich benachteiligtem Gebiet, siehe Abbildung 13. Auch der Markt Neunkirchen ist vollständig als solches klassifiziert.

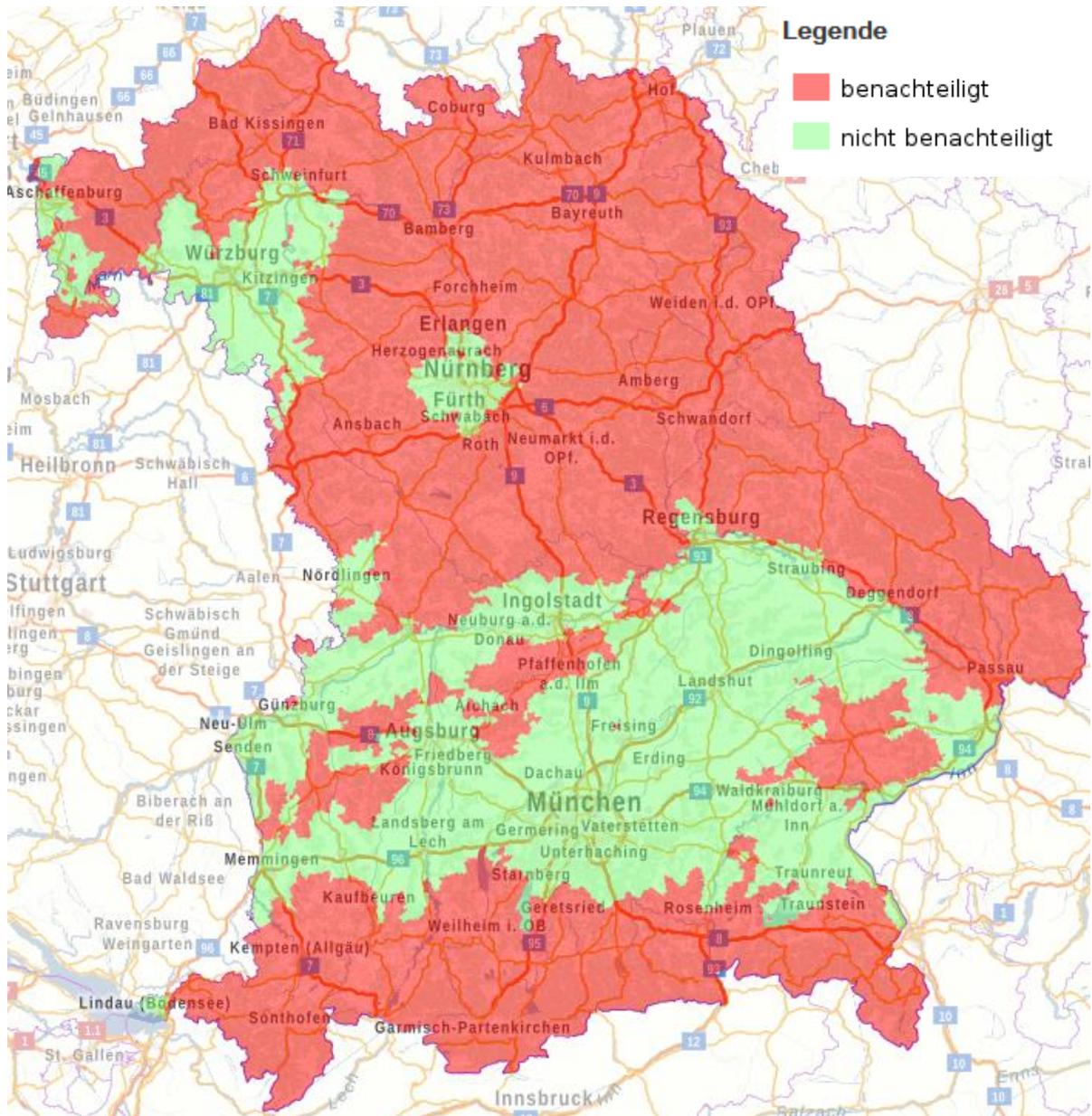


Abbildung 13: Übersicht landwirtschaftlich benachteiligter und nicht-benachteiligter Gebiete in Bayern [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]

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

Tabelle 2: Potenzialanalyse Photovoltaik-Freiflächenanlagen – Kriterien

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

Ein weiterer, hervorzuhebender Faktor im Zusammenhang mit Freiflächen-Photovoltaik-Projekten ist ein signifikanter Anteil von Landschaftsschutzgebiet und Naturpark in der Gemeinde. Abbildung 14 zeigt die Erfassungsbereiche (grün: Landschaftsschutzgebiet; orange: Naturpark Fränkische Schweiz).

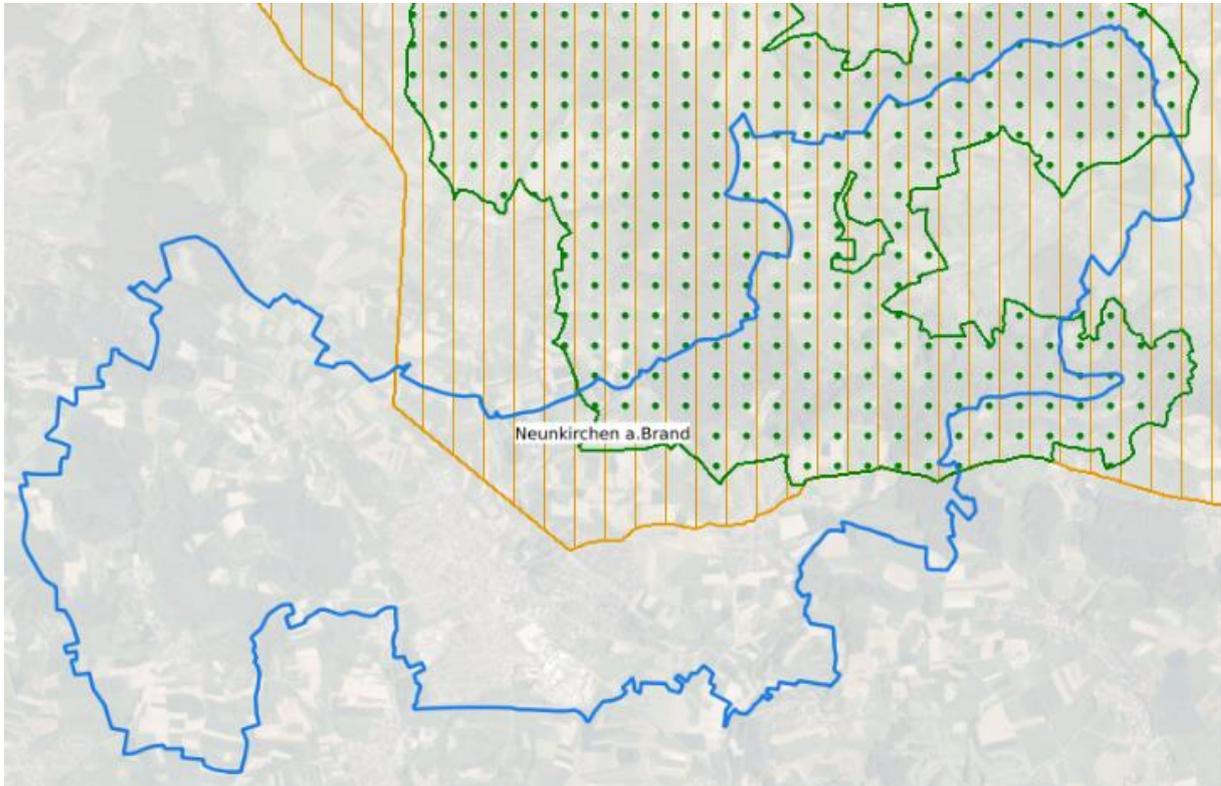


Abbildung 14: Übersicht über Landschaftsschutzgebiete und Naturpark in Neunkirchen a. Brand [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]

Bebauungsplanpflichtige Maßnahmen, wie Freiflächen-Photovoltaik, sind in diesen Bereichen nur nach Ausnahme der Flächen aus dem jeweiligen Schutzgebiet möglich. Dies erfordert jeweils eine individuelle Einzelfallprüfung in Abstimmung mit den zuständigen Behörden (vor allem untere Naturschutzbehörde). Projekte können auf diese Weise aber auch in diesen Arealen ermöglicht werden. So wurde in Abstimmung mit den Akteuren vor Ort auch im vorliegenden Konzept der Ansatz verfolgt, dass das Kriterium Landschaftsschutzgebiet und auch das Kriterium Naturpark nicht als ausschließende Faktoren für Photovoltaik- oder Windkraftprojekte angesetzt werden.

Auf Basis aller zuvor beschriebenen Ausschlusskriterien konnte eine Übersicht potenziell geeigneter Flächen im Gemeindegebiet ausgearbeitet werden (Abbildung 15). Gleichzeitig wurde ebenso festgelegt, dass in der Analyse eine Mindestgröße pro Vorhaben von 3 ha hinterlegt werden soll. Flächen, die unter den genannten Kriterien zwar in Frage kämen, Projekte in dieser Größenordnung aber voraussichtlich nicht ermöglichen, sind in Abbildung 15 schwarz eingefärbt.

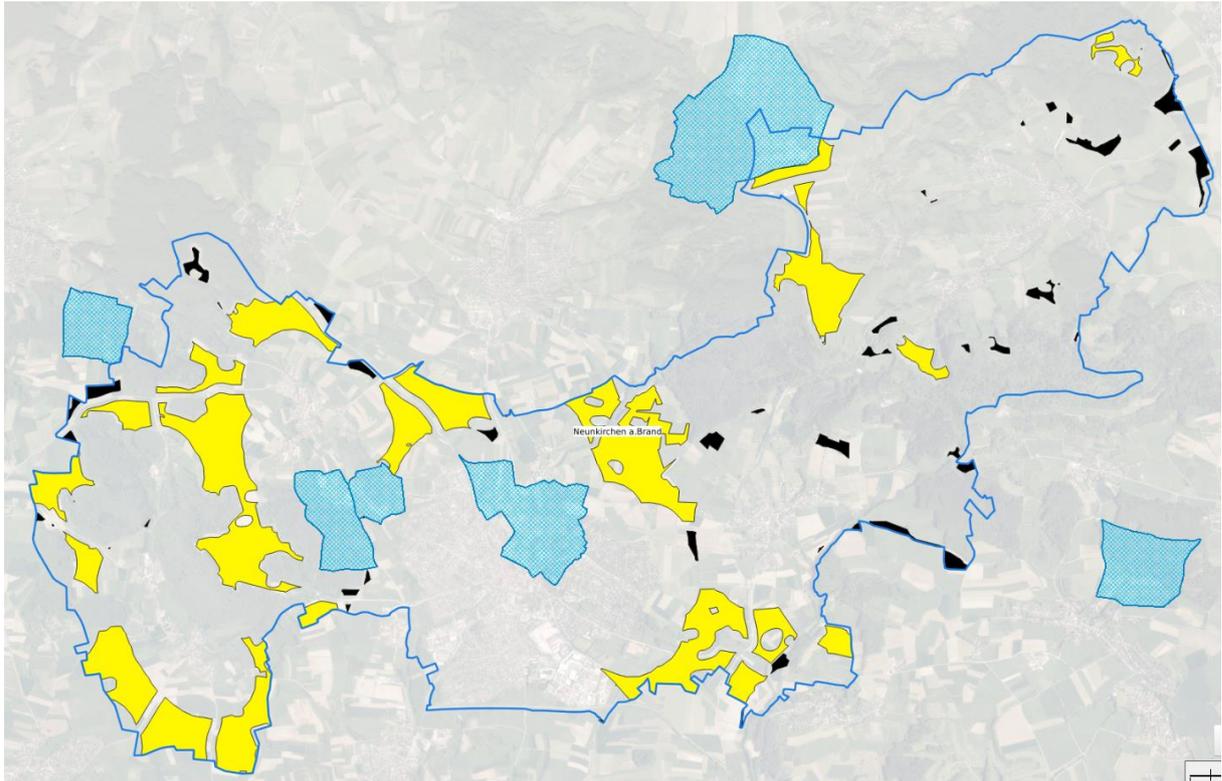


Abbildung 15: Ergebnis der Analyse der technischen Potenziale im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]

Die unter diesen Voraussetzungen hervorgehende Flächenkulisse beträgt in Summe rund 325 ha. Diese Flächen sind im Sinne der geschilderten Begriffsdefinitionen als technisches Potenzial zu betrachten.

Die in Neunkirchen vorhandenen Trinkwasserschutzgebiete sind in der Betrachtung definitionsgemäß ausgeklammert. Aus der vorhandenen Datengrundlage kann nicht ermittelt werden, inwieweit diese wirklich genutzt werden könnten. Zum einen hängt die Eignung für Photovoltaik-Projekte von der Schutzklasse der jeweiligen Zonen innerhalb des Schutzgebiets ab. Zudem sind Projekte immer in enger Abstimmung und im Einzelfall mit den Wasserwirtschaftsämtern zu entwickeln. Häufig ist der erweiterte Einzugsbereich nutzbar, der nähere Einzugsbereich hingegen nicht. Insgesamt liegen rund 120 ha Trinkwasserschutzgebiet auf Neunkirchener Gemarkung. Sie sind in Abbildung 15 blau dargestellt.

Ein kleiner Teil im Gebiet südöstlich des Kernorts beheimatet eine geschützte Schmetterlingsart. Der automatisierte Berechnungsansatz kann dies nicht wiedergeben. In Summe betrifft dies ein Gebiet von wenigen Hektar.

Die sogenannte Agri-Photovoltaik ermöglicht durch die Art seiner Konstruktion die Nutzung einer (i.d.R. landwirtschaftlichen) Fläche für die beiden Anwendungsfälle Bewirtschaftung und Stromgewinnung. Diese Art der Anlage hat sich, zumindest in der Breite, heute noch nicht etabliert, gewinnt aber stetig an Bedeutung. Der Markt misst der Technologie einen großen Stellenwert bei, um zukünftig einerseits die solaren Potenziale zu heben und gleichzeitig die Konkurrenz um die Flächen zu mindern. Im Ausbauszenario (Kapitel 5) wurde davon ausgegangen, dass langfristig 50 % des Zubaus im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik in Form von Agri-PV-Anlagen ausgeführt werden.

4.5.2 Wasserkraft

Größere Fließgewässer sind in Neunkirchen nicht vorhanden. So sind zur Zeit auch keine bestehenden Wasserkraftanlagen zu verzeichnen. Gespräche mit den Akteuren vor Ort unterstreichen nochmals, dass ein signifikantes Potenzial für die Gewässer in Neunkirchen nicht zu erwarten ist.

Im nordbayerischen Raum lässt sich vielerorts beobachten: Was das Installieren von Neuanlagen oder Repowern von Alt-Standorten angeht, 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.

4.5.3 Biomasse

4.5.3.1 Holz für energetische Nutzung

Das Marktgebiet Neunkirchen am Brand weist einen Waldflächenanteil von 23 % (620 ha) auf. [Sta Ba]

Die Berechnungen zum energetischen Ist-Zustand ergaben, dass im Jahr 2019 in etwa 9.696 MWh Endenergie aus Biomasse bereitgestellt wurde. Somit trägt Biomasse (Hackschnitzel, Pellets, Scheitholz) zu rund 10 % zur Deckung des thermischen Energiebedarfs in der Gemeinde bei. Die Datengrundlage ermöglicht es nicht zu differenzieren, woher die jeweilige Biomasse stammt. In der Praxis ist davon auszugehen, dass signifikante Mengen (z. B. Pellets) von außerhalb des Bilanzraums importiert werden und daher nicht aus den Wäldern auf dem Gemarkungsgebiet Neunkirchen entstammen. Gleichzeitig ist auch von einem Stoffstrom auszugehen, mit dem Holzmengen aus den Wäldern in Neunkirchen in andere Gebiete verbracht werden.

Zur Analyse des technischen Gesamtpotenzials an Holz für energetische Nutzung wurden Analysen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) herangezogen. Die Berechnungen der LWF stellen die 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 sowie 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 Holzeinschlagsserhebungen, 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 LWF beläuft sich das energetische Potenzial somit auf 6.833 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 2.000 MWh. Letztlich werden (unter anderem aus Gründen der Erfordernis der Wälder als CO₂-Senke und möglicher klimatischer Einflüsse) nicht 100 % des theoretischen Potenzials technisch nutzbar sein. Dies wird später mit einem Abschlagsfaktor berücksichtigt. Somit kann das hier angegebene theoretische Potenzial als legitime Größe für das spätere Ausweisen eines technischen Potenzials betrachtet werden.

Altholz

Laut Abfallbilanz fielen im Jahr 2019 im Betrachtungsgebiet pro Einwohner 32 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 157 t zur energetischen Nutzung zur Verfügung, was einer Energiemenge von rund 630 MWh/a entspricht.

Zusammenfassung feste Biomasse

In Tabelle 3 ist das technische Potenzial zur Energiebereitstellung aus holzartiger Biomasse zusammenfassend aufgelistet.

Tabelle 3: Zusammenfassung des rechnerischen, territorialen Gesamtpotenzials im Bereich fester Biomasse

Energiebereitstellung		
Energieholz aus Waldbeständen	MWh/a	6.833
<u>zusätzlich:</u>		
Flur- und Siedlungsholz	MWh/a	2.000
Altholz	MWh/a	630
Rechnerisches Gesamtpotenzial	MWh/a	9.463

In Summe beträgt das rechnerische Gesamtpotenzial an fester Biomasse im Gemeindegebiet rund 9.463 MWh. Genutzt werden aktuell rund 9.696 MWh. Ein langfristiges, nachhaltiges Ausbaupotenzial ist daher rein territorial betrachtet nicht mehr zu erschließen.

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

Festhalten lässt sich aber, dass Holz als alleinige Energiequelle zur mittel- und langfristigen Substitution von Öl und Erdgas nicht ausreichen wird. Es sollten 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 aufgeführt.

Im Ist-Zustand gibt es nur eine Biogasanlage in Neunkirchen (Ortsteil Rosenbach, siehe Abbildung 16). Der in der Biogasanlage generierte Strom deckt aktuell 6 % des Bedarfs im Gemeindegebiet. Aus den vorliegenden Angaben zur Biogasanlage wird abgeleitet, dass aktuell rund 50 MWh an Abwärme für Nahwärmeversorgung ausgekoppelt werden, was in Bezug auf den Gesamt-Wärmebedarf, aber weniger als 1 % beiträgt.

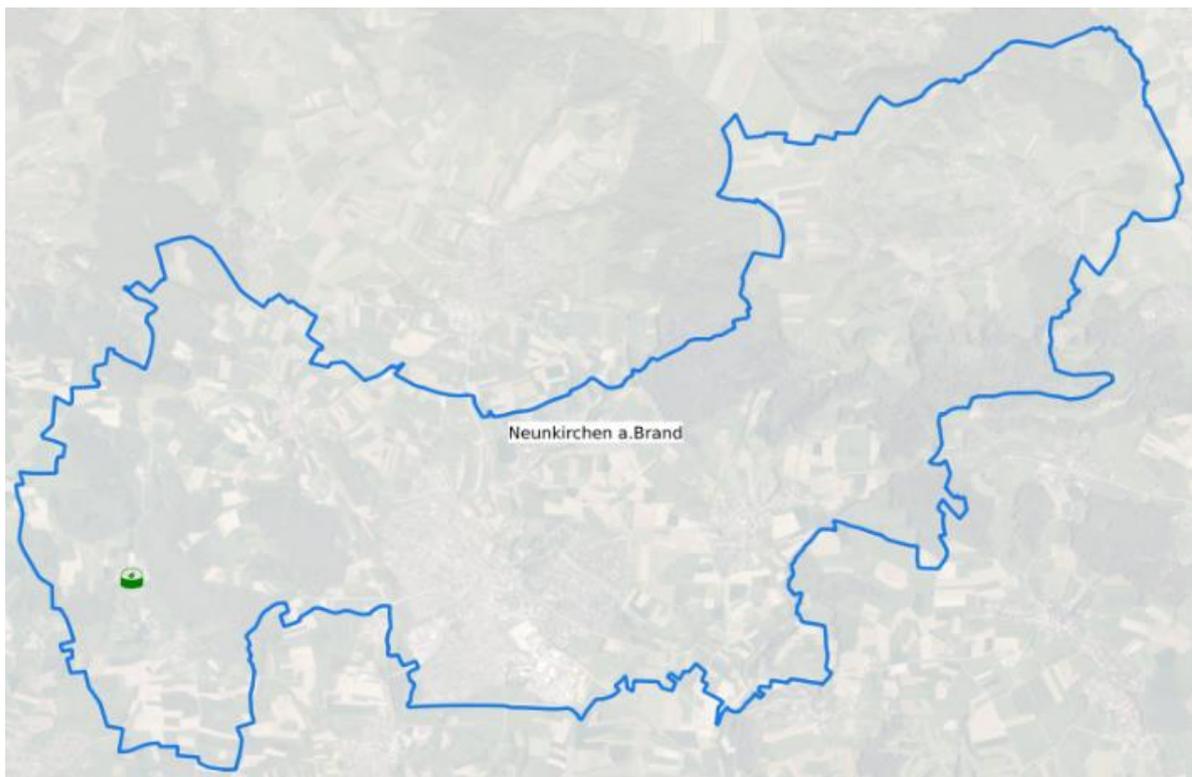


Abbildung 16: Standort der bestehenden Biogasanlage [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]

In verschiedenen Landkreis-Konzepten in der Region wurden zur Thematik Energiepflanzenanbau Gespräche mit den örtlich verantwortlichen Landwirtschaftsämtern geführt. Auf diese Erkenntnisse stützen sich auch die Berechnungen für den Energienutzungsplan des Marktes Neunkirchen. Abhängig von der Entwicklung landwirtschaftlicher Betriebe und klimatischer Effekte auf die Erträge aus bestehenden landwirtschaftlichen Flächen, könnten damit zwischen 10 und 20 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen nachhaltig zum Anbau von Energiepflanzen herangezogen werden. Hinzu kommen Potenziale aus der energetischen Verwertung von Gülle, Klärschlamm und biogenen Abfallstoffen. So ergibt sich ein rechnerisches Gesamtpotenzial zum Betrieb von Biomasse-KWK-Anlagen mit einer jährlichen Stromerzeugung von ca. 3.679 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 in der Gemeinde jährlich rund 1.396 MWh. Dementsprechend ist nachhaltiges Zubaupotenzial im Bereich der Biomasse-KWK gegeben. 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 Marktgebiet Neunkirchen 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.

Insgesamt ist bei den ermittelten Gesamtpotenzialen das Auskoppeln von rund 2.733 MWh Wärme möglich (dabei wurde ein Anteil Eigenbedarf zur Fermenter-Beheizung bereits abgezogen), welche insbesondere bei Nutzung in Wärmenetzen einen wertvollen Beitrag leisten kann, um fossile Energieträger wie Öl und Gas zu ersetzen. Vielerorts in Bayern lässt sich feststellen, dass Biogasanlagen hinsichtlich einer sinnvollen Wärmenutzung eher deplatziert errichtet wurden. Bei Neuanlagen müsste verstärkt ein Augenmerk auf eine intelligente Verortung für eine sinnvolle Einbindung der Abwärmenutzung und somit auch zur maximal effizienten Ausnutzung des Energiegehalts der eingesetzten Substrate geachtet werden.

Bei der bestehenden Biogasanlage in Neunkirchen zeigt sich, dass die Abwärme bisher nur teilweise hochwertig (Wärmenetz) genutzt wird. Aus der Rückmeldung auf den versandten Fragebogen konnte

identifiziert werden, dass Potenzial an weiterer Wärmeauskopplung aus der bestehenden Anlage gegeben ist.

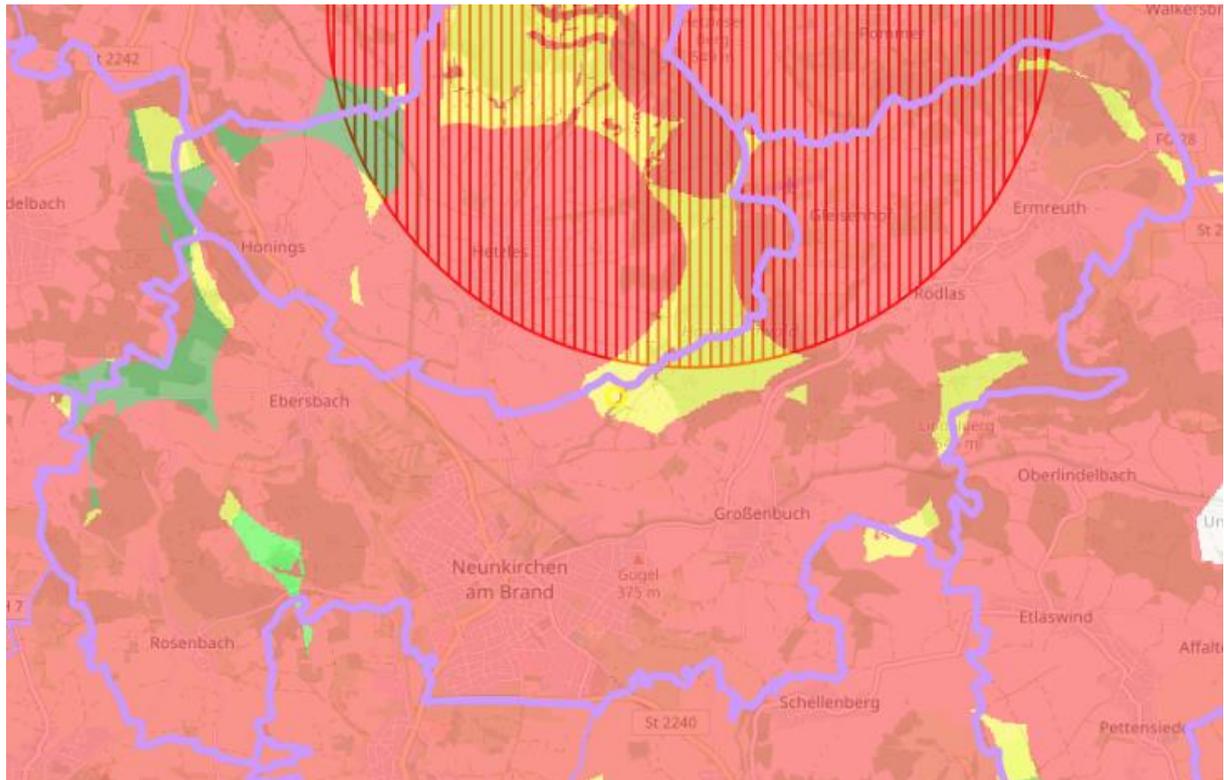
In Bayern ist allgemein festzustellen, dass bestehenden Biogasanlagen Perspektiven geboten werden müssen, um weiter kostendeckend betrieben werden zu können. Der Weiterbetrieb ist im Kontext des erneuerbaren Energiemix' von großer Bedeutung, da sie – anders als die vieldiskutierten Energieformen Sonne 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 noch keine Windkraftanlagen im Gemeindegebiet Neunkirchen installiert.

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.

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.



Legende

- für WEA vermutlich geeignete Flächen
(mittl. Windgeschwindigkeit ab 5 m/s in 130 m Höhe)
- für WEA vermutlich geeignete Flächen
(mittl. Windgeschwindigkeit 4,5 - 4,9 m/s in 130 m Höhe)
- für WEA im Einzelfall eventuell geeignete Flächen
(sensibel zu behandelnde Flächen)
- Vogelschutzgebiete nach europ. Schutzbestimmungen (SPA)
(regelmäßige Ausschlussgebiete für WEA)
- für WEA voraussichtlich nicht geeignete Flächen
(Ausschlussgebiete)
- nicht untersuchte Flächen
(mittl. Windgeschwindigkeit unter 4,5 m/s in 130 m Höhe)

Abbildung 17: Übersicht potenziell nutzbarer Gebiete für Windkraftanlagen [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]

Idealerweise ergäbe sich somit die in Abbildung 17 mögliche, nutzbare Flächenkulisse. Eingeschränkt wird diese durch eine Flugsicherungsanlage am Hetzleser Berg (rot gekennzeichnete Schutzzone).

Kombiniert wurden diese definierten Abstandsregularien mit dem technischen Faktor der sogenannten Windleistungsdichte. In der Praxis lässt sich ein Wert von rund 200 W/m² 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 das Gemeindegebiet (Abbildung 18).

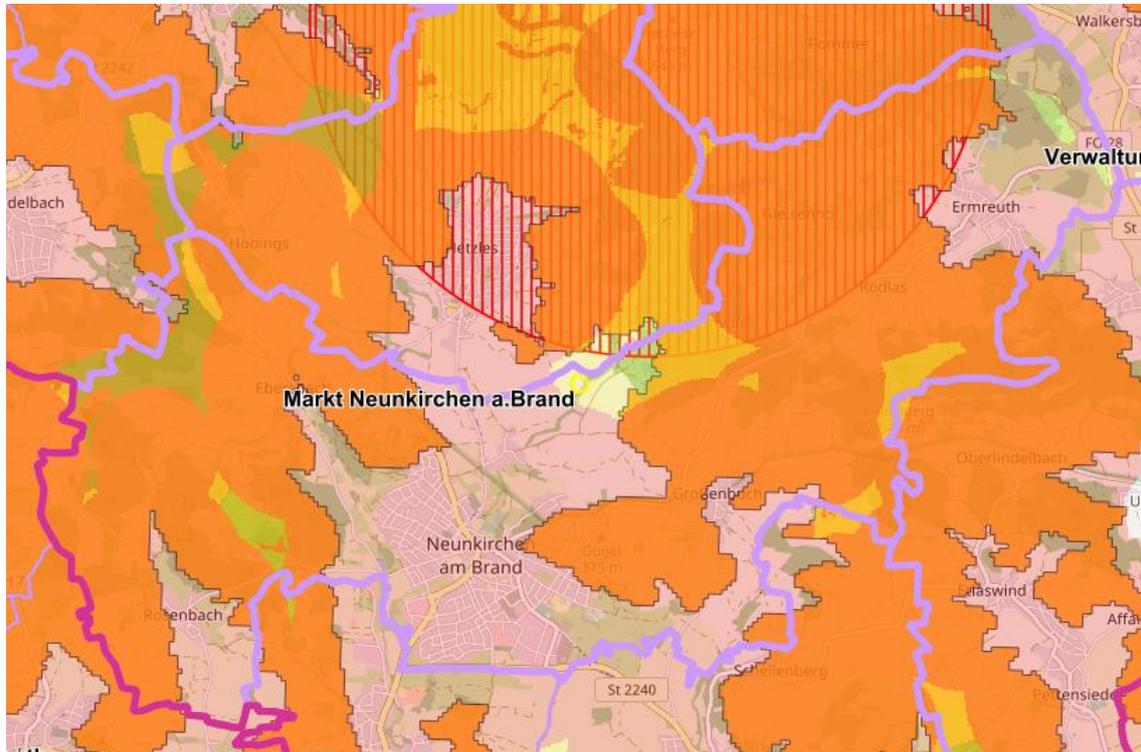


Abbildung 18: Übersicht potenziell nutzbarer Gebiete für Windkraftanlagen inklusive Windleistungsdichte [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]

Bis auf wenige Ausnahmen, decken sich die nach den Untersuchungen des LfU denkbaren Gebiete für Windkraftanlagen auch mit einer in der Praxis i.d.R. ausreichenden Windleistungsdichte.

Die Anzahl der tatsächlichen Anzahl von Standorten innerhalb dieser Flächenkulisse ist im Rahmen des Energienutzungsplans nicht auszuweisen, da unter anderem für den jeweiligen Abstand der Windkraftanlagen untereinander Faktoren wie Haupt- und Nebenwindrichtung relevant sind, über die keine Datengrundlage vorliegt.

Für das Aufstellen eines möglichen Zukunftsszenarios kann jedoch auf eine bestehende Einschätzung von Standorten zurückgegriffen werden. So wurden im Gemeindegebiet bereits vor einigen Jahren tiefergehende Überlegungen zu potenziellen Standorten innerhalb der damaligen sog. Gebietskulisse Windkraft durchgeführt. Diese deckt sich in den betreffenden Bereichen gut mit der Gebietskulisse

heute. Die Überlegungen ergaben in den betreffenden Teilgebieten im nordwestlichen Gemeindegebiet ein Standortpotenzial von bis zu 5 Anlagen.

Perspektivisch werden sich Veränderungen im Bereich der Flugsicherungsanlage und der damit verbundenen Schutzauflagen ergeben. Die Erneuerung der Radartechnik vor Ort wird für eine weitere Öffnung der Gebietskulisse sorgen, weshalb das genannte Standortpotenzial als konservativer Ansatz zu sehen ist.

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 diesem Ziel in einer Gemeinde installiert werden müssten, ermittelt und deren Verbräuche bzw. Wärmebereitstellung in die Bilanzen übernommen werden. Demnach müssten bis 2030 beispielsweise im Markt Neunkirchen ca. 780 Wärmepumpen installiert sein.

Im Ist-Zustand liegt die Zahl der Heizstrom-Abnehmer laut EVU bei rund 350 Stück. Davon sind gut 90 Anlagen als Speicherheizungen deklariert und knapp 260 als eine Mischkategorie separat gemessener Heizstrom-Anlagen (also Wärmepumpen oder Direktheizungen mit eigenem Tarif). Die Anzahl der Wärmepumpen ist somit nicht exakt zu beziffern. Insgesamt wurden in 2019 rund 2.235 MWh Strom für Heizzwecke bezogen.

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

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

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

Potenzialermittlung Oberflächennahe Geothermie

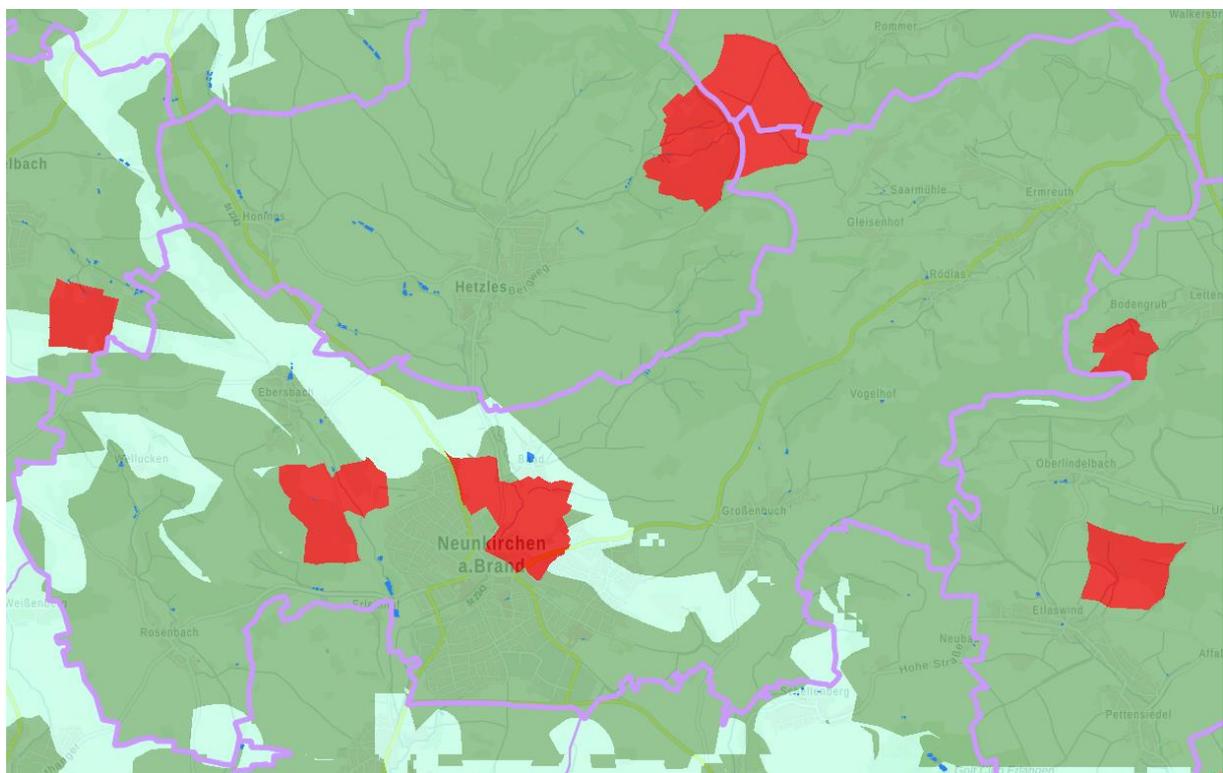
Zur Ermittlung der Potenziale oberflächennaher Geothermie wurde auf hydrogeologische Daten des geologischen Dienstes des Landesamtes für Umwelt zurückgegriffen. In Abbildung 19 ist die Standort-eignung oberflächennaher Geothermie im Gemeindegebiet dargestellt. Es zeigt sich, dass viele Gebiete grundsätzlich für die Nutzung oberflächennaher Geothermie geeignet erscheinen. Nur die Trinkwasserschutzgebiete eignen sich demnach nicht und einzelne Bereiche sind lediglich für Kollektoren und Sonden, nicht jedoch für Grundwasserwärmepumpen, geeignet.

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

Neben der hydrologischen Eignung und den bohrrechtlichen Rahmenbedingungen sind 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 Gemeinde wurde verzichtet, da für den Einsatz oberflächennaher Geothermie immer eine Einzelfallprüfung auf Basis der tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort notwendig ist.

Der Einsatz von Wärmepumpen kann künftig einen wesentlichen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen leisten, wenn der für den Betrieb der Wärmepumpen notwendige Stromeinsatz aus regenerativen Energieformen erfolgt. Aus diesem Grund ist der weitere Ausbau der regenerativen Stromerzeugung wichtig, um diese Stromüberschüsse durch den Einsatz von Wärmepumpen regional nutzen zu können und den Bedarf an Heizöl und Erdgas zu mindern (Sektorenkopplung). 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 19: Oberflächennahe Geothermie – Standorteignung [Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ©Bayerisches Landesamt für Umwelt]

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) wurde ein strategisches Szenario für Strom und Wärme 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

Die Abbildung 20 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, aufgeschlüsselt dargestellt, um die jeweilige Entwicklung der relevanten Komponenten sektorenübergreifend nachvollziehen zu können. 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 beispielsweise nochmals separat herausgearbeitet wurde.

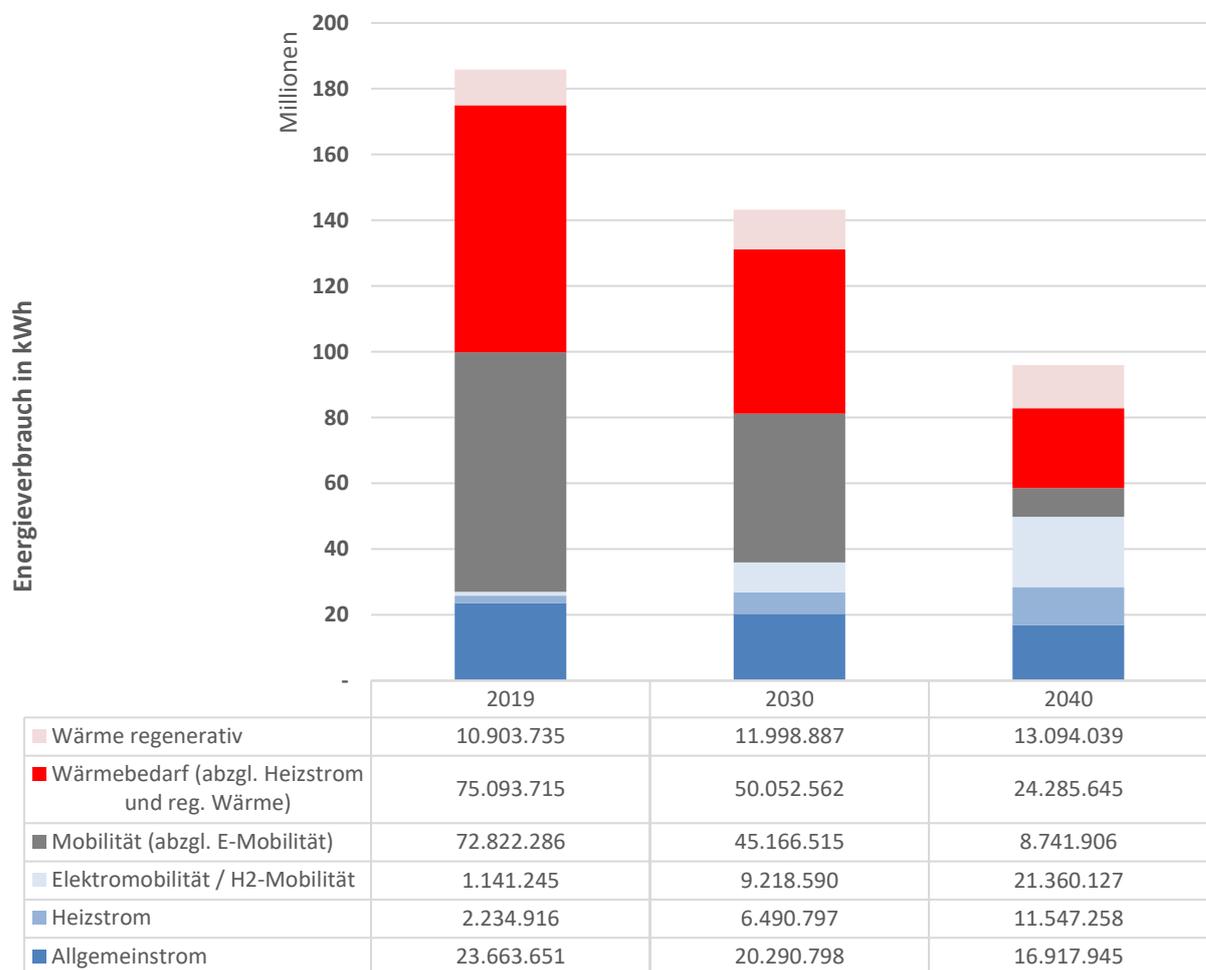


Abbildung 20: Energieszenario 2019 bis 2040 – Auswirkungen der Energieeinsparung und der Transformationsprozesse durch Elektrifizierung

So zeigt sich auf der Bedarfs-Seite die Auswirkung der in den Kapiteln 4.2 und 4.3 geschilderten Einspar- und Transformationsprozesse. Auf der einen Seite ist eine deutliche Einsparung über alle Sektoren hinweg festzustellen. Insgesamt beträgt die Einsparung 89.912 MWh bzw. 48 %. 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 die Transformation vom thermischen Energiemix, aktuell vor allem aus Gas und Heizöl, hin zu elektrischen Wärmeerzeugern zu erkennen. Durch die verstärkte Elektrifizierung der Sektoren steigt der Strombedarf um 22.785 MWh bzw. 84 %. Dieser Bedarf ist beim Ausbau erneuerbarer Stromquellen speziell zu berücksichtigen, da er ohne Umwandlungsschritte direkt aus Erneuerbaren bereitgestellt werden kann.

5.2 Erzeugung

In Abstimmung mit den Akteuren vor Ort wird ein Szenario gezeichnet, welches bis zum Zieljahr 2040 zu einer tatsächlichen bilanziellen Eigenversorgung der Gemeinde aus regionalen erneuerbaren Energien führen kann.

Aus den in Kapitel 4.5 ermittelten technischen Potenzialen im Bereich erneuerbarer Energien, die auf dem Gemeindegebiet 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 für das aufgestellte Szenario beispielsweise aus dem hohen vorhandenen technischen Potenzial lediglich eine Teilmenge von 10 - 15 % als zu erschließen angesetzt. Dies entspräche einem Anteil an der gesamten landwirtschaftlichen Fläche im Gemeindegebiet von 3 % und orientiert sich somit auch an Erfahrungswerten, die in anderen Landkreisen und Gemeinden zuletzt in gemeinsamer Abstimmung mit den Akteuren gemacht wurden. Dabei hebt der Markt besonders die zukünftige Relevanz sogenannter Agri-PV-Projekte hervor, die durch ihre Konstruktionsweise eine landwirtschaftliche Nutzung der betreffenden Fläche weiterhin ermöglichen. Diese sind aktuell noch wenig verbreitet, sollen aber perspektivisch allgemein eine wichtigere Rolle einnehmen. Die Gemeinde strebt bei der Umsetzung der Freiflächen-Potenziale eine 50/50-Verteilung zwischen herkömmlicher, bodennaher Ausführung von Freiflächen-Photovoltaik und Agri-PV an.

Bei der Betrachtung von **Windkraft** konnten, wie in Kapitel 4.5.4 beschrieben, Flächenpotenziale identifiziert werden. Ein Teil davon ist aktuell noch von Einschränkungen durch Regularien des zivilen Luftverkehrs betroffen. Hier sind zwar zeitnah Veränderungen zu erwarten, die Hürden abbauen sollen, dennoch ist nicht zu erwarten, dass das vollständige Potenzial mittelfristig gehoben werden kann. Aus den bestehenden Vorüberlegungen, welche ein Standortpotenzial für bis zu 5 Anlagen bereits ermittelt hatten, wird eine Teilmenge von 3 Stück als in näherer Zukunft zu erschließen angesehen. Austausch mit den zuständigen Flugbehörden und Nachbarkommunen wird hierbei immer von großer Bedeutung sein.

Im Bereich der **solaren Energiegewinnung auf Dachflächen** liegt die Hebelwirkung ebenso vor allem im Bereich der Photovoltaik. Teilt man die aktuelle Anlagenanzahl (334) durch die Anzahl der Wohngebäude in Neunkirchen (2.457) so zeigt sich, dass nur rund 14 % aller Wohngebäude mit Photovoltaikanlagen erschlossen sind. Die tatsächliche Quote, im Bezug auf Wohngebäude, ist tatsächlich sogar noch etwas niedriger, da vereinzelt auch Anlagen auf gewerblichen oder öffentlichen Gebäuden errichtet sind, der Netzbetreiber stellt diese aber in seiner Aufstellung nicht differenziert dar. Somit überrascht das ermittelte hohe Ausbaupotenzial über sämtliche Dachflächen der Gemeinde nicht. Es ist nicht davon auszugehen, dass diese immensen Potenziale mittelfristig vollständig gehoben werden können. Netzkapazitäten, Komponentenverfügbarkeit, Kosten, Besitzverhältnisse und dergleichen stellen beispielsweise Hürden dar, die den Ausbau nicht in vollem Umfang ermöglichen. Es wird daher im ersten Schritt davon ausgegangen, dass in der Praxis zumindest 50 % der technisch zur Verfügung stehenden Flächen auch wirklich erschlossen werden.

Die Biomasse, sowohl Energieholz, als auch Biogas, spielt auf dem Marktgebiet Neunkirchen eine eher untergeordnete Rolle in den Ausbauszenarien. Hier wird der Schwerpunkt eher darin liegen, die bereits gut erschlossenen lokalen Ressourcen möglichst effizient einzusetzen oder umzuschichten. Im Bereich der **Biogasproduktion** soll zumindest die Bestandsanlage langfristig weiter betrieben werden, was im skizzierten Zukunftsszenario auch so aufgegriffen wurde. Eine Erweiterung im Bereich Biogas ist technisch denkbar, unter den aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen ist ein signifikanter Ausbau in der Praxis eher nicht zu beobachten. Fachverbände prognostizieren, dass in Zukunft vor allem biogene Rest- bzw. Abfallstoffe eine größere Rolle bei der Biogasproduktion spielen werden.

Im Bereich der **Holznutzung** zeigen die Auswertungen, dass bereits im Ist-Zustand mehr Energieholz in der Gemeinde eingesetzt wird, als die örtlichen Waldbestände nachhaltig bereitstellen. Zwar ist eine rein territoriale Betrachtung durch die nicht zu erfassenden tatsächlichen Stoffströme (es findet eine stetige Bewegung von Biomasse über die Gemeindegrenzen hinweg statt) nur schwierig interpretierbar, dennoch lässt sich festhalten, dass deutlicher Zubau zumindest nicht über die eigenen Waldflächen möglich ist. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Nutzung langfristig annähernd konstant bleibt und zum Teil auch in Import von Biomasse stattfindet.

Die nachfolgende Tabelle 4 fasst die getroffenen Annahmen für das angestellte Szenario zusammen. Sie zeigt zu welchem Grad die in den Kapiteln zuvor geschilderten technischen Ausbaupotenziale in das Skizzieren des möglichen Entwicklungspfades einbezogen wurden. Alle Parameter wurden mit den Akteuren vor Ort diskutiert und abgestimmt. Sie stellen nur einen von vielen möglichen Pfaden dar, die zum gesetzten Ziel führen. Sich in Zukunft noch verändernde Rahmenbedingungen (zum Beispiel der Gebietskulisse für Windenergie) kann wieder deutlich mehr Potenzial eröffnen und die Priorisierung der Technologien verschieben.

Tabelle 4: Die den Ausbaupfaden zu Grunde liegende Erschließungsgrade der technischen Potenziale

	Technisches Potenzial	Entwicklungsszenario
Photovoltaik Aufdach	54 MW _p	50 %
Photovoltaik Freifläche	325 ha	13 %
Windkraft	5 Standorte	60 %
Biomasse-KWK	3.679 MWh	38 %
Biomasse (holzartig)	9.463 MWh	102 %
Wasserkraft	Kein signifikantes Potenzial	

Das sukzessive Umsetzen der aufgezeigten Ausbauziele wird hier als annähernd linear dargestellt.

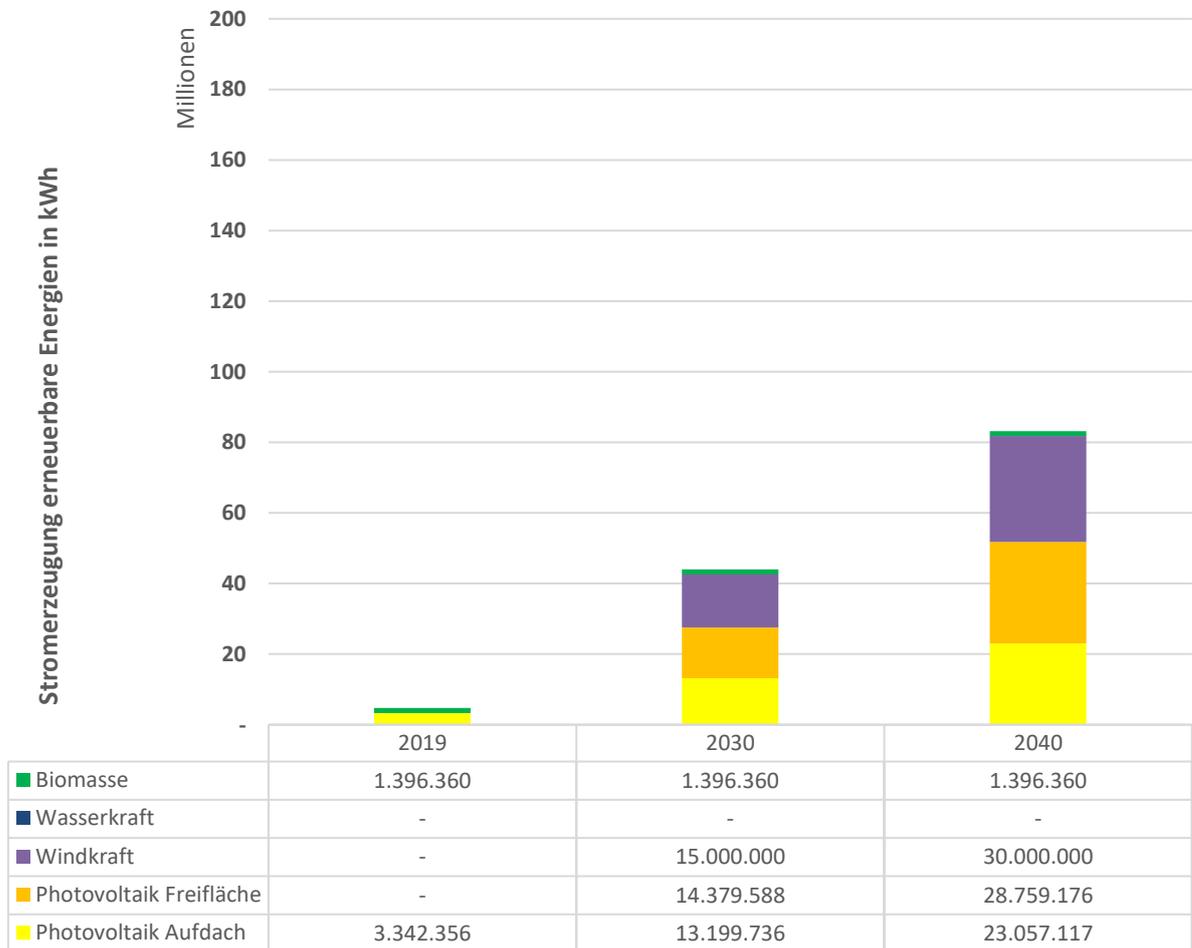


Abbildung 21: Energieszenario 2019 bis 2040 – Entwicklungspfad der erneuerbaren Energiequellen im Gemeindegebiet

Die Stromerzeugung aus Erneuerbaren würde bis zum Zieljahr 2040 von 4.739 MWh auf rund 83.213 MWh steigen. Haupt-Energiequellen wären Wind- und Solarenergie, wobei zu nahezu gleichen Teilen die Photovoltaik aus Dachanlagen und Freiflächenanlagen besteht.

5.3 Mögliches Szenario im Zieljahr 2040

Die zuvor geschilderten Prognosen zur Entwicklung des Energiebedarfs und die getroffenen Annahmen zum Ausbau der erneuerbaren Energien führen zu den in den Kapiteln 0 und 5.2 dargestellten Entwicklungspfaden.

Greift man in beiden Darstellungen die Zusammensetzung im Zieljahr 2040 separat heraus und stellt diese gegenüber, ergibt sich die in Abbildung 22 dargestellte Konstellation von Energieverbrauch (inklusive bereits erneuerbarer Wärme) und der lokalen Stromerzeugung.

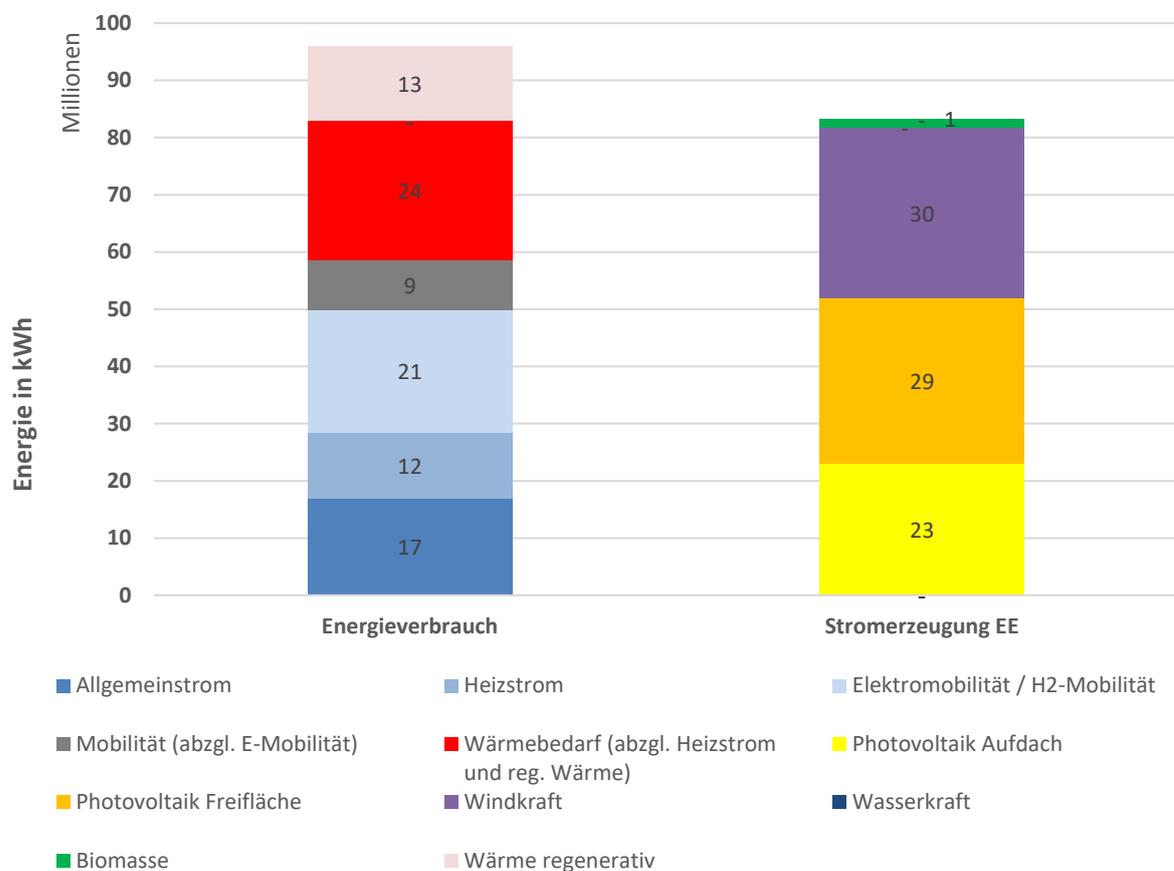


Abbildung 22: Energieszenario im Jahr 2040 – Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der erneuerbaren Energien

Der Anteil des Strombedarfs am Gesamt-Energieeinsatz nimmt erwartungsgemäß deutlich zu. Er betrug im Bilanzjahr 2019 noch rund 15 % und würde nach diesem Szenario im Jahr 2040 bei in etwa 52 % liegen. Dieser Bedarf ließe sich ohne weitere Umformungsschritte 1:1 durch erneuerbaren Strom bedienen. Ein gewisser Anteil des Bedarfs ist bereits regenerativ aus Biomasse und Solarthermie bereitgestellt.

Sektorkopplung über Zwischenstufen

Es verbliebe rechnerisch ein Rest-Bedarf im Bereich Mobilität und Wärme, der heute noch fossil abgebildet ist und auch zukünftig nicht unmittelbar elektrisch abzubilden wäre.

Diesbezüglich verblieben verschiedene Handlungsansätze. Zum einen könnte der Grad der Einsparung weiter erhöht werden, zum Beispiel über eine höhere Sanierungstiefe im Gebäudebereich oder bei der Prozessenergie. Alternativ bzw. parallel müssten weitere Methoden der Sektorkopplung implementiert werden, die auf Basis erneuerbaren Stroms, diese Energiemengen ebenfalls regenerativ bereitstellen können. Dies kann beispielsweise über die Nutzung von Wasserstoff (welcher idealerweise aus erneuerbaren Energien vor Ort stammt), aus daraus hervorgehenden Abwandlungen (durch Methanisierung, Wandlung zu Synfuels und dergleichen) oder auch über Groß- oder Hochtemperaturwärmepumpen erfolgen.

In dem ausgearbeiteten Szenario 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. Es gibt sowohl Methoden, deren Gesamtwirkungsgrad eher niedrig ausfällt (Power-to-Gas-Technologien beispielsweise), aber auch Wege mit sehr hoher Effizienz (Nutzung von Umweltwärme in Großwärmepumpen). Welche Technologie sich in welchem Maße etablieren wird, ist nicht prognostizierbar, weshalb auch möglicherweise erforderliche Überkapazitäten, zum Ausgleich von Transformationsverlusten entlang der Prozesskette des Stroms bis hin zum Verbraucher, hier nicht darstellbar sind.

Lastmanagement

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 dazu dienen, Überkapazitäten zu puffern und bei Bedarf freizugeben. Darüber hinaus wäre das Speichern von Strom über Zwischenstufen, wie das Medium Wasserstoff, denkbar.

Nebeneffekte

Die benötigte Energie könnte letztlich auch weiterhin von außerhalb des Bilanzraums importiert werden. Was aber – neben den genannten Faktoren und den offensichtlichen CO₂-Reduktions- und Klimaschutzpotenzialen – ebenfalls für die Entwicklung einer dezentralen, regionalen Erzeugungsstruktur mit erneuerbaren Energien Anlagen spricht, sind beispielsweise die resultierenden wirtschaftlich und gesellschaftspolitisch positiven Effekte.

So 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 der örtliche Ausbau erneuerbarer Energien dazu beitragen den kommunalen Haushalt zu verbessern, die Wirtschaftskreisläufe vor Ort zu stärken und die Standortattraktivität zu steigern.

6 Maßnahmenkatalog

Das Kernziel des digitalen Energienutzungsplans ist die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkatalogs, der konkrete Handlungsempfehlungen für die Kommune aufzeigt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit den Akteuren vor Ort ausgearbeitet und im Laufe des Projekts stetig konkretisiert.

Als Leuchtturmprojekt „Neubau Schule mit Wärmenetzbetrachtung“ wurde im Rahmen des digitalen Energienutzungsplans als Detailprojekt auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit hin geprüft (siehe Kapitel 7). Tabelle 6 enthält eine Übersicht der Maßnahmen.

Tabelle 6: Maßnahmenkatalog

Nr.	Projekttitle	Beschreibung und nächste Schritte	Verantwortliche Akteure	Weitere Hinweise
1	Konkretisierung der Freiflächen-PV-Gebietskulisse	Im Rahmen des Energienutzungsplans wurde eine erste Abschätzung potenzieller Flächen anhand einer GIS-Analyse ausgearbeitet. Aufgrund der Lage im landwirtschaftlich benachteiligten Raum zeigen sich viele potenziell geeignete Flächen für die Installation von Freiflächenanlagen. Um diese Gebietskulisse weiter zu präzisieren, könnte beispielsweise eine Detailstudie mit Festsetzung von individuelleren Kriterien für den weiteren Ausbau der Photovoltaik angestellt werden. Die Zielstellung der Gemeinde wurde im ersten Schritt auf rund 45 ha (entspricht ca. 13 % des technischen Potenzials) festgelegt. Eine Entwicklung von Projekten empfiehlt sich auch in Abstimmung mit den Nachbargemeinden, da interkommunale Planungen die erforderliche Netzentwicklung für die Netzbetreiber deutlich erleichtert.	Gemeinde / Netzbetreiber / Nachbargemeinden	Faktor Agri-PV soll eine wichtige Rolle bei der Flächenentwicklung spielen. Anlagen mit Ost/West-Orientierung weisen Vorteile bzgl. der Netzverträglichkeit und der Flächeneffizienz auf.
2	Ausarbeitung einer Detailstudie für Windkraftanlagen	Die im Rahmen des Energienutzungsplans angestellten GIS-Analysen zeigen Standortpotenzial für Windenergieanlagen. Faktoren wie z.B. bestehende Flugsicherungs-Einrichtungen wirken zur Zeit noch einschränkend. Es besteht die Aussicht, dass sich hier in näherer Zukunft die Hürden weiter abbauen, sodass in Rücksprache mit Akteuren wie Flugsicherheits-Behörden, Netzbetreibern und Nachbarkommunen die Gebietskulisse für Windenergie-Projekte weiter geschärft und entwickelt werden kann. Um die weitere Vorgehensweise festlegen zu können, wird die Ausarbeitung einer Detailstudie empfohlen.	Gemeinde / Netzbetreiber / Flugamt Nordbayern / Nachbargemeinden	Anschlussförderung Umsetzungsbegleitung mit 70% Förderung über StMWi möglich

Nr.	Projekttitle	Beschreibung und nächste Schritte	Verantwortliche Akteure	Weitere Hinweise
3	Detailanalyse der Fernwärmepotenziale	<p>Das gebäudescharfe Wärmekataster zeigt Areale im Gemeindegebiet mit erhöhter Wärmebedarfsdichte auf. Dies stellt einen ersten Indikator für mit Nahwärmeverbund-Systemen sinnvoll erschließbare Bereiche dar. Die tatsächliche technisch-wirtschaftliche Eignung einzelner Bereiche ist letztlich abhängig von sehr individuellen Einzelfall-Untersuchungen. Insbesondere in dicht besiedelten Bereichen des Kernorts sind konkretere Fernwärme-Überlegungen, häufig auch in Verbindung mit Straßenbau-Maßnahmen, Glasfaser- oder Kanal-Ausbau, Quartiersentwicklung oder auch größeren Neubauten, initiierbar. Diese Art von möglichen Impulsereignissen sollte aufgegriffen und in Verbindung mit dem Wärmekataster eine sinnvolle Kulisse für den Fernwärmeausbau entwickelt werden. Erste ganz konkrete Analysen wurden diesbezüglich bereits im Rahmen des Energienutzungsplans angestellt. Hier wurde im Detail ein Verbund kommunaler Liegenschaften im Kernort untersucht (mit möglicher Einbindung geplanter Neubaugebiete).</p>	<p>Gemeinde / Im Analysegebiet befindlicher privater und gewerblicher Verbraucher-Bestand / Bauträger von Neubau-Vorhaben / potenzielle Betreiber</p>	<p>Für konkrete Projektideen besteht die Möglichkeit einer Anschlussförderung in Form einer Umsetzungsbegleitung mit 70% Förderung über das StMWi</p>
4	Prüfung zum Aufbau von Nachbarschafts-Wärmeverbund-lösungen	<p>Insbesondere in den ländlich geprägten Ortsteilen aber auch in ähnlich offen gestalteten Siedlungsbereichen innerhalb des Kernorts könnte der Aufbau von kleinen Nachbarschafts-Wärmeverbundlösungen eine Möglichkeit zur Minderung des fossilen Energiebedarfs darstellen. Hierunter ist der Aufbau von Wärmeverbundlösungen zwischen wenigen Gebäuden in einem begrenzten Gebietsumgriff zu verstehen, die von einer Heizzentrale aus (z.B. bestehende Scheune) mit Nahwärme versorgt werden. Es sollte ein Best-Practice Projekt identifiziert und eine Besichtigung mit interessierten Bürgern organisiert werden. Verschiedene Kommunen des Landkreises, die zuvor bereits im Energieeffizienz-Netzwerk organisiert waren, haben Interesse bekundet, diese Netzwerktätigkeiten fortzuführen. Dies würde einen geeigneten Rahmen bieten, um aus dem näheren Umfeld der Gemeinde Kontakte zu Betreibern aufzubauen.</p>	<p>Gemeinde / Bürger / Netzwerkgemeinden</p>	

Nr.	Projekttitle	Beschreibung und nächste Schritte	Verantwortliche Akteure	Weitere Hinweise
5	Kampagne zur Gebäudesanierung und dem Umrüsten alter, fossiler Heizkessel	<p>Im Gemeindegebiet herrscht derzeit immer noch ein hoher Anteil von fossilen Energieträgern am Heiz- bzw. Prozessenergie-Bedarf (vor allem Heizöl). Ab 2026 ist der Einbau neuer Heizölkessel nicht mehr gestattet. Für Gebäudeeigentümer stellt sich auch daher heute oder in naher Zukunft die Frage nach alternative Versorgungsvarianten. Alternative Systeme sind auch mit Blick auf die bestehende Bausubstanz auszuwählen. Da das entwickelte Sanierungskataster auch hohes Sanierungspotenzial im Gemeindegebiet aufzeigt, ist es daher sinnvoll Umrüstmaßnahmen am Heizsystem immer auch in den Kontext mit etwaigen Sanierungsmaßnahmen zu setzen. Um die beiden Faktoren optimal aufeinander abzustimmen, ist das Einbinden regionaler Energieberater sinnvoll. Das entwickelte gebäudescharfe Solarkataster kann ein weiterer Baustein der Überlegungen sein. Zur Substitution der vielen dezentralen, fossilen Heizsysteme bietet sich in Gebieten mit spezifisch hohem Wärmebedarf (siehe Wärmekataster, Maßnahme 4) auch der Aufbau weiterer Wärmeverbundlösungen an.</p>	Gemeinde / Bürger / Unternehmen / Energieberater	
6	Energieberatung für Bürger	<p>Im Rahmen des Energienutzungsplans wurde ein gebäudescharfes Sanierungskataster erstellt. Das Sanierungskataster zeigt Einsparpotenziale durch energetische Sanierung an Wohngebäuden. Es sollte eine enge Kooperation mit regionalen Energieberatern angestrebt werden, um den Bürgern gezielte Informationen / Beratungen im Bezug auf Sanierung und Optimierungsmaßnahmen an Gebäude und Heizinfrastruktur anbieten zu können. Auch das erstellte Solarkataster kann dann zentraler Baustein der Beratungen sein.</p>	Gemeinde / Energieberater / Bürger	

Nr.	Projekttitle	Beschreibung und nächste Schritte	Verantwortliche Akteure	Weitere Hinweise
7	Fachliche Unterstützung für Unternehmen	<p>Im Zuge der Datenerhebung hatten mehrere Unternehmen angegeben, dass sie Planungen oder Überlegungen hinsichtlich der Gewinnung von Solarstrom, dem Umrüsten des bestehenden Heizsystems (v.A. wurden Wärmepumpen genannt) und dem Umrüsten der Beleuchtung hätten oder dies zuletzt bereits durchgeführt haben. Innovativer Gedanke: ein Unternehmen interessiert sich für das Installieren einer Brennstoffzelle auf regenerativer Basis. Bei diesen Vorhaben kann die Gemeinde zwar kaum direkt Einfluss nehmen, könnte aber in Form von Information oder dem Herstellen von Kontakten mit unterstützen. Weiterer bereits häufig erfolgreich praktizierter Ansatz, ist das Schaffen eines Netzwerks aus örtlichen Unternehmen unter dem Schirm der Gemeinde und der Unterstützung von Fachberatern. Ziele wären unter anderem, der regelmäßige fachliche Austausch, Transportieren von Erfahrungswerten oder auch das Herstellen von Synergieeffekten bei der Umsetzung konkreter Projekte.</p>	Gemeinde / Unternehmen / beratende Einrichtungen	
8	Regelmäßige Sensibilisierung und Information zu Förderprogrammen	<p>Sowohl auf Bundesebene als auch auf Landesebene gibt es eine Vielzahl von Förderprogrammen, die bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und dem effizienten Neubau in Anspruch genommen werden können. Es wird empfohlen regelmäßig über aktuelle Förderprogramme zu informieren, z.B. über Homepage der Gemeinde, (soziale) Medien oder Mitteilungsblättern. Hierbei kann auch auf das vorhandene Solarkataster verwiesen werden. Die Gemeindeverwaltung selbst beschäftigt sich bereits mit Förderthemen. Angesichts des großen Umfangs und der permanenten Veränderung der Förderkulisse, ist die regelmäßige Weiterbildung fachlich Verantwortlicher ebenso ein wichtiger Baustein.</p>	Gemeinde / Energieberater / Bürger / Unternehmen / Medien	

Nr.	Projekttitle	Beschreibung und nächste Schritte	Verantwortliche Akteure	Weitere Hinweise
9	Kommunikation und Information zu Klimaschutz und Energiewende und Einbindung der Bürger	Über die rein fachliche Detailberatung hinaus, ist es sinnvoll Bevölkerung und Unternehmen mit aktivem Partizipieren an einzelnen Projekten zu den Themen Klimaschutz und Energiewende aufzuklären und zu sensibilisieren. So könnten im Zuge ganz konkreter Projekte vor Ort Bürger und Unternehmen mitgenommen und informiert werden. Dabei kann auch aufgeklärt werden über die resultierenden direkten (vor allem ökologisch und gesellschaftlich, bei Bürgerenergieprojekten auch ökonomisch) und indirekten Vorteile (z.B. finanzielle Benefits für die Gemeinde aus Großprojekten). Die Erkenntnisse aus dem Energienutzungsplan, und die daraus abzuleitenden nächsten Schritte, können für die Gemeinde eine gute Planungsbasis darstellen.	Gemeinde / Fachverbände	
10	Regelmäßige Aktualisierung und Evaluation der Energiebilanz aus dem Energienutzungsplan	Die im Rahmen des Energienutzungsplan ausgearbeitete Energiebilanz sollte in gewisser Regelmäßigkeit aktualisiert und analysiert werden. Hierdurch kann eine Evaluation der Energieeinsparungen bzw. der Ausbau erneuerbarer Energien stattfinden. Zu kurze Zeitabstände sind hierbei eher nicht zielführend, da die Aktualisierung der erforderlichen Datenbasis zum Teil in längeren Zeitintervallen erfolgt. Erfahrungsgemäß ist es sinnvoll einen Zeitraum von mindestens 3-5 Jahren zwischen den Analysen einzuhalten.	Gemeinde / Energieversorgungsunternehmen	
11	Prüfung von Möglichkeiten zur weiteren Wärmenutzung der bestehenden Biogasanlage	Die Biogasanlage im Ortsteil Rosenbach soll langfristig weiterbetrieben, gegebenenfalls sogar erweitert werden. Zum Teil wird bereits Abwärme ausgekoppelt und zur Gebäudebeheizung genutzt, es sind aber laut Betreiber noch freie Kapazitäten für eine weitere Wärmeauskopplung zur Fernwärmeversorgung vorhanden. In Abstimmung mit Betreiber, Anreinern und Gemeinde sollte dieses Potenzial näher quantifiziert und mögliche Konzepte für die Versorgung einzelner Teil-Bereiche in Rosenbach über Fernwärme erarbeitet werden. Sollte die Abwärme aus der Biogasanlage nicht ausreichen, die in Frage kommenden Bereiche abzudecken, so könnte das System zusätzlich über eine ergänzende Wärmeerzeugungsanlage (z.B. Hackschnitzel, Solarthermie oder Überproduktion aus Stromerzeugungsanlagen) gespeist werden. Wärmeverbundsysteme dieser Art könnten mittlerweile auch über die neue Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) gefördert werden.	Gemeinde / Biogasanlagen-Betreiber / Anwohner	Anschlussförderung Umsetzungsbegleitung mit 70% Förderung über StMWi möglich --- Förderung auch über das BAFA im Rahmen der BEW möglich (inkl. möglicher Investitionszuschüsse)

Nr.	Projekttitle	Beschreibung und nächste Schritte	Verantwortliche Akteure	Weitere Hinweise
12	Energiemanagement für kommunale Gebäude fortführen	<p>Im Rahmen des Energienutzungsplans wurde eine Übersicht der Energieverbrauchsdaten und Daten zu den Wärmeerzeugern der kommunalen Liegenschaften ausgearbeitet. Es wird empfohlen, diese Übersicht mindestens jährlich zu aktualisieren und als Basis eines kommunalen Verbrauchsmonitoring zu nutzen. Alternativ kann für das kommunale Energiemanagement auch eine professionelle Software genutzt werden. So können zwischenzeitlich durchgeführte energetische Maßnahmen bewertet und weiterer Handlungsbedarf und weitere Ansatzpunkte identifiziert werden. Darauf aufbauend können auch vorhandene Prioritäten und Budgets verteilt werden. Aktuell ist beispielsweise das Wassermanagement zentrale Strom-Verbrauchsstelle der Gemeinde. Durch effiziente Pumpentechnik kann erfahrungsgemäß vielerorts eine große Hebelwirkung erzielt werden. Es scheint daher sinnvoll hier einen ersten Schwerpunkt von Detailuntersuchungen anzulegen.</p>	Gemeinde / Fachbüros	
13	Detailprüfung der Einsparpotenziale durch Tausch der Innenbeleuchtung	<p>Erfahrungsgemäß bestehen nach wie vor vielerorts hohe Einsparpotenziale im Austausch alter Leuchtstoffröhren gegen LEDs. Ein Austausch ist häufig auch ohne Tausch des gesamten Leuchtenkörpers, sondern über einen reinen Leuchtmittel-Tausch zu bewerkstelligen (im Vergleich relativ günstig und meist technisch unkompliziert umsetzbar). Eine Umrüstung ist i.d.R. vor allem interessant bei Beleuchtung mit hoher Nutzungsdauer, wie zum Beispiel in Schulen, Turnhallen oder an Arbeitsplätzen (z.B. Rathaus). Sinnvoll wäre zunächst eine Bestandsaufnahme der viel genutzten installierten Leuchtmittel, um dann im zweiten Schritt gezielt die Bereiche mit hoher Leistung und Benutzungsdauer zu herauszuarbeiten. Auf dieser Basis kann eine Einsparberechnung und Kostenprognose vorgenommen und so die Wirtschaftlichkeit der Umrüstmaßnahme abgeleitet werden.</p>	Gemeinde / interne und/oder externe Elektro-Fachkräfte	<p>Bei Austausch des ganzen Leuchtenkörpers kann eine Förderung der Maßnahme über die Kommunalrichtlinie des Bundes in Anspruch genommen werden. Es gelten Grundvoraussetzungen wie z.B. eine Mindest-Einsparwirkung der Maßnahme.</p>

Nr.	Projekttitle	Beschreibung und nächste Schritte	Verantwortliche Akteure	Weitere Hinweise
14	Photovoltaikanlagen auf den Dachflächen kommunaler Liegenschaften	<p>Die Betrachtung einzelner kommunaler Gebäude zeigt vielerorts noch Flächenpotenzial für eine Nutzung zur Solarstromgewinnung. Dazu gehören die Feuerwehrrhäuser in Ermreuth, Ebersbach, Großenbuch und Neunkirchen. Am Bauhof, an der Mittelschule und dem Freibad sind bereits PV-Anlagen installiert, hier zeigt sich aber noch Erweiterungspotenzial. Auch die Wasseraufbereitungsanlage, welche mit jährlich rund 150.000 kWh Verbrauch einen der größten Stromverbraucher der Gemeinde darstellt, hat freie Dachflächen. Zudem wäre hier unmittelbar angrenzend an das Wasserwerk auch ein großes Gebäude der Schützenfreunde, welches in eine PV-Betrachtung mit integriert werden könnte. Der evangelische Kindergarten wird nicht von der Gemeinde selbst betrieben. Es wäre möglich mittels einer sog. Direktlieferung Solarstrom vom Dach an den KiGa-Betreiber zu verkaufen - was allerdings mit etwas mehr Verwaltungsaufwand verbunden wäre. Einige weitere Gebäude fallen unter den Denkmalschutz. Die vor kurzem beschlossene Aufweitung der Regelungen zum Denkmalschutz könnte hier Flächen für PV öffnen. Dies müsste im Einzelfall mit den Denkmalbehörden abgestimmt werden.</p>	Gemeinde / Denkmalschutz-Behörde, Kindergarten-Betreiber / Schützenfreunde	
15	Photovoltaikanlagen auf Parkplatzflächen	<p>Dem Nutzen bereits versiegelter Flächen wie z.B. Parkplätzen kommt eine stetig wachsende Bedeutung zu. Meist sind die Systemkosten zwar teurer als beim Installieren einer klassischen Freiflächen oder Dachanlage, dennoch kann dies gerade in Verbindung mit Eigenstromnutzung (Unternehmen) und hohen Strom-Einkaufspreisen eine wirtschaftlich sinnvolle Konstellation ergeben. Erster Schritt könnte sein größere Parkplatzflächen in Neunkirchen und die Besitzverhältnisse zu identifizieren. Im zweiten Schritt sollten die Akteure auf das Potenzial hingewiesen und mit Information versorgt werden (z.B. über Best-Practice-Beispiele). Zudem könnte die Gemeinde eigene Parkplatzflächen (z.B. Deerlijker Platz, Freibad i.V.m. Eigenstromnutzung,...) näher beleuchten und ein Demonstrationsprojekt schaffen.</p>	Gemeinde / Eigentümer / Unternehmen / Netzbetreiber / potenzielle Anlagenbetreiber	

Nr.	Projekttitle	Beschreibung und nächste Schritte	Verantwortliche Akteure	Weitere Hinweise
16	Effizienzsteigerung und Eigenstrom-Erzeugung bei Wasser- und Abwasseranlagen	<p>Wie zuvor beschrieben ist die Wasseraufbereitungsanlage einer der größten Stromverbraucher unter den kommunalen Verbrauchsstellen. Aber auch viele weitere Pumpenanlagen (Brunnen, Hochbehälter, Abwasserpumpwerke) weisen einen hohen bis sehr hohen Bedarf auf. Es scheint daher sinnvoll zum einen den Zustand bzw. die Effizienz der bestehenden Pumpen zu prüfen und darüber hinaus die Rahmenbedingungen (Fläche, Einstrahlung) für eine etwaige Solarstromgewinnung zu untersuchen. Die Anwendung von Freiflächen-PV ist möglich, kann aber an wasserschutzrechtliche Auflagen geknüpft sein. Einbeziehen des Wasserwirtschaftsamtes wäre erforderlich. Weitere dezentrale Erzeugungsoptionen, wie zum Beispiel die Kleinwindkraft, haben sich in der Breite bislang noch nicht etabliert, könnten aber zumindest mittelfristig interessant werden und sollten daher beobachtet werden.</p>	Gemeinde / Wasserwirtschaftsamt / Fachbüros / Grundstückseigner	
17	Sanierungsmaßnahmen an kommunalen Gebäuden	<p>Zuletzt wurden beispielsweise am Rathaus Fassaden- und Innendämmungsmaßnahmen durchgeführt. Die Effekte lassen sich an den Verbrauchsdaten feststellen: der thermische Energiebedarf lag nach der Sanierung 2019/2020 in etwa 30 % niedriger als vor den Maßnahmen (Corona-bedingte Einflüsse können dabei auch eine Rolle spielen). Angesichts des Baualters und des spezifischen Energiebedarfs (kWh/m²) lässt sich ableiten, dass wohl insbesondere die Mittelschule und das kommunale Wohngebäude (Diana-Ernstberger-Straße) signifikante Einsparpotenziale durch Sanierungsmaßnahmen bergen. Übergreifend über alle kommunalen Verbrauchsstellen, sollte auch das Nutzerverhalten beobachtet und ggf. über Automatisierung (Temperaturregelung, Zeitschaltuhren, Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung,...) unterstützt werden.</p>	Gemeinde / Fachbüros	Förderung von Einzelmaßnahmen über die aktuelle Bundesförderung energieeffizienter Gebäude (BEG) möglich.

Nr.	Projekttitle	Beschreibung und nächste Schritte	Verantwortliche Akteure	Weitere Hinweise
18	Effizienzprüfung von Lüftungsanlagen	Lüftungsanlagen weisen vielerorts hohe Einsparpotenziale auf. Die Ineffizienz kann auf viele Gründe zurückzuführen sein: entweder eine insgesamt veraltete Technik (z.B. alte Riemen-angetriebene Ventilatoren), eine falsche Dimensionierung, das Fehlen einer Wärmerückgewinnung (was dazu führt, dass häufig im Umluftbetrieb gefahren wird um Heizenergie zu sparen), eine schlechte, nicht bedarfsgerechte Regelung und dergleichen. Bei Anlagen, die häufig in Betrieb sind und die auf Basis der genannten typischen Probleme eine Ineffizienz vermuten lassen, sollte eine fachmännische Prüfung hinsichtlich des korrekten Betriebs und des energetischen Zustands der Komponenten vorgenommen werden.	Gemeinde / Fachbüro für raumlufttechnische Anlagen / Lüftungsbauer	Ältere Anlagen (> 10 Jahre) mit mehr als 12 kW Kälteleistung können von einer Pflicht zur energetischen Inspektion betroffen sein.
19	Entwicklung eines Ladeinfrastrukturkonzepts	Die stark anwachsende Bedeutung der Elektromobilität stellt große Herausforderungen an die Netz- und Ladeinfrastruktur in den Kommunen. Es besteht die Möglichkeit hier mit Konzeptstudien flächendeckende Analysen anzustellen und somit das Mobilitätsaufkommen und den entsprechend zu erwartenden Bedarf an Mobilitätsenergie räumlich aufgelöst darzustellen. Dies kann als zukünftige Planungshilfe für Vorhaben im Zusammenhang mit der Elektro- bzw. strombasierten Mobilität herangezogen werden.	Gemeinde / Netzbetreiber / Dienstleister für Lade-Infrastruktur	Ladeinfrastrukturkonzepte über StMWi förderfähig ---- Teilweise ist eine Förderung (z.B. als Investitionszuschuss) über das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) möglich
20	Fortführung des kommunalen Klimaschutznetzwerks	Die Gemeinde war Teilnehmer im ersten Energieeffizienz-Netzwerk des Landkreises Forchheim. Viele weitere der Gemeinden haben ebenso Interesse bekundet, die erfolgreiche Netzwerkarbeit weiter fortzusetzen. So kann auch in den nächsten Jahren weiterhin regelmäßig ein fachlicher Austausch zwischen den Gemeinden stattfindet und konkrete Projekte (wie zuletzt beispielsweise die Rathaussanierung) mit fortlaufender fachlicher Begleitung verfolgt werden können. Zudem bietet diese vernetzte Plattform auch die Möglichkeit Projekte wie z.B. Freiflächen-PV-Anlagen oder auch Windenergie interkommunal zu planen.	Gemeinde / Netzwerkteilnehmer / IfE	

Nr.	Projekttitle	Beschreibung und nächste Schritte	Verantwortliche Akteure	Weitere Hinweise
21	Regelmäßiges Prüfen des Stands der Umsetzung des Maßnahmenkatalogs	Vielerorts hat es sich bewährt, die Umsetzung der Einzelmaßnahmen in definierter Regelmäßigkeit (z.B. halbjährlich) zu resümieren. Dies könnte beispielsweise in Form einer Projektgruppe mit verschiedenen internen und ggf. projektbeteiligten externen Akteuren aufgezogen werden.	Gemeinde	
22	Prüfen möglicher Vorgaben durch die Gemeinde im Bereich von privaten oder gewerblichen Neubauten	Die Gemeinde kann durch Vorgaben in ihrer Bauleitplanung Einfluss auf die Nutzung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz von Neubauten nehmen. Beim Ausweisen von Bau- oder Industriegebieten bzw. beim Behandeln von Bauanträgen sollte geprüft werden, ob und in wie weit Vorgaben in diesen Bereichen möglich und sinnvoll sind. So könnte beispielsweise an entsprechenden Stellen über eine solare Baupflicht, energetische Mindeststandards bzgl. der Bausubstanz, Anschlusszwang bei Fernwärme und dergleichen nachgedacht werden.	Gemeinde / Bauträger / Planer	
23	Bürgerbeteiligung bei Erneuerbare Energien Projekten	Hohes Maß an Bürgerbeteiligung sorgt in der Breite für Förderung der Akzeptanz und zur Steigerung der Motivation für weiterführende Projekte. Auf den Faktor Bürgerbeteiligung sollte daher ebenso ein wesentliches Augenmerk liegen. Dies betrifft traditionell vor allem Großprojekte in den Bereichen Windenergie und Freiflächen-Photovoltaik.	Gemeinde / Bürger / Projektanten / Energiegenossenschaft	

7 Detailprojekt: Wärmeverbund kommunaler Liegenschaften

Zur Demonstration der praktischen Anwendung des Energienutzungsplans und der im Maßnahmenkatalog aufgeführten Projektansätze, besteht im Rahmen der Gesamt-Studie die Möglichkeit, einen der identifizierten Ansatzpunkte als sogenanntes Detailprojekt tiefergehend zu analysieren. Das Projekt ist nachfolgend ausführlich beschrieben und sämtliche Kernergebnisse übersichtlich dargestellt.

7.1 Einleitung und Überblick

Im Rahmen des Energienutzungsplans für den Markt Neunkirchen am Brand wurden die Wirtschaftlichkeit und die Ökologie mehrerer Varianten eines potenziellen Nahwärmenetzes und der zugehörigen Wärmeversorgungsmöglichkeiten untersucht. Anlass für die Untersuchung dieses Detailprojekts ist der geplante Ersatz der Grundschule durch einen Neubau, der in einem potenziellen Wärmenetz den Ausgangspunkt bilden soll. Ziel ist es, zu untersuchen, ob es möglich und sinnvoll ist, zwischen den kommunalen Liegenschaften des Marktes und ggf. weiteren Gebäuden einen Nahwärmeverbund aufzubauen, dadurch die bestehende fossile Wärmeversorgung der Gebäude (derzeit überwiegend Öl- und Gasheizungen) zu ersetzen und somit eine nachhaltige Wärmeenergieversorgung zu angemessenen Kosten sicherzustellen.

7.2 Beschreibung des Anschlussgebiets

Ausgehend vom geplanten Neubau der Grundschule wurden zu Beginn der Überlegungen die in Abbildung 23 markierten kommunalen Liegenschaften als mögliche Anschlussnehmer in Betracht gezogen.

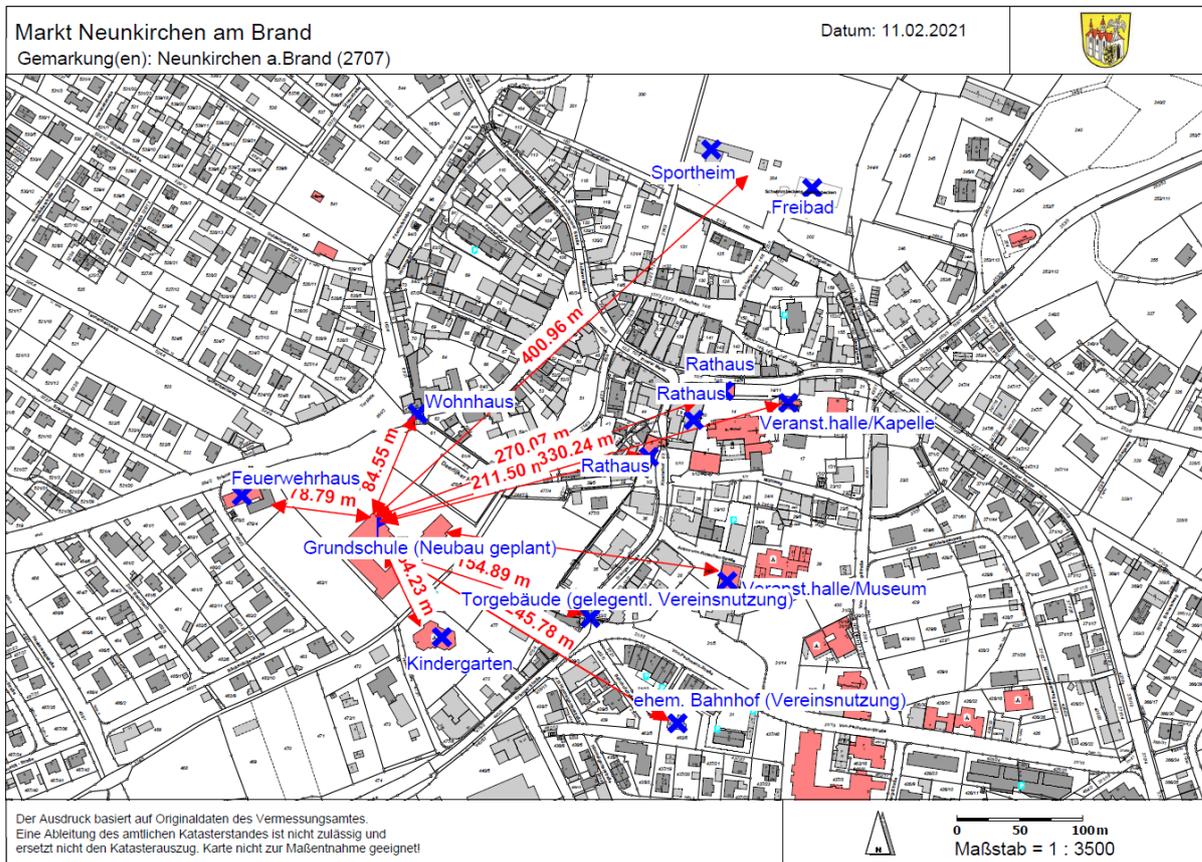


Abbildung 23: Karte mit kommunalen Liegenschaften als potenzielle Anschlussnehmer [Bildquelle: Markt Neunkirchen am Brand, eigene Bearbeitung]

Da die Liegenschaften Erlanger Tor, Erleinhofer Tor und Alter Bahnhof geringe Wärmeenergiebedarfe aufweisen ($< 5.000 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a}$) und die Wärmetrasse im Vergleich dazu sehr lang ausfallen müsste (Bewertung anhand der spezifischen Wärmebelegungsdichte, Erklärung siehe Kapitel 7.4), wurden diese drei Liegenschaften frühzeitig wieder von der Betrachtung ausgenommen. Zudem wären im Verhältnis zur Nutzwärmeabgabe unverhältnismäßig hohe Wärmeverluste zu erwarten, die einen Anschluss dieser Liegenschaften nicht rechtfertigen.

Im weiteren Verlauf wurden auch andere potenzielle Anschlussnehmer in Form von drei Neubaugebieten in die Überlegungen mit einbezogen. Diese sind schematisch in grüner Farbe in Abbildung 24 dargestellt. Es handelt sich dabei um ein geplantes Neubaugebiet östlich der Forchheimer Straße (acht

Doppelhaushälften), ein Neubaugebiet am Hirtengraben westlich des Sportheims (33 Etagenwohnungen und 15 Reihenhäuser) sowie um ein mögliches Neubaugebiet am Hirtengraben östlich des Freibads (Mehrfamilienhäuser mit 20 Wohneinheiten).

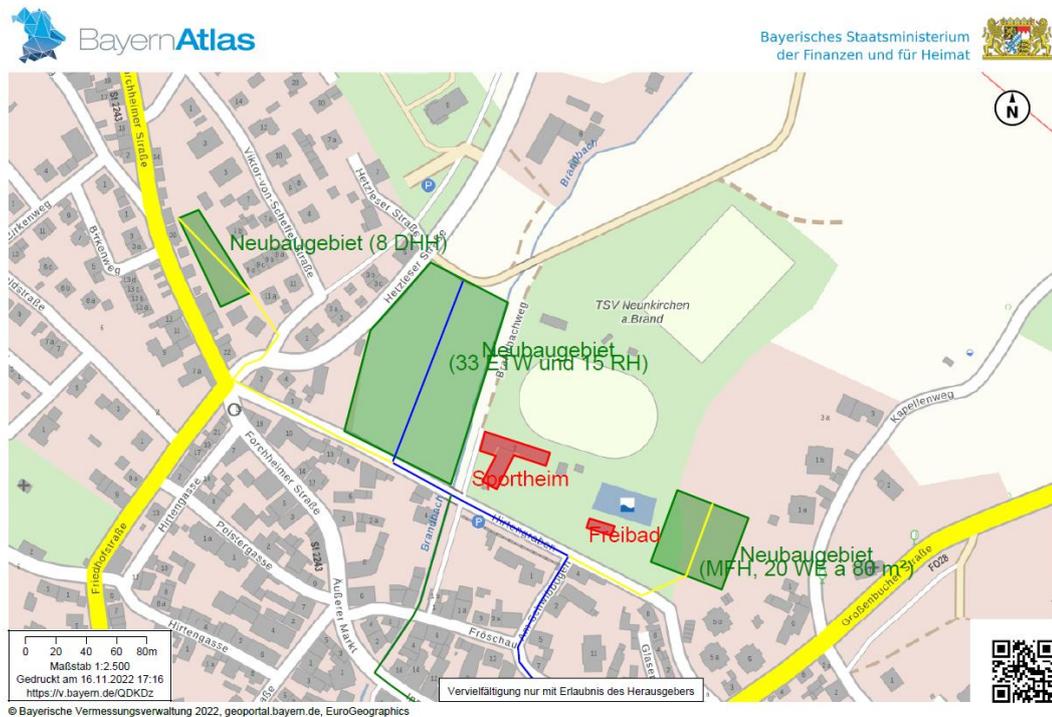


Abbildung 24: Neubaugebiete als potenzielle Anschlussnehmer [Bildquelle: Bayernatlas; eigene Bearbeitung]

Zum Zeitpunkt der Untersuchung war noch nicht bekannt, wann die Neubaugebiete entstehen sollen. Außerdem ist aufgrund des hohen Effizienzstandards bei Neubauten grundsätzlich mit einem geringen Wärmeenergiebedarf und damit einer geringen spezifischen Wärmebelegungsdichte zu rechnen. Aus diesen Gründen wurde der Anschluss dieser Neubaugebiete an einen Wärmeverbund wieder verworfen. Zudem bedarf es bei einem Zusammenschluss der Bestandsliegenschaften aufgrund des Alters der Gebäude und der damit verbundenen Heizsysteme einer höheren Vorlauftemperatur im Wärmenetz, als dies im Fall eines Wärmenetzes zur Versorgung von Neubauten nötig wäre. Für Neubaugebiete kann z. B. ein sogenanntes „kaltes“ Nahwärmenetz oder der dezentrale Einsatz von Wärmepumpen eine sinnvolle Lösung darstellen.

Der alleinige Anschluss der kommunalen Liegenschaften Sportheim und Freibad wird wegen einer sehr geringen spezifischen Wärmebelegungsdichte ebenfalls als nicht sinnvoll erachtet. Der Anschluss dieser beiden Liegenschaften wäre nur in Verbindung mit einem Anschluss der Neubaugebiete sinnvoll. Aufgrund des Ausschlusses der Neubaugebiete aus der hier durchgeführten Betrachtung wurden folglich auch das Sportheim und das Freibad wieder ausgenommen.

In Abstimmung mit den beteiligten Akteuren wurde letztlich beschlossen, den Fokus im Rahmen dieser Detailbetrachtung auf die folgenden zwei „kleinen“ Netzvarianten zu legen und diese gegenüberzustellen.

Netzvariante 1 beschreibt den Zusammenschluss der Liegenschaften Freiwillige Feuerwehr, Kindergarten, Zehntspeicher, Bücherei, drei Rathausgebäude und des Neubaus der Grundschule. Die Netzvariante ist schematisch in Abbildung 25 dargestellt.

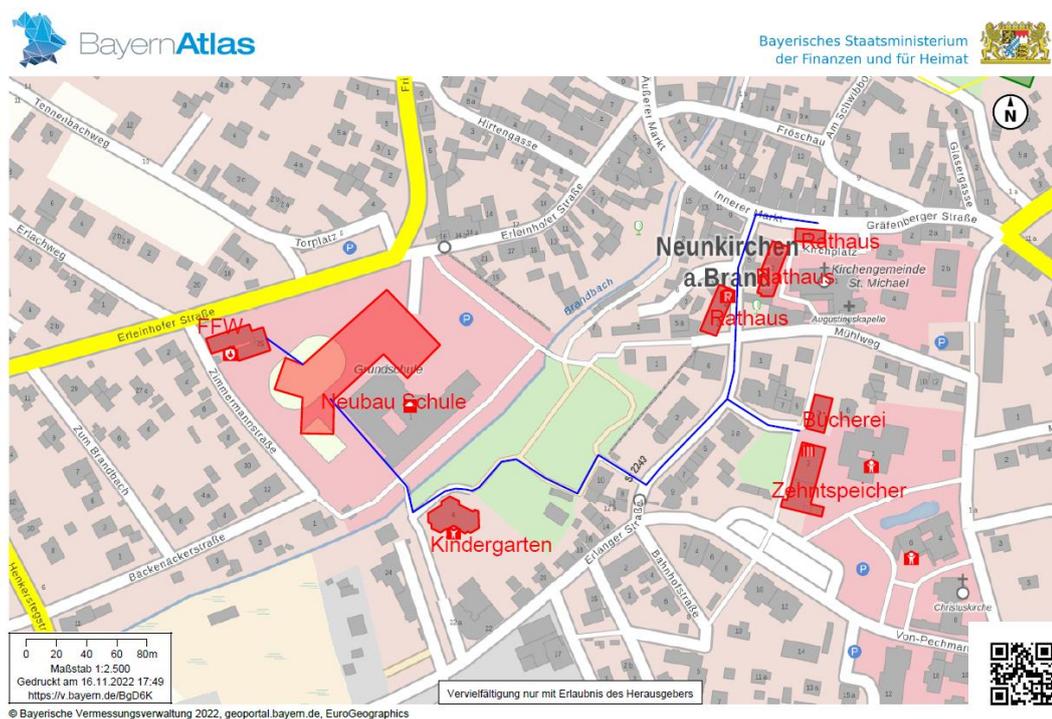


Abbildung 25: Netzvariante 1 (inkl. Neubau Grundschule) [Bildquelle: Bayernatlas; eigene Bearbeitung]

Als zweite Netzvariante wurde derselbe Zusammenschluss von Liegenschaften betrachtet, allerdings ohne den Neubau der Grundschule. Die schematische Darstellung dieser Netzvariante ist in Abbildung 26 zu sehen.

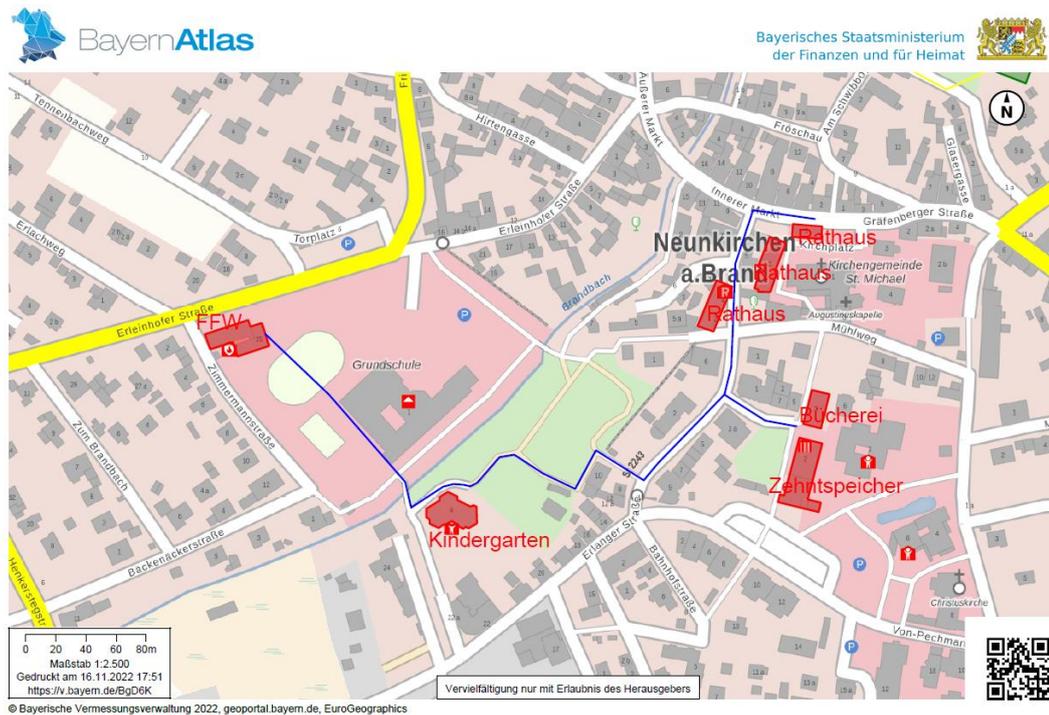


Abbildung 26: Netzvariante 2 (exkl. Neubau Grundschule) [Bildquelle: Bayernatlas; eigene Bearbeitung]

Hierbei ist zu beachten, dass es sich in den beiden vorangegangenen Abbildungen lediglich um eine schematische Darstellung der Liegenschaften und des Trassenverlaufs handelt. Für eine genauere Planung des Wärmeverbunds muss der eingezeichnete Trassenverlauf überprüft und ggf. an die Gegebenheiten vor Ort angepasst werden.

7.3 Abschätzung Wärmeenergiebedarf

Zur Abschätzung des Gesamtwärmeenergiebedarfs der Liegenschaften wurde folgende Datengrundlage herangezogen:

- Wärmeenergieverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften (Mittelwert über die Jahre 2015 bis 2020, soweit vorhanden)
- Abschätzung des Wärmeenergiebedarfs des Neubaus der Grundschule durch das IB Scholz
- Angaben zu den beheizten Flächen der Wohneinheiten der geplanten Neubaugebiete (soweit vorhanden)
- spezifische Kennzahlen zu Wärmeenergieverbräuchen für geplante Neubauten

Die Erdgas- und Heizölverbräuche bzw. die Heizstromverbräuche der kommunalen Liegenschaften liegen vor und wurden mithilfe von Erfahrungswerten zu Wirkungsgraden der Heizsysteme in Wärmeenergieverbräuche umgerechnet. Einzig die Wärmeenergieverbräuche des Sportheims und des Erleinhofer Tors sind nicht bekannt und wurden daher über die Flächen und spezifische Verbrauchskennwerte abgeschätzt.

Der Wärmeenergiebedarf des Neubaus der Grundschule wurde vom IB Scholz überschlägig berechnet und durch den Markt Neunkirchen am Brand mit 300.000 kWh/a übermittelt.

Für die Abschätzung des Wärmeenergiebedarfs der Neubaugebiete wurden spezifische Kennzahlen herangezogen. Der spezifische Raumwärmebedarf wurde mit 45 kWh/m²a angesetzt und der spezifische Warmwasserbedarf wurde mit 15 kWh/m²a veranschlagt.

In Tabelle 5 sind alle gerundeten Wärmeenergiebedarfe der zu Beginn der Untersuchung in Frage kommenden Liegenschaften dargestellt:

Tabelle 5: Wärmeenergiebedarfe aller Liegenschaften

Liegenschaft	Wärmeenergiebedarf
Freiwillige Feuerwehr	64.500 kWh/a
Kindergarten	44.000 kWh/a
Zehntspeicher	89.000 kWh/a
Bücherei	27.000 kWh/a
Rathaus	137.000 kWh/a
Rathaus	31.000 kWh/a
Rathaus	79.000 kWh/a
Neubau Grundschule	300.000 kWh/a
Alter Bahnhof	5.000 kWh/a
Erlanger Tor	600 kWh/a
Erleinhofer Tor	5.000 kWh/a
Katharinenkapelle	10.500 kWh/a
Sportheim	72.000 kWh/a
Freibad	3.500 kWh/a
Neubaugebiet Forchheimer Straße	58.000 kWh/a
Neubaugebiet Hirtengraben	267.000 kWh/a
Neubaugebiet östlich des Freibads	96.000 kWh/a
Summe Wärmeenergiebedarf	1.289.000 kWh/a

Zieht man die Wärmeenergiebedarfe der Liegenschaften ab, die nicht mit in die weitere Betrachtung des Wärmeverbunds einbezogen wurden (siehe Kapitel 7.2), ergeben sich die Wärmeenergiebedarfe für Netzvariante 1 und Netzvariante 2. Tabelle 6 zeigt die gerundeten Wärmeenergiebedarfe für Netzvariante 1 (inkl. Neubau Grundschule).

Tabelle 6: Wärmeenergiebedarfe Netzvariante 1 (inkl. Neubau Grundschule)

Liegenschaft	Wärmeenergiebedarf
Freiwillige Feuerwehr	64.500 kWh/a
Kindergarten	44.000 kWh/a
Zehntspeicher	89.000 kWh/a
Bücherei	27.000 kWh/a
Rathaus	137.000 kWh/a
Rathaus	31.000 kWh/a
Rathaus	79.000 kWh/a
Neubau Grundschule	300.000 kWh/a
Summe Netzvariante 1	771.000 kWh/a

Die Übersicht über die gerundeten Wärmeenergiebedarfe von Netzvariante 2 (exkl. Neubau Grundschule) ist in Tabelle 7 zu finden.

Tabelle 7: Wärmeenergiebedarfe Netzvariante 2 (exkl. Neubau Grundschule)

Liegenschaft	Wärmeenergiebedarf
Freiwillige Feuerwehr	64.500 kWh/a
Kindergarten	44.000 kWh/a
Zehntspeicher	89.000 kWh/a
Bücherei	27.000 kWh/a
Rathaus	137.000 kWh/a
Rathaus	31.000 kWh/a
Rathaus	79.000 kWh/a
Summe Netzvariante 2	471.000 kWh/a

Für Netzvariante 1 wird somit ein Nutzwärmeenergiebedarf von ca. 771.000 kWh/a herangezogen. In der Netzvariante 2 beträgt der Nutzwärmeenergiebedarf ca. 471.000 kWh/a. Diese Werte werden für die weiteren Berechnungen verwendet.

7.4 Trassendimensionierung

Die Auswahl der möglichen Anschlussnehmer (siehe Kapitel 7.2) erfolgte u. a. mithilfe der spezifischen Wärmebelegungsdichte, einem wichtigen Kennwert zur Beurteilung der grundsätzlichen Sinnhaftigkeit und der ersten wirtschaftlichen Einschätzung eines Wärmenetzes.

In Abbildung 27 sind beispielhaft zwei Fälle gegenübergestellt, anhand derer der Begriff spezifische Wärmebelegungsdichte kurz erläutert wird. Die Abbildung ist schematisch und nicht maßstabsgetreu.

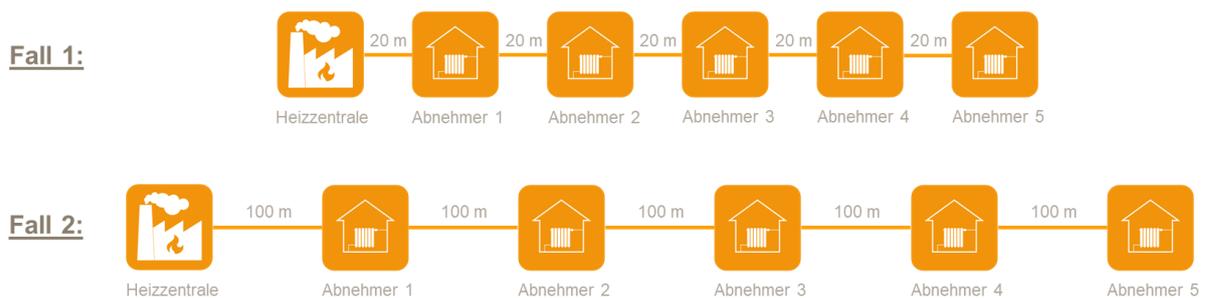


Abbildung 27: Beispiel zur spezifischen Wärmebelegungsdichte

Im Fall 1 geht es um ein Wärmenetz, bei dem fünf Anschlussnehmer mit einem Wärmeenergiebedarf von jeweils 30.000 kWh/a zu einem Wärmeverbund zusammengeschlossen sind. Die Trassenlänge zwischen den einzelnen Anschlussnehmern beträgt jeweils 20 m. Dividiert man die Summe der Gesamtnutzwärmeabnahme von 150.000 kWh/a durch die Gesamttrassenlänge von 100 m, ergibt sich die spezifische Wärmebelegungsdichte zu einem Wert von 1.500 kWh/Trm*a.

Bei einer Trassenlänge von jeweils 100 m zwischen den einzelnen Anschlussnehmern (siehe Fall 2 in Abbildung 27) liegt die spezifische Wärmebelegungsdichte bei gleichem Nutzwärmeabsatz bei 300 kWh/Trm*a.

Die spezifische Wärmebelegungsdichte ist also ein Maß dafür, wie viel Nutzwärme entlang einer bestimmten Trassenlänge pro Jahr abgesetzt werden kann. Je höher dieser Wert, d. h. je mehr Wärmeabnahme über eine bestimmte Trassenlänge erfolgt, desto sinnvoller und wirtschaftlicher lässt sich ein Wärmenetz grundsätzlich darstellen.

Da die kommunalen Liegenschaften Alter Bahnhof, Erlanger Tor und Erleinhofer Tor geringe Wärmeenergieverbräuche aufweisen und die Trassenlänge zu diesen Gebäuden unverhältnismäßig lang wäre, wurden diese Liegenschaften nicht in die weitere Wärmenetzbetrachtung einbezogen (siehe Kapitel 7.2).

Die spezifischen Wärmebelegungsdichten zu den jeweiligen Trassenabschnitten sind für ausgewählte Anschlussnehmer beispielhaft in Tabelle 8 dargestellt. Dort ist zur Veranschaulichung außerdem die spezifische Wärmebelegungsdichte des Neubaugebiets Forchheimer Straße zu finden.

Tabelle 8: spezifische Wärmebelegungsdichte ausgewählter Anschlussnehmer

Anschlussnehmer	Länge Trassenabschnitt	Wärmeenergiebedarf	spezifische Wärmebelegungsdichte
Erlanger Tor/ Alter Bahnhof	ca. 130 m	ca. 5.500 kWh/a	ca. 40 kWh/Trm*a
Erleinhofer Tor	ca. 90 m	ca. 5.000 kWh/a	ca. 55 kWh/Trm*a
Neubaugebiet Forchheimer Straße	ca. 305 m	ca. 58.000 kWh/a	ca. 190 kWh/Trm*a

Auch der Anschluss der Neubaugebiete sowie des Freibads und des Sportheims würden zu einer deutlichen Verschlechterung der spezifischen Wärmebelegungsdichte des Gesamtnetzes führen, weshalb diese Anschlussnehmer in Verbindung mit den unter 7.2 angeführten Gründen von der Betrachtung ausgeschlossen wurden.

Tabelle 9 fasst die Gesamtjahreswärmebedarfe sowie die Gesamttrassenlängen und die spezifischen Wärmebelegungsdichten der beiden betrachteten Netzvarianten zusammen.

Tabelle 9: spezifische Wärmebelegungsdichte der zu betrachtenden Netzvarianten

Anschlussgebiet	Trassenlänge	Wärmeenergiebedarf	spezifische Wärmebelegungsdichte
Netzvariante 1 (inkl. Schule)	ca. 690 m	ca. 771.000 kWh/a	ca. 1.120 kWh/Trm*a
Netzvariante 2 (exkl. Schule)	ca. 690 m	ca. 471.000 kWh/a	ca. 680 kWh/Trm*a

Aus Tabelle 9 geht hervor, dass die spezifische Wärmebelegungsdichte bei Netzvariante 2 mit 680 kWh/Trm*a einen deutlich geringeren Wert aufweist als bei Netzvariante 1 (1.120 kWh/Trm*a). Dies hat den Hintergrund, dass die Trassenlänge in etwa gleich ist, der erwartbare Nutzwärmeabsatz jedoch deutlich unter dem Nutzwärmeabsatz von Netzvariante 1 liegt.

Zusammen mit den zuständigen Akteuren wurde beschlossen, dennoch diese beiden Netzvarianten miteinander zu vergleichen, um den wirtschaftlichen Unterschied hervorheben zu können. Zudem soll die Option offenbleiben, die Schule ggf. auch eigenständig mit Wärme zu versorgen, wenn ein potenzielles Wärmenetz erst nach dem Neubau der Schule fertiggestellt werden sollte. Durch den Neubau der Schule wäre außerdem eine niedrigere Vorlauftemperatur im Wärmenetz ausreichend, was bei einem Wärmeverbund der Bestandsgebäude aufgrund der Heizsysteme nicht möglich ist.

Der schematische Trassenverlauf der beiden Netzvarianten wurde bereits in Abbildung 25 und Abbildung 26 in Kapitel 7.2 dargestellt. In einer ersten Näherung wurden die Hausanschlussleitungen jeweils mit 10 m pro Hausanschluss veranschlagt.

Die ermittelten, jährlichen Wärmeverluste betragen nach einer ersten Schätzung ca. 73.000 kWh_{th} (ganzjähriger Betrieb: 8.760 h/a). Um Legionellen zu vermeiden, sollte die Wassertemperatur an den Abnahmestellen über 60 °C liegen. Durch einen entsprechend hohen Vorlauf auf der Primärseite kann dies im gesamten Netzgebiet zu jeder Zeit des Jahres gewährleistet werden. Die Hausanschlüsse sowie die Hausübergabestationen sind in dieser Betrachtung enthalten.

7.5 Technische Dimensionierung der Wärmeversorgung

Die Versorgung des Wärmenetzes soll zukunftssträchtig aufgebaut werden und somit so wenig CO₂-Emissionen wie möglich aufweisen. Wärmeversorgungsvarianten, bei denen ausschließlich Erdgas- oder Heizölkessel zum Einsatz kommen (ausgenommen KWK-Technik), wurden daher nach Rücksprache mit den entsprechenden Entscheidungsträgern im Vorfeld bereits ausgeschlossen. Lediglich eine der Vollständigkeit halber enthaltene Referenzvariante sieht zur Versorgung des Wärmenetzes einen Erdgaskessel vor. Diese Variante wird jedoch nicht umgesetzt werden.

Es erfolgt eine Betrachtung der folgenden Wärmeversorgungsvarianten, wobei die Variantenbezeichnung x.0 für Netzvariante 1 (mit Schule) steht und x.1 für Netzvariante 2 (ohne Schule):

- **Referenzvariante (mit Schule):** Erdgaskessel
- **Referenzvariante (ohne Schule):** Erdgaskessel
- **Variante 1.0 (mit Schule):** zwei Hackschnitzelkessel
- **Variante 1.1 (ohne Schule):** zwei Hackschnitzelkessel
- **Variante 2.0 (mit Schule):** zwei Pelletkessel
- **Variante 2.1 (ohne Schule):** zwei Pelletkessel

- **Variante 3.0 (mit Schule):** Erdgas-BHKW und Erdgas-Spitzenlastkessel
- **Variante 3.1 (ohne Schule):** Erdgas-BHKW und Erdgas-Spitzenlastkessel
- **Variante 4.0 (mit Schule):** Sole-/Wasser-Wärmepumpe, Luft-/Wasser-Wärmepumpe und Erdgas-Spitzenlastkessel
- **Variante 4.1 (ohne Schule):** Sole-/Wasser-Wärmepumpe, Luft-/Wasser-Wärmepumpe und Erdgas-Spitzenlastkessel

Bei beiden Netzvarianten wird davon ausgegangen, dass neben dem geplanten Neubau der Grundschule ein externes Heizhaus errichtet wird, in dem die Wärmeerzeuger untergebracht werden.

Auf Grundlage der kalkulierten, mittleren Energiebedarfswerte können mit Hilfe der Gradtagszahlen (Deutscher Wetterdienst) für den Standort Neunkirchen am Brand die monatlichen Wärmebedarfswerte rechnerisch ermittelt werden. Anhand dieser Monatswerte wird die geordnete thermische Jahresdauerlinie (JDL) mit 1.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr erstellt. Die geordnete thermische Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den späteren Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarf inkl. Trassenwärmeverluste (vgl. Abbildung 28 und Abbildung 29).

Werden die 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 Kesselvollbenutzungsstunden und dem zugrundeliegenden Wärmebedarf inkl. Leitungsverluste. Diese Näherung beruht *nicht* auf einer Heizlastberechnung nach der Norm EN 12831 und ersetzt somit nicht die technische Detailplanung.

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

Abbildung 28 stellt als sogenannte thermische Jahresdauerlinie den Verlauf der thermischen Leistung über die Stunden des Jahres für Netzvariante 1 (inkl. Schule) dar. Zur vereinfachten Abbildung möglicher Energieversorgungssysteme werden die erhaltenen Leistungswerte der Größe nach geordnet und über alle Stunden des Jahres (8.760 h) hinweg aufgetragen.

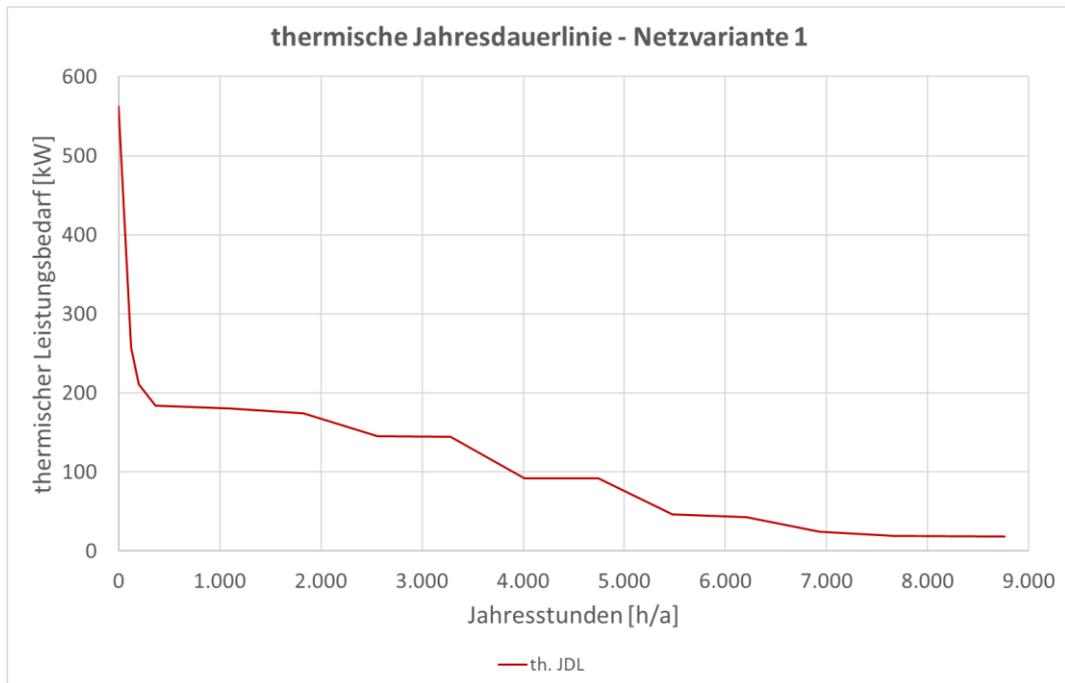


Abbildung 28: thermische Jahresdauerlinie Netzvariante 1 (mit Schule)

In Abbildung 29 ist die thermische Jahresdauerlinie für Netzvariante 2 (exkl. Schule) zu sehen.

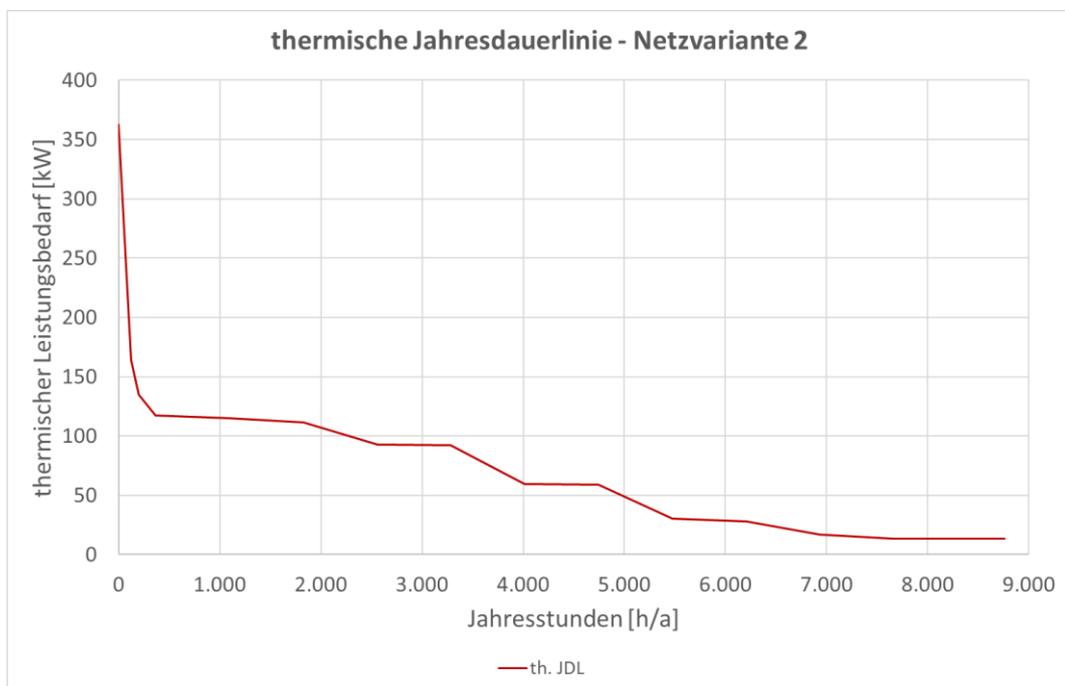


Abbildung 29: thermische Jahresdauerlinie Netzvariante 2 (ohne Schule)

So sind die Sommermonate mit nahezu ausschließlich TWW-Bedarf rechts außen zu finden, während der höchste Anforderungswert an den kältesten Tagen im Jahr auf der linken Seite des Graphen abzu-lesen ist. Dieser Anforderungswert stellt somit die näherungsweise bestimmte (*keine* detaillierte Heizlastberechnung der angeschlossenen Liegenschaften nach der Norm EN 12831), maximal benötigte Heizleistung dar.

Diese sogenannte „Spitzenlast“ liegt für Netzvariante 1 bei rund 560 kW thermischer Leistung, während der Sockel, die sogenannte „Grundlast“, über das Jahr hinweg in etwa einem Anforderungsniveau von ca. 20 kW_{th} entspricht. Für Netzvariante 2 liegt die Spitzenlast bei ca. 360 kW_{th} und die Grundlast bei etwa 13 kW_{th}.

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 allerdings 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 Referenzvariante (mit Schule): Erdgaskessel

Diese Referenzvariante dient der Vollständigkeit und stellt aufgrund des ausschließlichen Einsatzes von fossilen Energieträgern keine Empfehlung dar. Bei der Referenzvariante mit Schule wird die gesamte Wärmeenergie durch einen Erdgaskessel mit einer thermischen Leistung von ca. 560 kW bereitgestellt. Abbildung 30 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

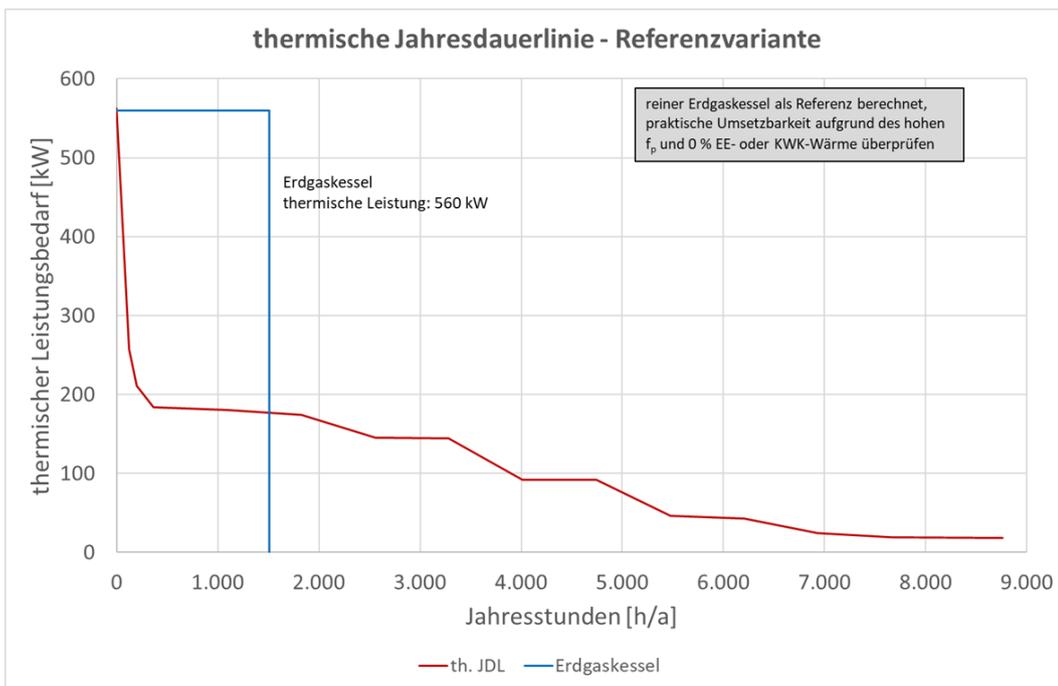


Abbildung 30: thermische Jahresdauerlinie – Referenzvariante (mit Schule)

Nachstehende Tabelle 10 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Da als einziger Energieträger Erdgas zum Einsatz kommt, werden 100 % der erzeugten Wärme durch fossile Energieträger bereitgestellt.

Tabelle 10: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Referenzvariante (mit Schule)

Referenzvariante (mit Schule)	Leistung [kW _{th}]	Volllaststunden [h/a]	Wärme [kWh/a]	Anteil
Erdgaskessel	560	1.507	843.915	100,0%
Gesamt	560		843.915	100,0%

7.5.2 Referenzvariante (ohne Schule): Erdgaskessel

Diese Referenzvariante dient der Vollständigkeit und stellt aufgrund des ausschließlichen Einsatzes von fossilen Energieträgern keine Empfehlung dar. Bei der Referenzvariante ohne Schule wird die gesamte Wärmeenergie durch einen Erdgaskessel mit einer thermischen Leistung von ca. 360 kW bereitgestellt. Abbildung 31 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

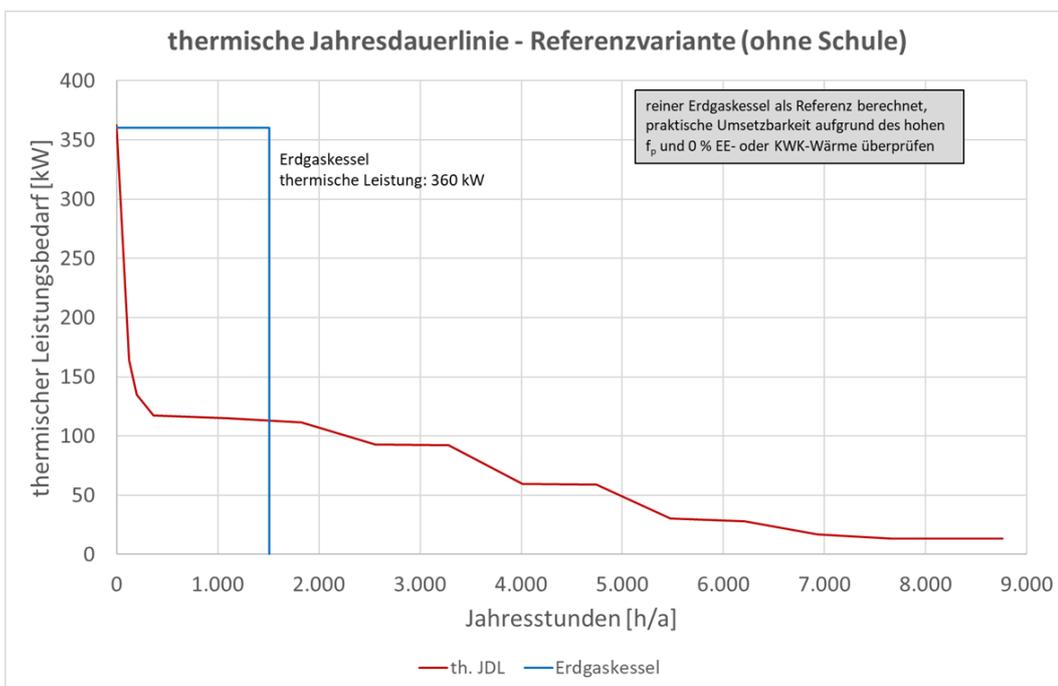


Abbildung 31: thermische Jahresdauerlinie – Referenzvariante (ohne Schule)

Nachstehende Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Da als einziger Energieträger Erdgas zum Einsatz kommt, werden 100 % der erzeugten Wärme durch fossile Energieträger bereitgestellt.

Tabelle 11: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Referenzvariante (ohne Schule)

Referenzvariante (ohne Schule)	Leistung [kW _{th}]	Volllaststunden [h/a]	Wärme [kWh/a]	Anteil
Erdgaskessel	360	1.511	543.915	100,0%
Gesamt	360		543.915	100,0%

7.5.3 Variante 1.0 (mit Schule): zwei Hackschnitzelkessel

Bei Variante 1.0 wird die gesamte Wärmemenge durch zwei Hackschnitzelkessel mit einer thermischen Leistung von je 250 kW bereitgestellt. Abbildung 32 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

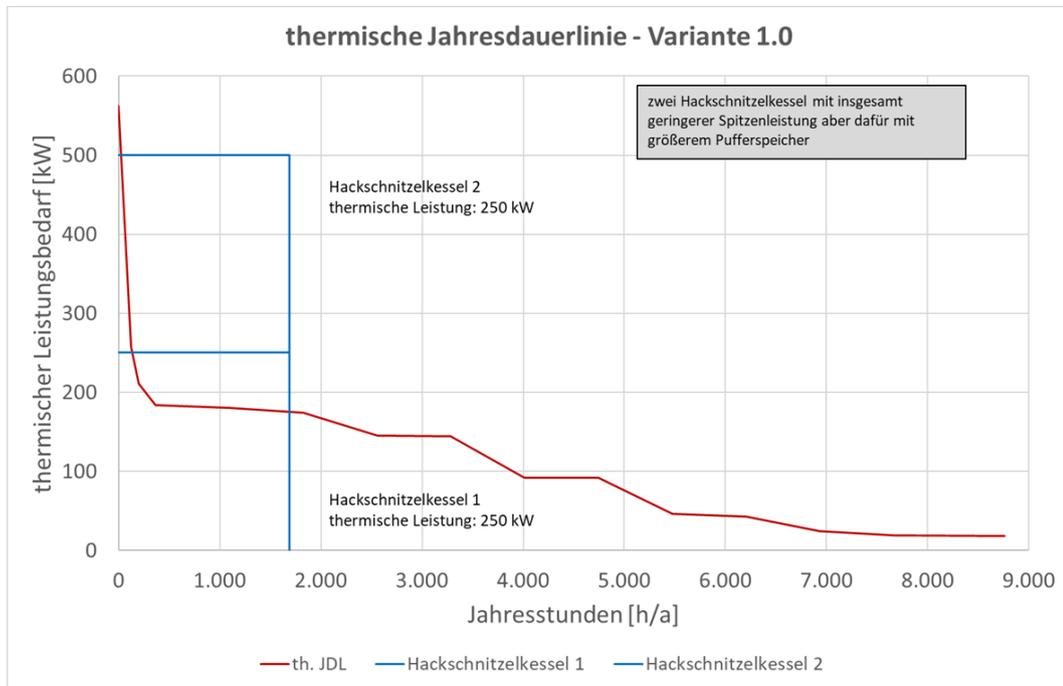


Abbildung 32: thermische Jahresdauerlinie – Variante 1.0 (mit Schule)

Nachstehende Tabelle 12 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Da als einziger Energieträger Hackschnitzel zum Einsatz kommen, werden 100 % der erzeugten Wärme durch erneuerbare Energieträger bereitgestellt.

Tabelle 12: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 1.0 (mit Schule)

Variante 1.0 (mit Schule)			843.915	
	Leistung [kW _{th}]	Volllaststunden [h/a]	Wärme [kWh/a]	Anteil
Hackschnitzelkessel 1	250	1.688	421.957	50,0%
Hackschnitzelkessel 2	250	1.688	421.957	50,0%
Gesamt	500		843.915	100,0%

7.5.4 Variante 1.1 (ohne Schule): zwei Hackschnitzelkessel

Bei Variante 1.1 wird die gesamte Wärmemenge durch zwei Hackschnitzelkessel mit einer thermischen Leistung von je 160 kW bereitgestellt. Abbildung 33 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

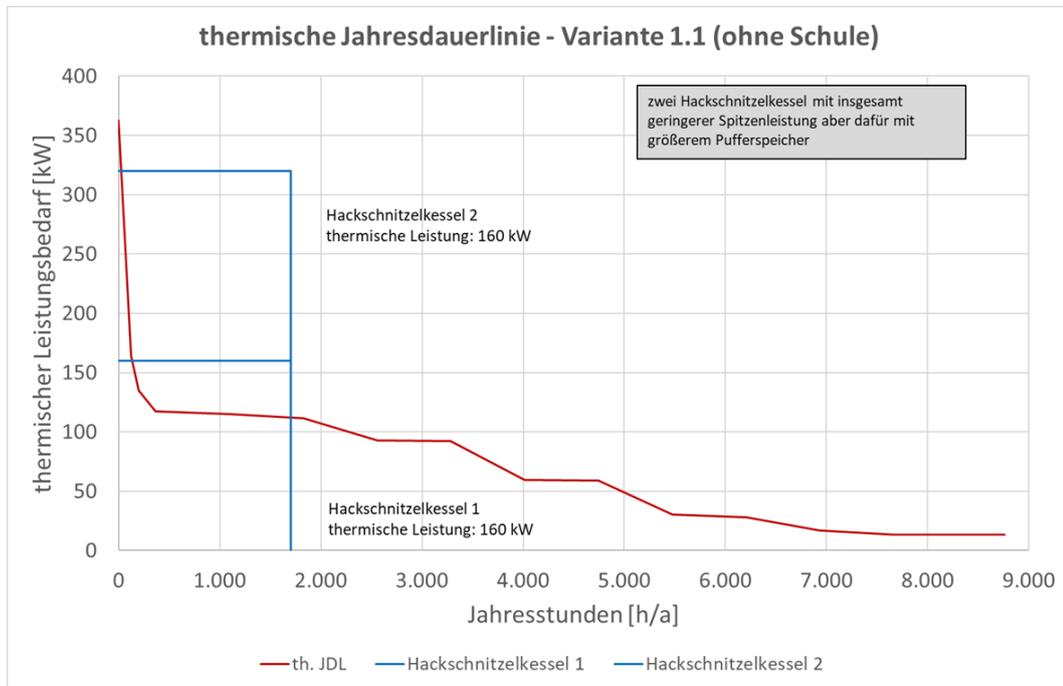


Abbildung 33: thermische Jahresdauerlinie – Variante 1.1 (ohne Schule)

Nachstehende Tabelle 13 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Da als einziger Energieträger Hackschnitzel zum Einsatz kommen, werden 100 % der erzeugten Wärme durch erneuerbare Energieträger bereitgestellt.

Tabelle 13: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 1.1 (ohne Schule)

Variante 1.1 (ohne Schule)			543.915	
	Leistung [kW _{th}]	Volllaststunden [h/a]	Wärme [kWh/a]	Anteil
Hackschnitzelkessel 1	160	1.700	271.957	50,0%
Hackschnitzelkessel 2	160	1.700	271.957	50,0%
Gesamt	320		543.915	100,0%

7.5.5 Variante 2.0 (mit Schule): zwei Pelletkessel

Bei Variante 2.0 wird die gesamte Wärmemenge durch zwei Pelletkessel mit einer thermischen Leistung von je 250 kW bereitgestellt. Abbildung 34 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

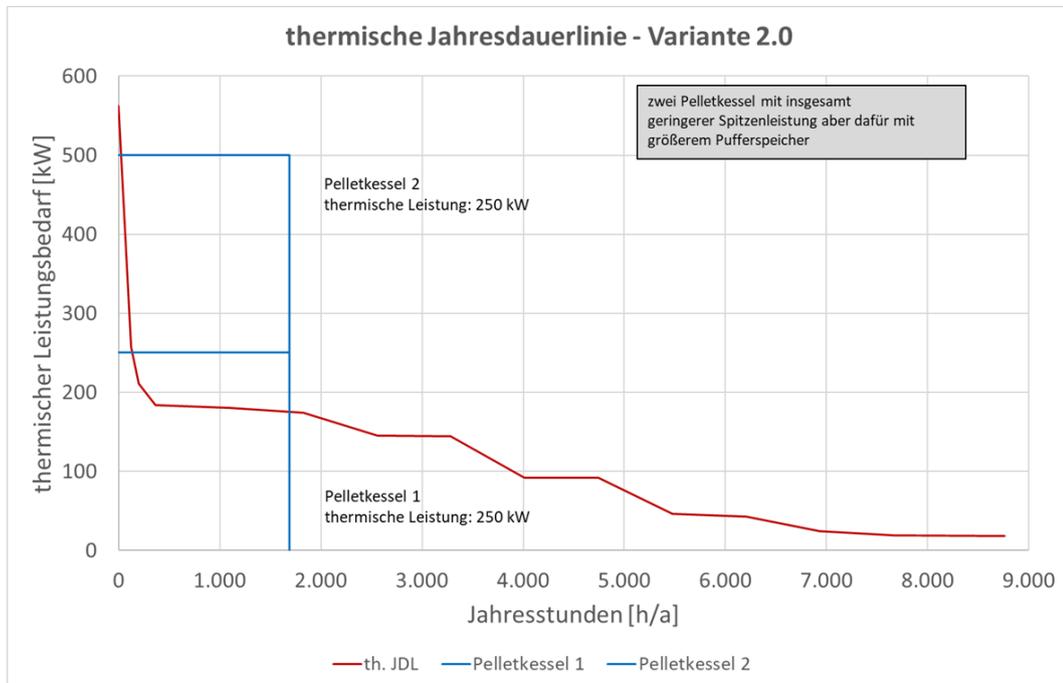


Abbildung 34: thermische Jahresdauerlinie – Variante 2.0 (mit Schule)

Nachstehende Tabelle 14 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Da als einziger Energieträger Pellets zum Einsatz kommen, werden 100 % der erzeugten Wärme durch erneuerbare Energieträger bereitgestellt.

Tabelle 14: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 2.0 (mit Schule)

Variante 2.0 (mit Schule)			843.915	
	Leistung [kW _{th}]	Volllaststunden [h/a]	Wärme [kWh/a]	Anteil
Pelletkessel 1	250	1.688	421.957	50,0%
Pelletkessel 2	250	1.688	421.957	50,0%
Gesamt	500		843.915	100,0%

7.5.6 Variante 2.1 (ohne Schule): zwei Pelletkessel

Bei Variante 2.1 wird die gesamte Wärmemenge durch zwei Pelletkessel mit einer thermischen Leistung von je 160 kW bereitgestellt. Abbildung 35 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

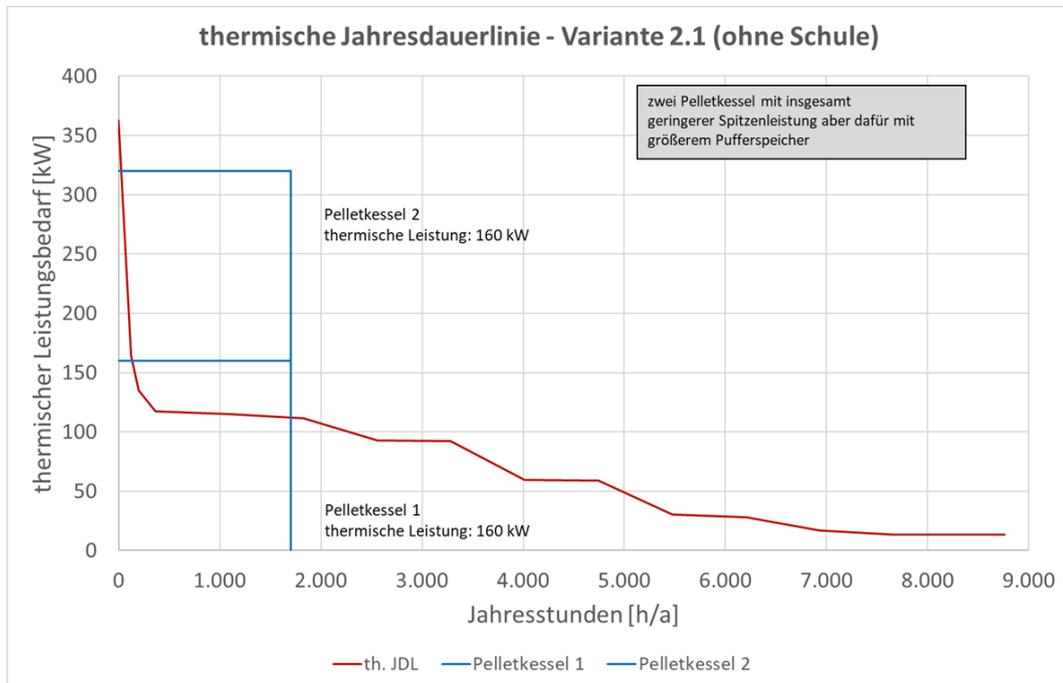


Abbildung 35: thermische Jahresdauerlinie – Variante 2.1 (ohne Schule)

Nachstehende Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Da als einziger Energieträger Pellets zum Einsatz kommen, werden 100 % der erzeugten Wärme durch erneuerbare Energieträger bereitgestellt.

Tabelle 15: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 2.1 (mit Schule)

Variante 2.1 (ohne Schule)	Leistung [kW _{th}]	Volllaststunden [h/a]	Wärme [kWh/a]	Anteil
Pelletkessel 1	160	1.700	271.957	50,0%
Pelletkessel 2	160	1.700	271.957	50,0%
Gesamt	320		543.915	100,0%

7.5.7 Variante 3.0 (mit Schule): Erdgas-BHKW und Erdgasspitzenlastkessel

Bei Variante 3.0 wird die Grundlast durch ein BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 153 kW gedeckt. Die Spitzenlast wird durch einen Erdgaskessel mit einer thermischen Leistung von ca. 410 kW bereitgestellt. Abbildung 36 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

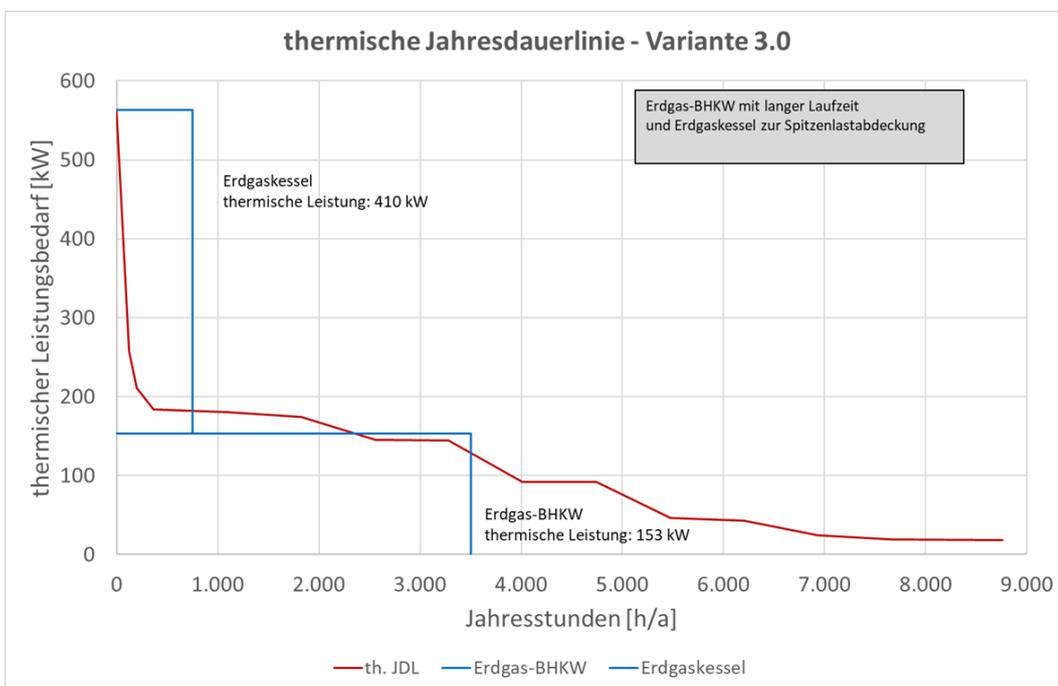


Abbildung 36: thermische Jahresdauerlinie – Variante 3.0 (mit Schule)

Nachstehende Tabelle 16 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Es ist ersichtlich, dass knapp zwei Drittel der Wärme über das BHKW-Modul erzeugt werden. Die selteneren, hohen Lastspitzen werden über den Erdgasspitzenlastkessel abgedeckt. Bei dieser Variante werden 100 % der Wärme durch fossile Energieträger bereitgestellt, allerdings wird das Erdgas in diesem Fall durch die zusätzliche Stromerzeugung des BHKW-Moduls effizienter genutzt. Der gesamte Strom, den die KWK-Anlage erzeugt, wird in diesem Szenario in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

Tabelle 16: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 3.0 (mit Schule)

Variante 3.0 (mit Schule)			843.915	
	Leistung [kW _{th}]	Volllaststunden [h/a]	Wärme [kWh/a]	Anteil
Erdgas-BHKW	153	3.500	535.500	63,5%
Erdgaskessel	410	752	308.415	36,5%
Gesamt	563		843.915	100,0%

7.5.8 Variante 3.1 (ohne Schule): Erdgas-BHKW und Erdgasspitzenlastkessel

Bei Variante 3.1 wird die Grundlast durch ein BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 100 kW gedeckt. Die Spitzenlast wird durch einen Erdgaskessel mit einer thermischen Leistung von ca. 260 kW bereitgestellt. Abbildung 37 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

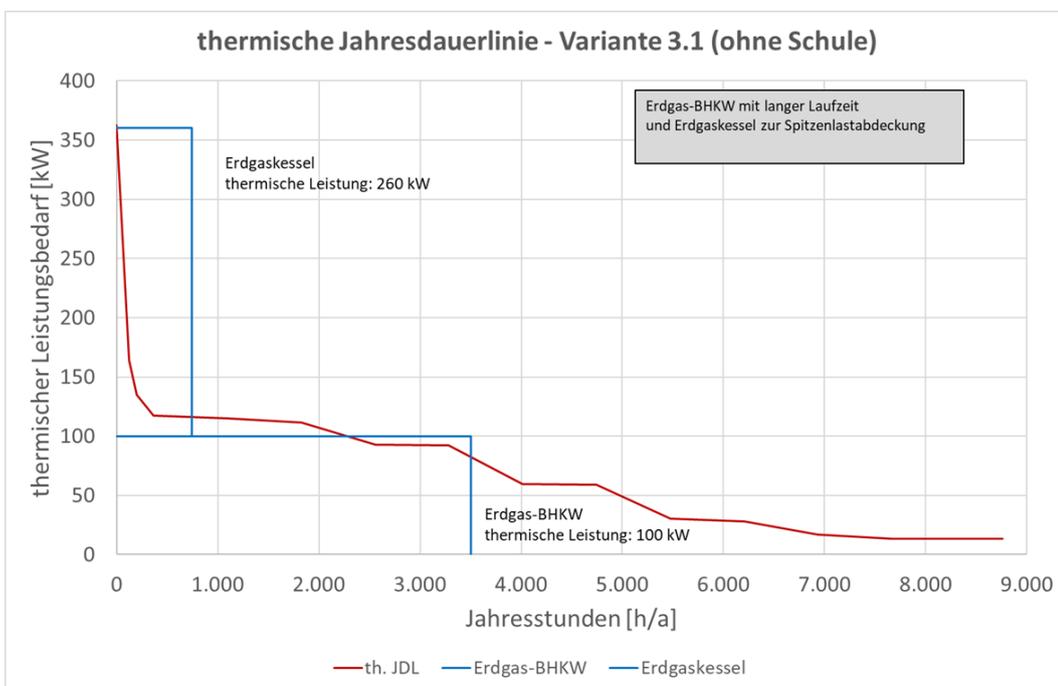


Abbildung 37: thermische Jahresdauerlinie – Variante 3.1 (ohne Schule)

Nachstehende Tabelle 17 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Es ist ersichtlich, dass knapp zwei Drittel der Wärme über das BHKW-Modul erzeugt werden. Die selteneren, hohen Lastspitzen werden über den Erdgasspitzenlastkessel abgedeckt. Bei dieser Variante werden 100 % der Wärme durch fossile Energieträger bereitgestellt, allerdings wird das Erdgas in diesem Fall durch die zusätzliche Stromerzeugung des BHKW-Moduls effizienter genutzt. Der gesamte Strom, den die KWK-Anlage erzeugt, wird in diesem Szenario in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

Tabelle 17: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 3.1 (ohne Schule)

Variante 3.1 (ohne Schule)			543.915	
	Leistung [kW _{th}]	Volllaststunden [h/a]	Wärme [kWh/a]	Anteil
Erdgas-BHKW	100	3.500	350.000	64,3%
Erdgaskessel	260	746	193.915	35,7%
Gesamt	360		543.915	100,0%

7.5.9 Variante 4.0 (mit Schule): Sole-/Wasser-Wärmepumpe, Luft-/Wasser-Wärmepumpe und Erdgasspitzenlastkessel

Bei Variante 4.0 werden die Grund- und Mittellast durch eine Sole-/Wasser-Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 200 kW und durch eine Luft-/Wasser-Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 130 kW gedeckt. Die Spitzenlast wird durch einen Erdgaskessel mit einer thermischen Leistung von ca. 230 kW bereitgestellt. Abbildung 38 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

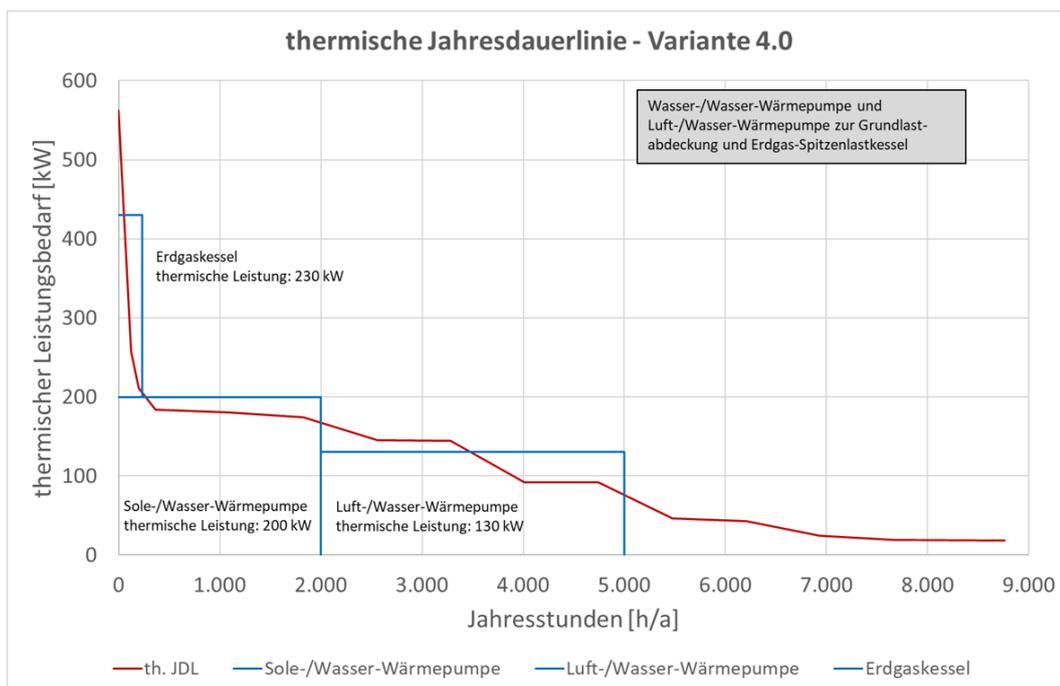


Abbildung 38: thermische Jahresdauerlinie – Variante 4.0 (mit Schule)

Nachstehende Tabelle 18 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Es ist ersichtlich, dass mehr als 90 % der Wärme über die Wärmepumpen erzeugt wird. Lediglich die seltenen Lastspitzen werden über den Erdgas-Spitzenlastkessel abgedeckt.

Tabelle 18: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 4.0 (mit Schule)

Variante 4.0 (mit Schule)			843.915	
	Leistung [kW _{th}]	Volllaststunden [h/a]	Wärme [kWh/a]	Anteil
Sole-/Wasser-Wärmepumpe	200	2.000	400.000	47,4%
Luft-/Wasser-Wärmepumpe	130	3.000	390.000	46,2%
Erdgaskessel	230	234	53.915	6,4%
Gesamt	560		843.915	100,0%

7.5.10 Variante 4.1 (ohne Schule): Sole-/Wasser-Wärmepumpe, Luft-/Wasser-Wärmepumpe und Erdgasspitzenlastkessel

Bei Variante 4.1 werden die Grund- und Mittellast durch eine Sole-/Wasser-Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 130 kW und einer Luft-/Wasser-Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 80 kW gedeckt. Die Spitzenlast wird durch einen Erdgaskessel mit einer thermischen Leistung von ca. 150 kW bereitgestellt. Abbildung 39 veranschaulicht das beschriebene Szenario.

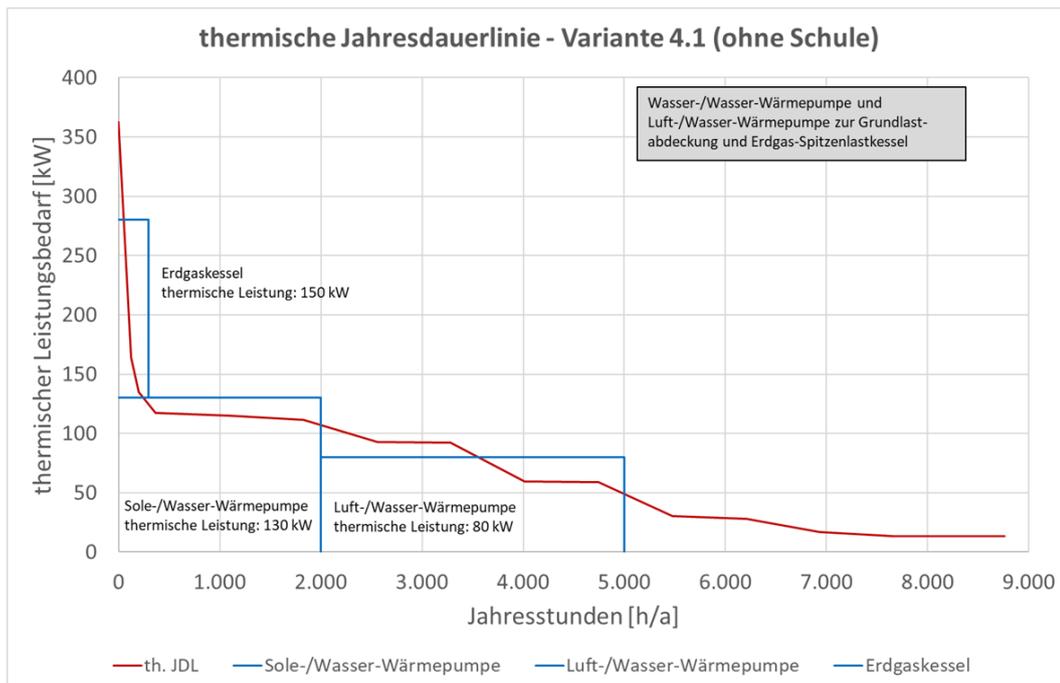


Abbildung 39: thermische Jahresdauerlinie – Variante 4.1 (ohne Schule)

Nachstehende Tabelle 19 gibt einen Überblick über die Anteile der einzelnen Energieerzeuger an der Gesamtwärmebereitstellung. Es ist ersichtlich, dass mehr als 90 % der Wärme über die Wärmepumpen erzeugt wird. Lediglich die seltenen Lastspitzen werden über den Erdgas-Spitzenlastkessel abgedeckt.

Tabelle 19: Energiebilanz Wärmeerzeugung – Variante 4.1 (ohne Schule)

Variante 4.1 (ohne Schule)			543.915	
	Leistung [kW _{th}]	Volllaststunden [h/a]	Wärme [kWh/a]	Anteil
Sole-/Wasser-Wärmepumpe	130	2.000	260.000	47,8%
Luft-/Wasser-Wärmepumpe	80	3.000	240.000	44,1%
Erdgaskessel	150	293	43.915	8,1%
Gesamt	360		543.915	100,0%

7.6 Fördermöglichkeiten

Im Anschluss werden einige für die Untersuchung relevante Fördermöglichkeiten aufgezählt und näher beschrieben (Stand: November 2021). Es wird angemerkt, dass kein Anspruch auf Vollständigkeit besteht und mögliche Förderprogramme (Gültigkeit und geltende Förderbedingungen) vor Umsetzung der Maßnahme eingehend zu prüfen sind. Derzeit herrscht eine hohe Fluktuation in der Förderlandschaft, weshalb in die vorliegende Untersuchung nur eine Momentaufnahme einfließen kann. Nachfolgende Gliederungspunkte beschreiben mögliche Förderprogramme in Bezug auf ein Wärmenetz bzw. bestimmte förderbare technische Anlagen zur Energieerzeugung.

Die Angabe der Fördermittel erfolgt ohne Gewähr.

7.6.1 KfW-Programm 271/281 – Erneuerbare Energien Premium

Im Rahmen des Programms der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) werden diverse Maßnahmen gefördert. Nachfolgend werden für das vorliegende Projekt relevante Komponenten kurz erläutert.

Wärmenetze, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden:

Im KfW-Programm Erneuerbare Energien Premium wird ein Wärmenetz gefördert, wenn die verteilte Wärme zu folgenden Mindestanteilen aus den folgenden Wärmequellen stammt:

- a) zu mindestens 20 % aus Solarwärme, sofern ansonsten fast ausschließlich Wärme aus hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, aus Wärmepumpen oder aus industrieller oder gewerblicher Abwärme
- b) zu mindestens 50 %, bei Wärmenetzen zur überwiegenden Versorgung von Neubauten 60 %, mit Wärme aus erneuerbaren Energien
- c) zu mindestens 50 %, bei Wärmenetzen zur überwiegenden Versorgung von Neubauten 60 %, aus Wärmepumpen
- d) zu mindestens 50 % bei Wärmenetzen zur überwiegenden Versorgung von Neubauten 60 %, aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme oder
- e) zu mindestens 50 %, bei Wärmenetzen zur überwiegenden Versorgung von Neubauten 60 %, einer Kombination der in den Buchstaben a) bis d) genannten Maßnahmen und ansonsten fast ausschließlich aus hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung.

Darüber hinaus muss ein mittlerer jährlicher Mindestwärmeabsatz je Trassenmeter (Trm) von $500 \text{ kWh}_{\text{th}}/(\text{Trm} \cdot \text{a})$ gegeben sein.

Zusätzlich sind in diesem Programm auch die Kosten zur Errichtung der Hausübergabestationen förderfähig. Die Höhe der Förderung beträgt:

- 60 €/(Trm*a); der Förderhöchstbetrag liegt hier bei 1 Million €
- 1.800 € je Hausübergabestation (bei Bestandsgebäuden und sofern kein kommunaler Anschlusszwang besteht)

Biomasseanlagen zur Verbrennung fester Biomasse für die thermische Nutzung:

Gefördert werden bis zu 20 Euro je kW installierter Nennwärmeleistung (Grundförderung) für förderfähige Biomasseanlagen zur thermischen Nutzung. Der Höchstförderbetrag beträgt 50.000 Euro je Einzelanlage. Zusätzlich können folgende Boni genutzt werden:

- Bonus für niedrige Staubemissionen: Bis zu 20 Euro je Kilowatt Nennwärmeleistung, sofern die staubförmigen Emissionen maximal 15 Milligramm pro Kubikmeter (Volumengehalt an Sauerstoff im Abgas von 13 % im Normzustand (273 K, 1013 Hektopascal)) betragen.
- Bonus für die Errichtung eines Pufferspeichers: Die Grundförderung erhöht sich um bis zu 10 Euro je Kilowatt Nennwärmeleistung, sofern für den Kessel ein Pufferspeicher mit einem Mindestspeichervolumen von 30 Liter pro Kilowatt Nennwärmeleistung installiert wird.

Die Grundförderung und die Boni sind kumulierbar. Der maximale Tilgungszuschuss mit Bonusnutzung beträgt 100.000 Euro je Anlage.

Große effiziente Wärmepumpen:

Förderfähig ist die Errichtung von effizienten Wärmepumpen mit einer installierten Nennwärmeleistung von mehr als 100 kW zur Bereitstellung von Wärme für Wärmenetze. Ausgenommen von der Förderung sind Luft-/Wasser-Wärmepumpen und Luft-/Luft-Wärmepumpen.

Für förderfähige effiziente Wärmepumpen beträgt die Förderung 80 Euro je kW Wärmeleistung im Auslegungspunkt, mindestens jedoch 10.000 Euro und höchstens 100.000 Euro je Einzelanlage.

Förderfähige Erdsonden bis 400 Meter Tiefe werden mit vier Euro je Meter und ab 400 Meter Tiefe mit sechs Euro je Meter Tiefe gefördert. Pro Vorhaben wird nur eine Erdsonde gefördert.

Die aktuellen Förderbedingungen des Programms Erneuerbare Energien Premium sind auf der KfW-Homepage unter diesem [Link](#) abrufbar.

7.6.2 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Im Rahmen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) wird vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) u. a. der Neubau und Ausbau von Wärmenetzen gefördert.

Fördervoraussetzung ist unter anderem, dass nachweislich eine Fördernotwendigkeit besteht und spätestens 36 Monate nach der Inbetriebnahme des Netzes eine der folgenden Voraussetzungen aus Tabelle 20 nachgewiesen wird. Der maximal mögliche Zuschlag pro Projekt beträgt 20 Millionen Euro.

Tabelle 20: Förderung Wärme-/Kältenetze nach KWKG [B.KWK]

Bedingung	Zuschlag bezogen auf die Investitionskosten	Frist für Inbetriebnahme nach 31.12.2019 bis
50 % Kombination aus KWK, EE, Abwärme	30 %	31.12.2022
75 % Kombination aus KWK, EE, Abwärme, min. aber 10 % KWK	40 %	31.12.2029
75 % aus KWK	40 %	31.12.2029

Die Inanspruchnahme dieser Förderung nach KWKG gilt vorrangig, sofern die Voraussetzungen erfüllt werden können. Eine Kumulierung z. B. mit dem KfW-Programm ist nicht möglich.

Wärme aus Biomasseheizkesseln zählt laut BAFA ebenfalls zu Wärme aus erneuerbaren Energien.

Da der KWK-Anteil für eine Förderung eines Wärmenetzes ohne den Einsatz Erneuerbarer Wärme mindestens 75 % betragen müsste, aber die Wärmeversorgungsvarianten 3.x diesen Wert nicht erreichen, kann in diesem Fall keine Förderung nach dem KWKG in Anspruch genommen werden.

Die aktuellen Förderbedingungen sind der jeweils geltenden Fassung des KWKG zu entnehmen.

7.6.3 TFZ Bayern BioKlima

Gefördert werden im „Förderprogramm BioKlima“ Neuinvestitionen zur Errichtung von automatisch beschickten Biomasseheizanlagen. Es erfolgt eine Unterscheidung bezüglich der Anlagengröße (Variante 1: 60 kW_{th} bis 200 kW_{th} und Variante 2: > 200 kW_{th}). Als Brennstoff dürfen ausschließlich naturbelassene Holz- oder Biomassebrennstoffe aus heimischer Produktion eingesetzt werden. Es gibt eine Reihe von Anforderungen, die eingehalten werden müssen. Einige wichtige davon sind:

- Anforderungen an die Vollbenutzungsstunden
- Mindestwärmebelegung im Netz > 1.500 kWh_{th}/m²*a. Bei Variante 1 alternativ ein Netzverlust < 15 %
- Pufferspeichervolumen mindestens 30 l/kW_{th}
- ein schlüssiger und abgesicherter Kosten- und Finanzierungsplan muss vorliegen
- Nachweise von sachkundigen Ingenieurbüros oder Fachunternehmen

Neben einer Grundförderung in Höhe von 30 % - 40 % (abhängig von der Unternehmensgröße) der „zuwendungsfähigen Kosten“ gibt es eine Zusatzförderung für weitere Energieeffizienzmaßnahmen (Abgaswärmetauscher oder Abgaskondensationsanlage; +5 % der zuwendungsfähigen Kosten). Die Förderobergrenze beträgt 250.000 €.

Als zuwendungsfähige Kosten sind die Investitionsmehrkosten einer Biomasseheizanlage gegenüber einer konventionellen, d. h. fossilen Energieerzeugungsanlage, zu verstehen. Eine Kumulierung mit weiteren Fördermitteln ist zulässig, jedoch gelten Vorgaben zur maximalen Beihilfeintensität.

Die aktuellen Förderbedingungen für reine Biomasseheizwerke sind auf der Homepage des TFZ unter diesem [Link](#) und für Biomasseheizwerke in Kombination mit Abwärme bzw. Solarthermie unter diesem [Link](#) abrufbar.

7.6.4 AIE-Förderung im Rahmen der Dorferneuerung

Im Rahmen der Dorferneuerungsrichtlinie können Wärmenetzprojekte mit bis zu 400.000 € pro Vorhaben unter folgenden Voraussetzungen gefördert werden:

- Mindestwärmebelegung im Netz > 1.500 kWh_{th}/m*a
- Für den Fall, dass die Mindestwärmebelegung im Netz zumindest 500 kWh_{th}/m*a überschreitet, die Gesamtanlage ökonomisch tragfähig ist und die ökologische Sinnhaftigkeit z. B. durch folgende Maßnahmen gesteigert wird:
 - Nutzung von Biomasse aus der Region
 - Einbindung von Pufferspeichern
 - Besonders wärmegeämmte Rohre
 - Erhöhung der regionalen Wertschöpfung

Details sind in diesem Fall mit dem zuständigen Amt für ländliche Entwicklung abzustimmen.

7.6.5 BEG EM – Bundesförderung für effiziente Gebäude Einzelmaßnahmen

Das Förderprogramm Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ersetzt die CO₂-Gebäudesanierung (Energieeffizient Bauen und Sanieren), das Programm zur Heizungsoptimierung (HZO), das Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE) und das Marktanreizprogramm zur Nutzung Erneuerbarer Energien am Wärmemarkt (MAP) und ist auf die drei Bereiche Wohngebäude (WG), Nichtwohngebäude (NWG) und Einzelmaßnahmen (EM) aufgeteilt. Diese Unterteilung ist in Abbildung 40 dargestellt.

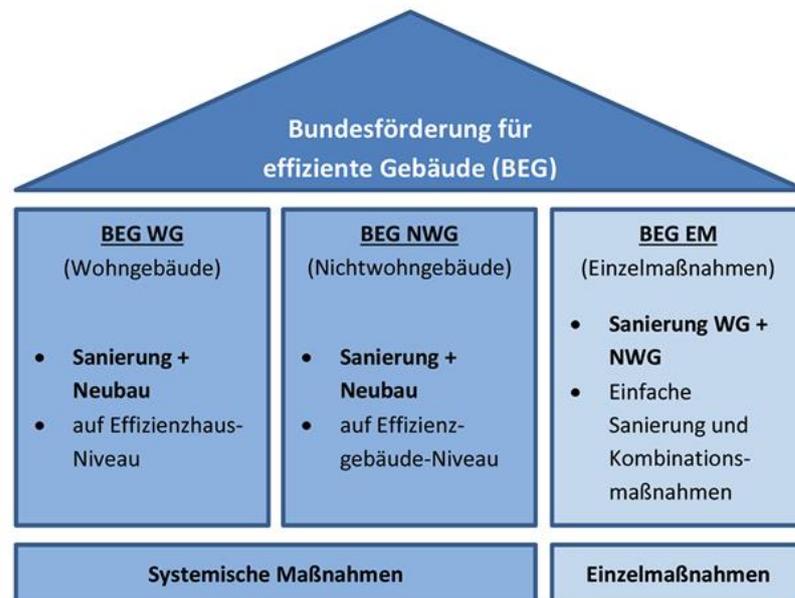


Abbildung 40: Überblick Bundesförderung für effiziente Gebäude [solarserver]

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude **Wohngebäude** (BEG WG) und die Bundesförderung für effiziente Gebäude **Nichtwohngebäude** (BEG NWG) bilden damit kein direktes Fördermittel für Anlagen zur Wärmeerzeugung oder Wärmenetze, geben jedoch interessante Anreize für die Errichtung von energieeffizienten Gebäuden und die Sanierung von Wohngebäuden auf Effizienzhausniveau. Diese beiden Bereiche des Förderprogramms sind somit im vorliegenden Fall nicht relevant.

Durch die Bundesförderung für effiziente Gebäude **Einzelmaßnahmen** (BEG EM) werden jedoch auch Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik) sowie die Errichtung von Gebäudenetzen bzw. der Anschluss an ein Gebäudenetz gefördert. Ein Gebäudenetz dient dabei der ausschließlichen Versorgung mit Wärme von bis zu 16 Gebäuden und bis zu 100 Wohneinheiten. Bei der Errichtung eines Gebäudenetzes ist das Netz selbst sowie sämtliche seiner Komponenten und notwendige Umfeldmaßnahmen förderfähig. Die Förderquoten richten sich nach dem Anteil Erneuerbarer Energien im Wärmenetz.

Für die Errichtung eines Gebäudenetzes beträgt die Förderquote 30 %, wenn das Gebäudenetz einen Anteil von mindestens 55 % Erneuerbarer Energien erreicht und 35 %, wenn das Gebäudenetz einen Anteil von mindestens 75 % Erneuerbarer Energien erreicht.

Der Anschluss an ein Gebäudenetz wird mit 30 % gefördert, wenn das Gebäudenetz einen Anteil von mindestens 25 % Erneuerbarer Energien erreicht oder wenn das Wärmenetz einen Primärenergiefaktor von höchstens 0,6 aufweist. Mit 35 % wird der Anschluss an ein Gebäudenetz gefördert, wenn das Gebäudenetz einen Anteil von mindestens 55 % Erneuerbarer Energien erreicht oder für das Wärmenetz ein nach der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) geförderter Transformationsplan vorliegt oder das Wärmenetz einen Primärenergiefaktor von höchstens 0,25 aufweist.

Die aktuellen Förderbedingungen sind auf der Homepage des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz unter diesem [Link](#) abrufbar.

7.7 Ökonomische und ökologische Gegenüberstellung

In diesem Kapitel werden zunächst die Rahmenbedingungen der ökonomischen und ökologischen Gegenüberstellung erläutert. Daraufhin werden die Ergebnisse der Varianten aus Abschnitt 7.5 dargestellt und diskutiert. Die Ergebnisse wurden hierfür in die Investitionskosten, die Wärmegestehungskosten sowie die Sensitivitätsanalyse und die CO₂-Emissionen untergliedert, jeweils in Bezug auf die vorab definierten Wärmeversorgungsvarianten.

Es wird darauf hingewiesen, dass sich die zum Zeitpunkt der Erstellung der Kalkulation (Stand: November 2021) verwendeten Energiepreise sowie andere Kosten mittlerweile geändert haben. Insbesondere die in Frage kommenden Förderprogramme wurden inzwischen mehrfach geändert. Es wird daher ausdrücklich empfohlen, die Kalkulation vor einer Umsetzung mit aktuellen Preisen zu überarbeiten und eine erneute Fördermittelprüfung vorzunehmen.

7.7.1 Rahmenbedingungen

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

7.7.1.1 Ökonomische Rahmenbedingungen

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: November 2021
- Betrachtungszeitraum: 20 Jahre
- Abschreibungszeitraum individuell in Anlehnung an die VDI 2067 für Energieerzeuger, Anlagentechnik, Wärmenetz, Gebäude und Grundstück
- alle Kosten ohne MwSt. (Nettokosten)
- Zinssatz 1,0 %
- 100 % Fremdfinanzierung
- keine Berücksichtigung möglicher Anschlusskostenbeiträge durch Anschlussnehmer
- etwaige Gewinnmargen für einen möglichen Betreiber sind nicht Bestandteil der Betrachtung
- Strom aus fossil befeuerten BHKW (Erdgas) wird nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz vergütet. Die KWK-Anlagen in der Betrachtung sind Volleinspeise-Anlagen.
- Die Zuschlagszahlung für produzierten KWK-Strom wird für 30.000 Vollbenutzungsstunden ausbezahlt. Die Berücksichtigung in der Kalkulation erfolgt gemittelt über den Betrachtungszeitraum.
- Die Energiesteuerrückerstattung für Erdgas, das in hocheffizienten BHKW zum Einsatz kommt, wird gemittelt über den Betrachtungszeitraum beachtet.
- Die CO₂-Bepreisung fossiler Brennstoffe nach dem BEHG wurde ab dem Jahr 2026 einmal mit 60 €/t CO₂ und einmal mit 150 €/t CO₂ berücksichtigt. Dieser Ansatz erfolgt in Abstimmung mit den beteiligten Akteuren. Bis einschließlich zum Jahr 2025 wurden die nach BEHG gültigen Sätze angesetzt.

Da die Entwicklung der Brennstoffkosten in Zukunft schwer einzuschätzen ist, wurde der Einfluss steigender oder sinkender Energiepreise gesondert über entsprechende Sensitivitätsanalysen (siehe Kapitel 7.7.2.3) betrachtet.

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)
- Einnahmen durch Stromeinspeisung in das öffentliche Netz (KWK-Zuschlag und „üblicher Preis“) und Energiesteuerrückerstattung

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, an dieser Stelle wurden die anzusetzenden Investitionskosten in Rücksprache mit den gemeindlichen Vertretern abgestimmt)
- thermische Energieerzeuger
- Peripherie (Druckhaltung, MSR, Pufferspeicher)
- Unvorhergesehenes und technische Installation (pauschal 15 %)
- 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.

Bei den Blockheizkraftwerken werden die Wartungs- und Instandhaltungskosten als spezifische Kosten anhand der Laufzeit in Euro pro Betriebsstunde angesetzt. In diesen Kosten sind alle Wartungs- und Reparaturarbeiten, Ersatzteile und Betriebsstoffe, die für die BHKW-Anlagen benötigt werden, enthalten. Dies entspricht in der Praxis einem Vollwartungsvertrag, welcher üblicherweise mit dem Hersteller

einer solchen Anlage geschlossen werden kann. Diese Kosten werden über Näherungsgleichungen anhand der Modulgröße ermittelt. Die hinterlegten Gleichungen wurden von der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE) ermittelt.

Für die verbleibenden Energieerzeuger werden die Instandhaltungs-, Wartungs- und Bedienungskosten in Anlehnung an die Vorgaben aus der Richtlinie VDI 2067 berechnet.

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

Die angesetzten, spezifischen Energiepreise sowie die Kosten für die CO₂-Bepreisung belaufen sich auf folgende Werte:

- CO₂-Bepreisung: bis einschließlich 2025 nach BEHG
65 €/t CO₂ (geringe CO₂-Bepreisung ab 2026)
150 €/t CO₂ (hohe CO₂-Bepreisung ab 2026)
- Erdgas: ca. 5,3 - 6,0 ct/kWh_{H₂} bei geringer CO₂-Bepreisung ab 2026
ca. 6,7 - 7,3 ct/kWh_{H₂} bei hoher CO₂-Bepreisung ab 2026
- Strommischpreis WP: 18,0 ct/kWh
- Hackschnitzel: 20 €/srm
- Pelletpreis: 223 €/t

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

Einnahmen ergeben sich bei fossil befeuerten BHKW aus der Zuschlagszahlung nach dem KWKG-Gesetz. Weitere Einnahmen kommen durch Stromeinspeisung (Börsenpreis) und Energiesteuerrückerstattung zustande.

Das KWKG regelt die Vergütung von Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung, z. B. bei gasmotorischen Blockheizkraftwerken mit fossilen Brennstoffen. Dabei gelten für die hier betrachteten Blockheizkraftwerke folgende Rahmenbedingungen (siehe Tabelle 21):

Tabelle 21: Rahmenbedingungen nach KWKG 2020 für KWK-Anlagen [B.KWK]

	KWK-Zuschläge in ct/kWh						
	≤ 50 kW	> 50 bis ≤ 100 kW	> 100 bis ≤ 250 kW	> 250 bis ≤ 500 kW	> 500 kW bis ≤ 2 MW*	> 2 MW bis ≤ 50 MW*	> 50 MW
In das öffentliche Netz eingespeister Strom							
§ 7 Abs. 1 ¹	8,0	6,0	5,0	4,4	4,4	3,1 / 3,4 / 3,9 ²	3,1 / 3,4 / 3,9 ²

Gesonderte KWK-Zuschläge für Mini-BHKW bis 50 kW in ct/kWh	
In das öffentliche Netz eingespeister Strom	
§ 7 Abs. 1 ¹	16,0

Neuanlagen (§ 8 Abs. 1)	30.000 VBh
-------------------------	------------

Hinweis:

Da der KWK-Zuschlag nicht über den gesamten Betrachtungszeitraum konstant ist und seriöse Prognosen zur zukünftigen Entwicklung kaum möglich sind, werden die Einnahmen nach aktuellem Gesetzesstand vereinfachend gleichmäßig auf den gesamten Betrachtungszeitraum (20 Jahre) umgelegt. In der Kalkulation wird zugrunde gelegt, dass das BHKW-Modul nach Erreichen der 30.000 Vollbenutzungsstunden, d. h. nach Ausschöpfen der Förderung (KWK-Zeitraum) weiter betrieben wird. Für den Weiterbetrieb nach dem KWKG-Förderzeitraum wird allerdings keine gesetzliche Vergütung mehr gewährt. Die Gültigkeit des aktuellen KWKG ist zunächst bis 2026 befristet (Änderung der gesetzlichen Randbedingungen jedoch aktuell möglich!).

In den betrachteten Varianten wird von einer vollen Stromeinspeisung des produzierten Stroms in das öffentliche Netz ausgegangen. In diesem Fall wird der Strom zusätzlich nach dem sogenannten „üblichen Preis“ vergütet. Dieser Preis gilt als Richtpreis, der bezahlt werden muss, wenn sich der Energieversorger und der KWK-Anlagenbetreiber auf keine andere Vergütung einigen können. Die Höhe dessen orientiert sich am Handelspreis für Strom an der Leipziger Strombörse (EEX). Der Mittelwert des üblichen Preises der letzten sechs Quartale liegt bei ca. 3,5 ct/kWh_{el}. Dafür wurden die Quartalswerte (Q4 2019 - Q1 2021) herangezogen und gemittelt, wie Abbildung 41 zeigt. Im Rahmen dieser Betrachtung wurde ein konservativer Wert von 3,0 ct/kWh_{el} angesetzt.

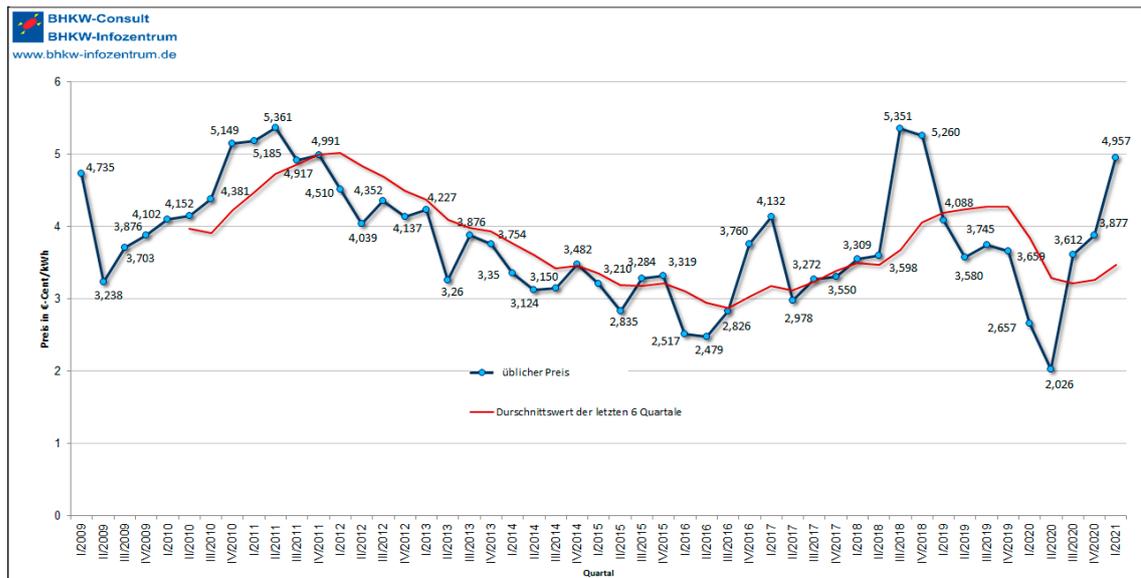


Abbildung 41: Üblicher Preis KWK: Mittelwert vergangener Quartale [EEX AG]

Bei der Steuerrückerstattung nach § 53a Energiesteuergesetz wird die Energiesteuer bei Brennstoffen, die zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden, vollständig zurückerstattet. Voraussetzung hierfür ist, dass es sich um eine hocheffiziente und noch nicht vollständig abgeschriebene Anlage (Absetzung für Abnutzung; AfA) handelt, ansonsten wird nur eine teilweise Energiesteuererstattung gewährt. Details sind dem entsprechenden Gesetzestext zu entnehmen. Die Steuerrückerstattung für die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme beträgt innerhalb der ersten 10 Betriebsjahre für den Energieträger Erdgas: 0,55 ct/kWh_{HS} (bzw. nach 10 Betriebsjahren 0,442 ct/kWh_{HS}).

Die Ergebnisse (Investitionskostenprognose und Wärmegestehungskosten) werden einmal ohne Fördermittel betrachtet und anschließend mit den Ergebnissen verglichen, für die die zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Fördermittel einbezogen wurden. Der Zeithorizont der Errichtung eines Wärmenetzes ist jedoch noch schwer abzuschätzen und die Förderlandschaft kann sich erfahrungsgemäß schnell ändern. Es wird ausdrücklich 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_{th} je Variante dar- bzw. gegenübergestellt. Die erzielten Einnahmen aus der Stromeinspeisung der KWK-Anlagen sind dabei bereits mit inbegriffen.

7.7.1.2 Ökologische Rahmenbedingungen

Die Bewertung der ökologischen Aspekte hinsichtlich möglicher, künftiger Wärmeversorgungsstrategien wird anhand einer CO₂-Bilanz (CO₂-Emissionsäquivalent) vorgenommen. Je nach Art des Energieträgers, welcher zur Wärme- bzw. auch Stromversorgung (Hilfsenergie) eingesetzt wird, entsteht je verbrauchter Kilowattstunde eine gewisse Menge an Treibhausgasen (THG). Die jährliche Menge an THG-Emissionen kann mit Hilfe von CO₂-Emissionsäquivalenten berechnet werden. Für das Konzept werden die jeweiligen Emissionsfaktoren aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) angesetzt.

- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| • Strom (Netzbezug) | 560 g/kWh _{el} |
| • Strom (Ökostrom oder PV-Anlagen) | 0 g/kWh _{el} |
| • Verdrängungsstrommix für KWK | 860 g/kWh _{el} |
| • Erdgas | 240 g/kWh _{Hi} |
| • Hackschnitzel | 20 g/kWh _{Hi} |
| • Pellets | 20 g/kWh _{Hi} |

Die absoluten Emissionen je Variante werden in Tonnen pro Jahr ermittelt, indem der Brennstoffeinsatz mit dem spezifischen Emissionsfaktor (siehe oben) multipliziert wird. Werden mehrere verschiedene Energieträger in einem Energieversorgungssystem eingesetzt, so werden die absoluten, jährlichen Emissionen je Energieträger aufsummiert.

Lediglich wenn eine KWK-Anlage Bestandteil eines Energieversorgungssystems ist, ergibt sich eine Besonderheit. Aus dem in der Anlage eingesetzten Erdgas wird sowohl Wärme als auch Strom erzeugt. Um verschiedene Versorgungssysteme rein wärmeseitig vergleichen zu können, wird der Anteil des Erdgaseinsatzes, der zur Stromerzeugung dient, herausgerechnet. Dies geschieht im vorliegenden Konzept anhand einer Gutschrift. Für den in der KWK-Anlage erzeugten Strom, der ins öffentliche Stromnetz eingespeist wird, wird die Strommenge mit dem spezifischen Emissionsfaktor für Netzstrom multipliziert und anschließend mit dem Wert für den gesamten Erdgasbezug der KWK-Anlage gegengerechnet. Als Vergleich dazu wird die tatsächlich anfallende CO₂-Emissionsmenge bei den Varianten mit KWK-Anlagen zusätzlich angegeben.

Bei den Varianten mit Wärmepumpen wird einmal mit dem Fall gerechnet, dass gewöhnlicher Netzstrom zur Energieversorgung bezogen wird und einmal mit dem Fall, dass 100 % Ökostrom bezogen wird bzw. die Stromversorgung z. B. zu 100 % aus einer PV-Anlage gedeckt werden kann.

7.7.2 Ergebnisse

In den folgenden vier Unterkapiteln werden die Ergebnisse der Investitionskostenprognose, der Wärmegestehungskosten, der Sensitivitätsanalyse und der CO₂-Emissionen sowie der Primärenergiefaktoren der Varianten beschrieben und miteinander verglichen. Zur Veranschaulichung ist jeweils ein Erdgaskessel als Referenzvariante dargestellt, der jedoch aus ökologischen Gründen und gesetzlichen Vorgaben so nicht umgesetzt werden kann. Dies soll zeigen, dass fossile Energieträger auch aus wirtschaftlicher Sicht keinen Vorteil mehr bieten, ganz abgesehen von der ökologischen Bewertung und den gesteckten Klimazielen.

7.7.2.1 Investitionskostenprognose

Im nachfolgenden Diagramm wird die Prognose der Investitionskosten aller Wärmeversorgungs- und Netzvarianten gegenübergestellt.

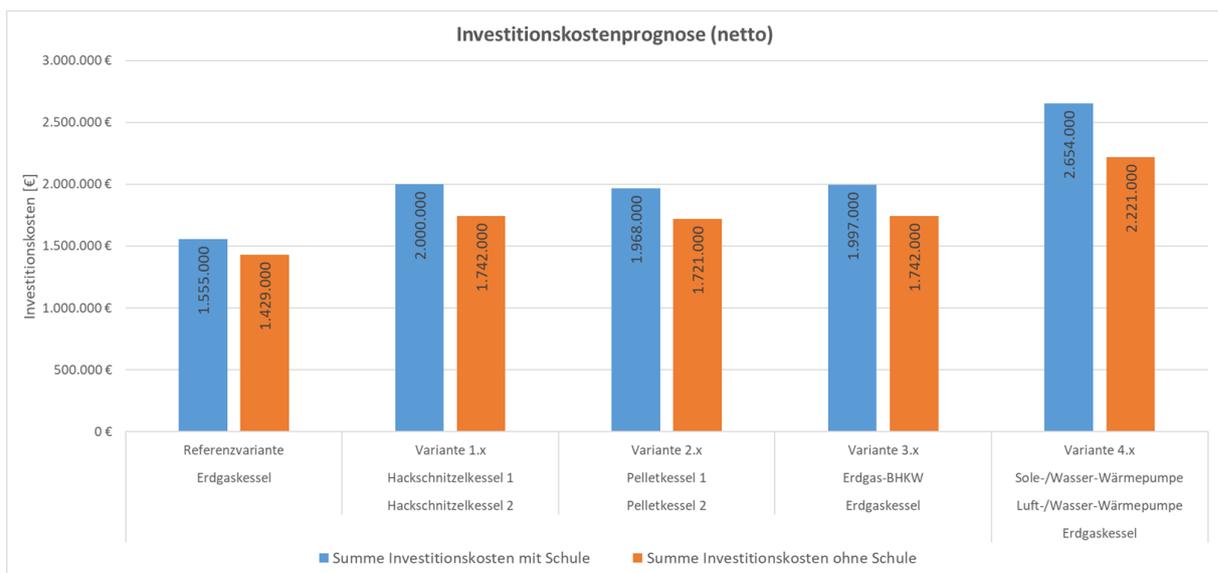


Abbildung 42: Investitionskostenprognose netto ohne Förderung

Wie in Abbildung 42 zu erkennen ist, liegen die Investitionskosten bei allen Wärmeversorgungsvarianten für Netzvariante 2 (orange Säulen) niedriger als bei Netzvariante 1 (blaue Säulen). Das liegt u. a. daran, dass aufgrund der geringeren benötigten Wärmemenge kleinere Wärmeerzeuger eingesetzt werden können und geringere Mengen an Brennstoff benötigt werden. Dass die Investitionskosten bei Variante 4.x deutlich höher ausfallen als bei den Varianten 1.x bis 3.x, liegt an den hohen zusätzlichen Kosten für die Sondenbohrungen der Sole-/Wasser-Wärmepumpe.

Bezieht man die Fördermittel nach der BEG EM (Gebäudenetz) mit ein, ergibt sich folgende, in Abbildung 43 dargestellte Investitionskostenprognose. Durch die Förderung können die Investitionskosten bei Netzvariante 1 je nach Energieversorgungsvariante um etwa 549.000 Euro (Varianten 2.x) bis etwa 607.000 Euro (Varianten 4.x) gesenkt werden. Für die Referenzvarianten (Erdgaskessel) und die Varianten 3.x (Erdgas-BHKW) ist keine Förderung nach der BEG EM vorgesehen.

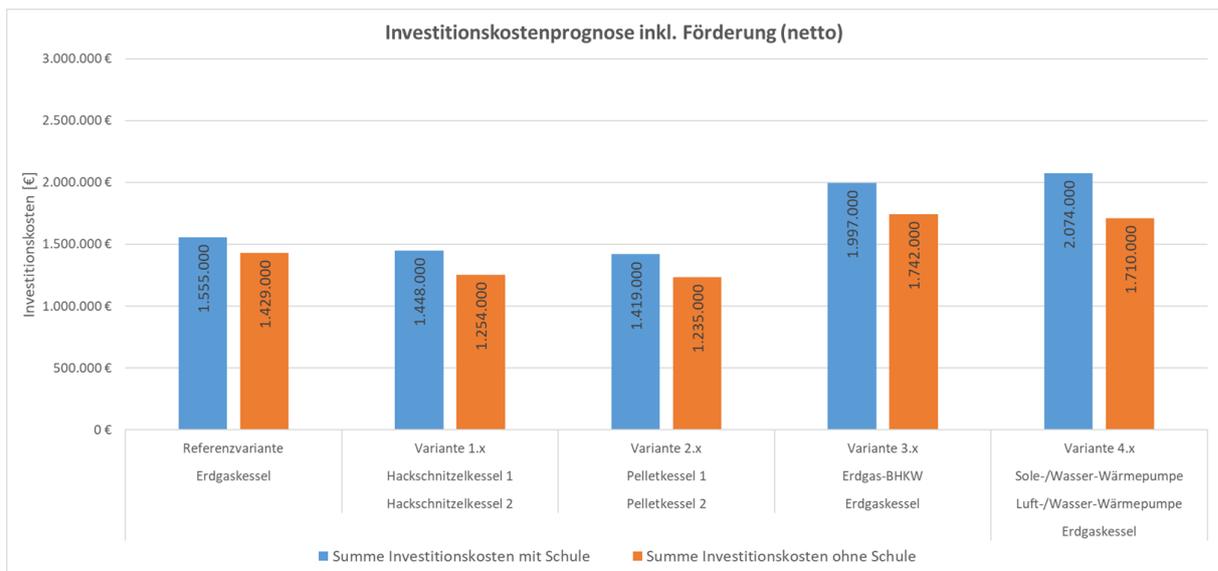


Abbildung 43: Investitionskostenprognose netto inkl. Förderung

Nach Abzug der zu erwartenden Förderung bilden die Varianten 1.x (Hackschnitzelkessel) und die Varianten 2.x (Pelletkessel) die günstigsten Alternativen. Die Investitionskosten liegen hier mit Förderung unter den Investitionskosten der Referenzvarianten. Das zeigt, dass ein rein über einen Erdgaskessel gespeistes Wärmenetz nicht mehr günstiger ist als erneuerbare Alternativen.

7.7.2.2 Jahresgesamtkosten und Wärmegestehungskosten

Aus den jährlichen Kapitalkosten, den Verbrauchs- und Betriebskosten sowie den sonstigen Kosten und etwaigen Erlösen (vermiedener Strombezug aus dem Netz sowie Vergütung des KWK-Stroms), können die Wärmegestehungskosten (WGK) ermittelt werden. Die Wärmegestehungskosten bieten eine gute Vergleichsmöglichkeit für die Bereitstellung der Nutzenergie durch die unterschiedlichen Energieerzeugungsvarianten. Außerdem wurden die Jahresgesamtkosten (JGK) pro Variante berechnet. Die Ergebnisse aller Varianten werden in den nachfolgenden Diagrammen vorgestellt.

Abbildung 44 zeigt die Jahresgesamtkosten und die Wärmegestehungskosten ohne Förderung und mit der geringen CO₂-Bepreisung ab 2026 von 65 €/t CO₂. Abgesehen von der Referenzvariante bilden die Varianten 1.x (Hackschnitzelkessel) die Energieversorgungsvarianten mit den günstigsten Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten.

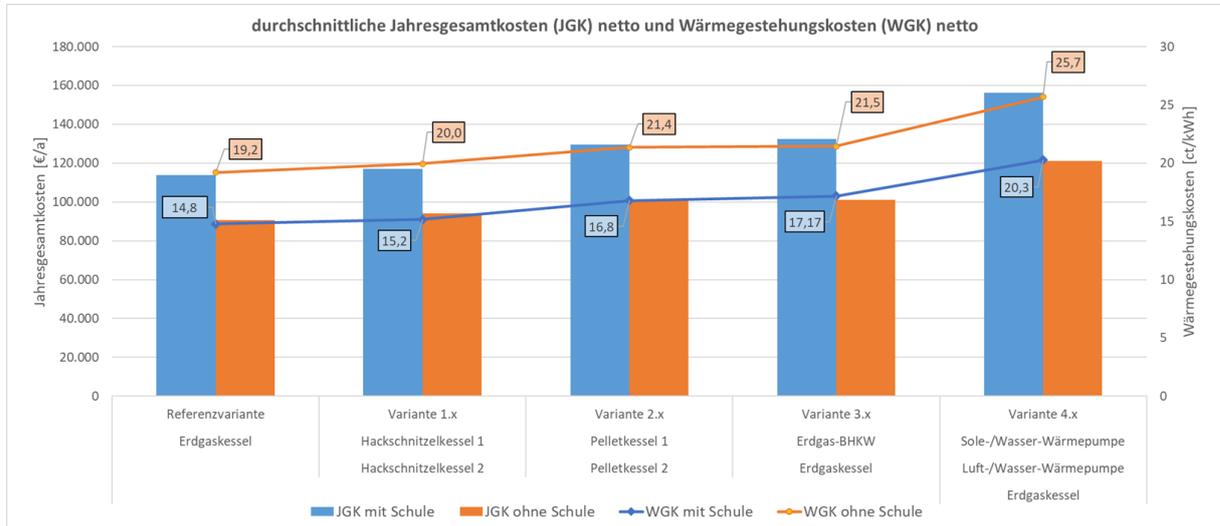


Abbildung 44: JGK und WGK ohne Förderung mit geringer CO₂-Bepreisung

In Abbildung 45 sind die Jahresgesamtkosten und die Wärmegestehungskosten mit Förderung und mit der geringen CO₂-Bepreisung ab 2026 von 65 €/t CO₂ gegenübergestellt. Auch mit Förderung bleiben die Hackschnitzelvarianten (1.x) die günstigsten Energieversorgungsalternativen.

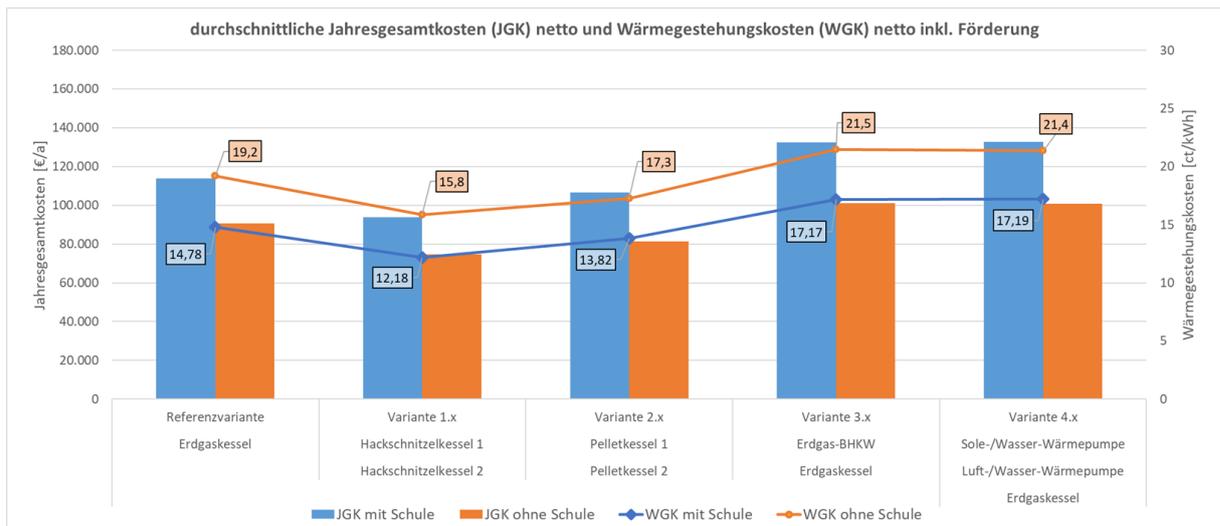


Abbildung 45: JGK und WGK inkl. Förderung mit geringer CO₂-Bepreisung

Mit Förderung liegen die Varianten 4.x auf dem gleichen Niveau der BHKW-Varianten (3.x).

Abbildung 46 zeigt die Jahresgesamtkosten und die Wärmegestehungskosten ohne Förderung und mit der hohen CO₂-Bepreisung ab 2026 von 150 €/t CO₂. Aufgrund der hohen CO₂-Bepreisung bilden die Varianten 1.x (Hackschnitzelkessel) bereits ohne Förderung die Energieversorgungsvarianten mit den günstigsten Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten.

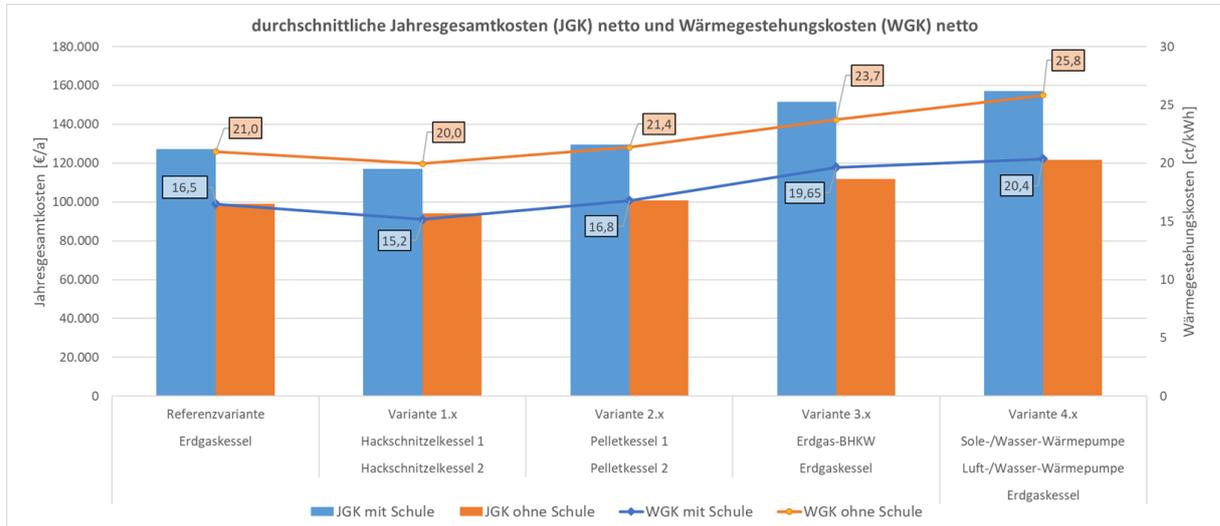


Abbildung 46: JGK und WGK ohne Förderung mit hoher CO₂-Bepreisung

In Abbildung 47 sind die Jahresgesamtkosten und die Wärmegestehungskosten mit Förderung und mit der hohen CO₂-Bepreisung ab 2026 von 150 €/t CO₂ gegenübergestellt. Auch mit Förderung bleiben die Hackschnitzelvarianten (1.x) die günstigsten Energieversorgungsalternativen.

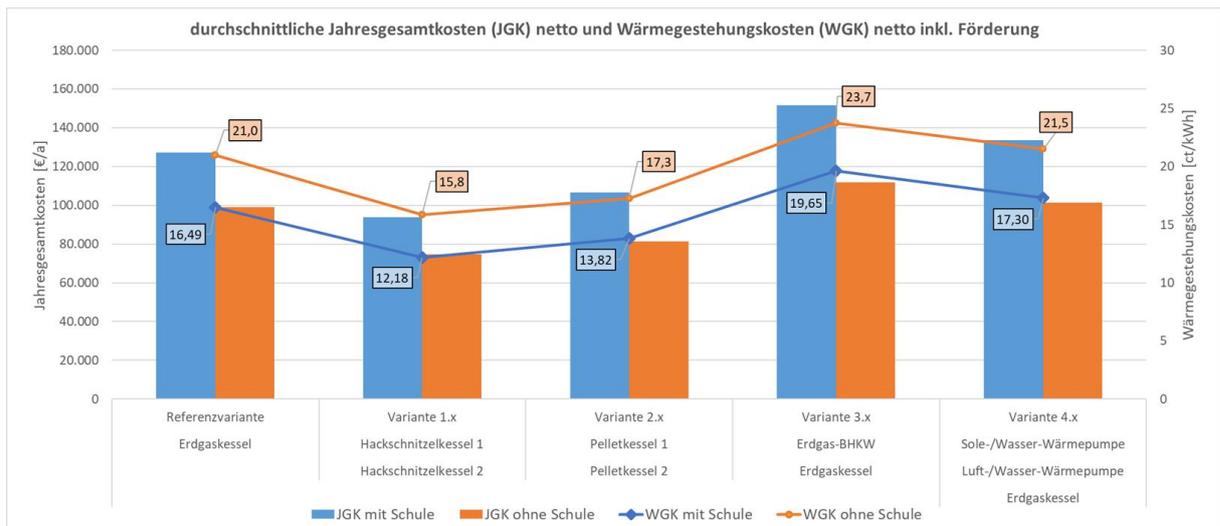


Abbildung 47: JGK und WGK inkl. Förderung mit hoher CO₂-Bepreisung

Mit Förderung liegen die Varianten 4.x unter dem Niveau der BHKW-Varianten (3.x).

7.7.2.3 Sensitivitätsanalyse Brennstoffkosten

Da die Entwicklung der Brennstoffkosten in Zukunft schwer einzuschätzen ist, wurde der Einfluss steigender oder sinkender Energiepreise gesondert über entsprechende Sensitivitätsanalysen betrachtet. Dabei wird der Einfluss steigender bzw. sinkender Brennstoffkosten auf die Wärmegestehungskosten analysiert. Dazu werden die mit den angesetzten Brennstoffkosten berechneten Wärmegestehungskosten in der Mitte des Diagramms bei 0 % Variation Brennstoffkosten aufgetragen. Für steigende Brennstoffkosten um bis zu 50 % werden die veränderten Wärmegestehungskosten mit ansonsten unveränderten Preisbestandteilen nach rechts aufgetragen. Nach dem gleichen Schema werden die veränderten Wärmegestehungskosten bei um bis zu 50 % sinkenden Brennstoffkosten nach links aufgetragen. Die Sensitivitätsanalyse erfolgt ohne die Berücksichtigung von Fördermitteln.

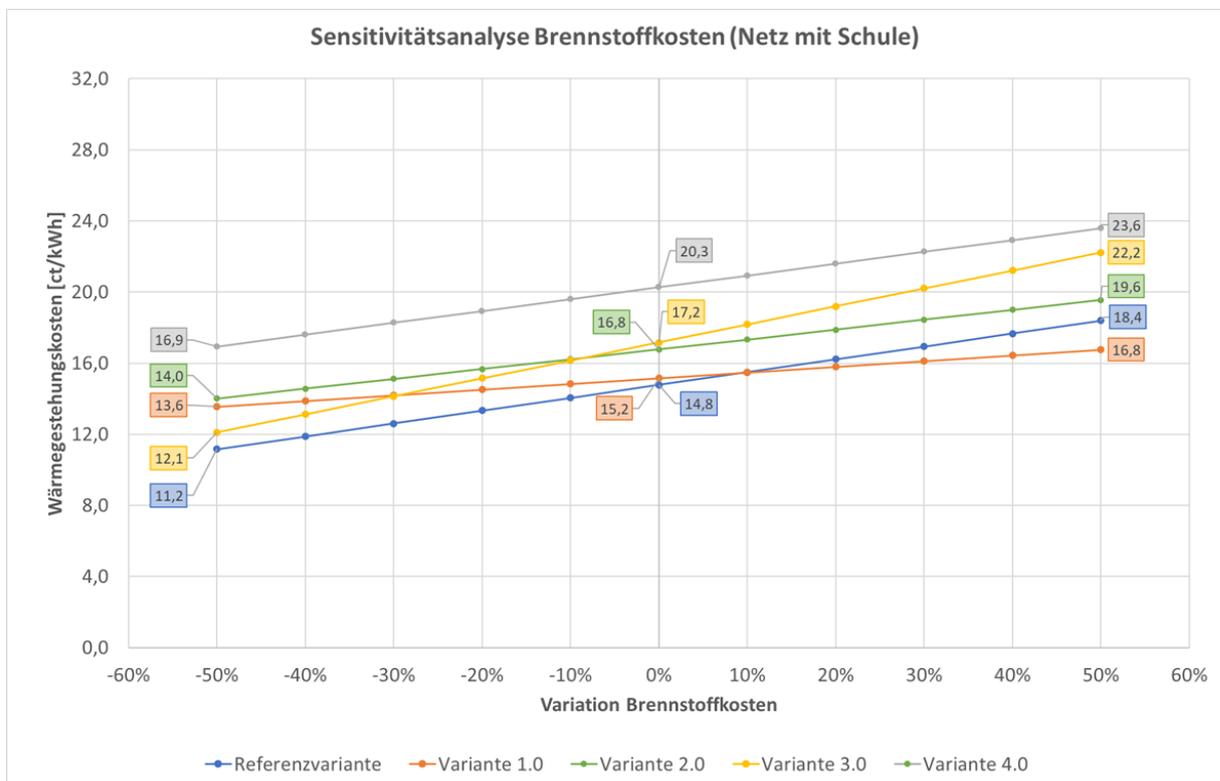


Abbildung 48: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 1 mit geringer CO₂-Bepreisung

In Abbildung 48 ist die Sensitivitätsanalyse für Netzvariante 1 mit geringer CO₂-Bepreisung dargestellt. Steigen die Brennstoffkosten um 50 %, so hat das auf die Wärmegestehungskosten der Referenzvariante und der Variante mit Blockheizkraftwerk (V 3.0) den stärksten Einfluss. Hier machen die Brennstoffkosten einen großen Teil der Wärmegestehungskosten aus. Bei der Hackschnitzelvariante (V 1.0) haben die steigenden Brennstoffkosten den geringsten Einfluss auf die Wärmegestehungskosten.

Abbildung 49 zeigt die Sensitivitätsanalyse für Netzvariante 1 mit hoher CO₂-Bepreisung. Da es auf Biomasse nach aktuellem Stand keine CO₂-Bepreisung gibt, haben steigende oder sinkende Brennstoffkosten den gleichen Effekt auf die Wärmegestehungskosten, wie bereits in Abbildung 48 gezeigt. Die hohe CO₂-Bepreisung macht sich jedoch deutlich bei der Referenzvariante und der Variante mit BHKW (V 3.0) bemerkbar. Bei hoher CO₂-Bepreisung und um 50 % steigenden Brennstoffkosten liegen die Wärmegestehungskosten bei dieser Variante um 30 % höher.

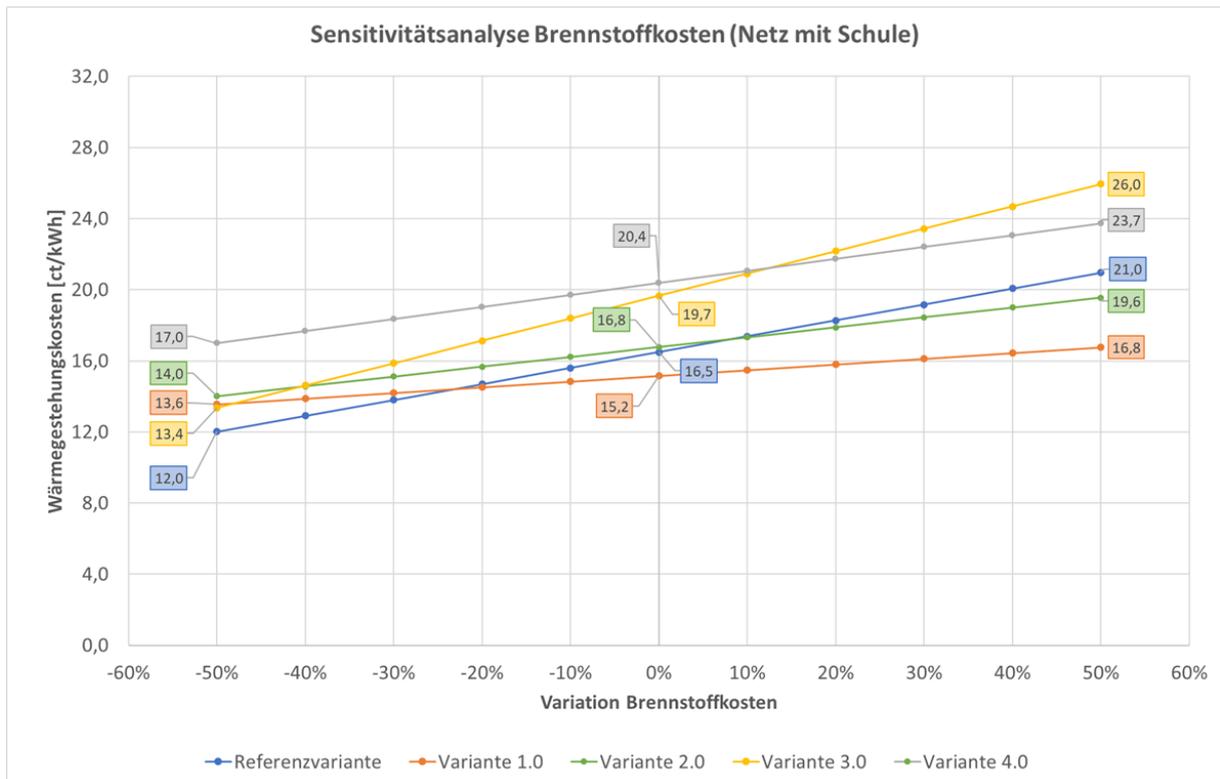


Abbildung 49: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 1 mit hoher CO₂-Bepreisung

Analog zur Netzvariante 1 sind in Abbildung 50 und Abbildung 51 die Sensitivitätsanalysen für Netzvariante 2 einmal mit geringer und einmal mit hoher CO₂-Bepreisung dargestellt. Die generelle Tendenz ändert sich hier im Vergleich zu Netzvariante 1 nicht. Bei einer Lösung mit Hackschnitzeln haben steigende Brennstoffkosten den geringsten Einfluss auf die Wärmegestehungskosten, wohingegen sich steigende Brennstoffkosten bei den BHKW-Varianten am stärksten auf die Wärmegestehungskosten auswirken.

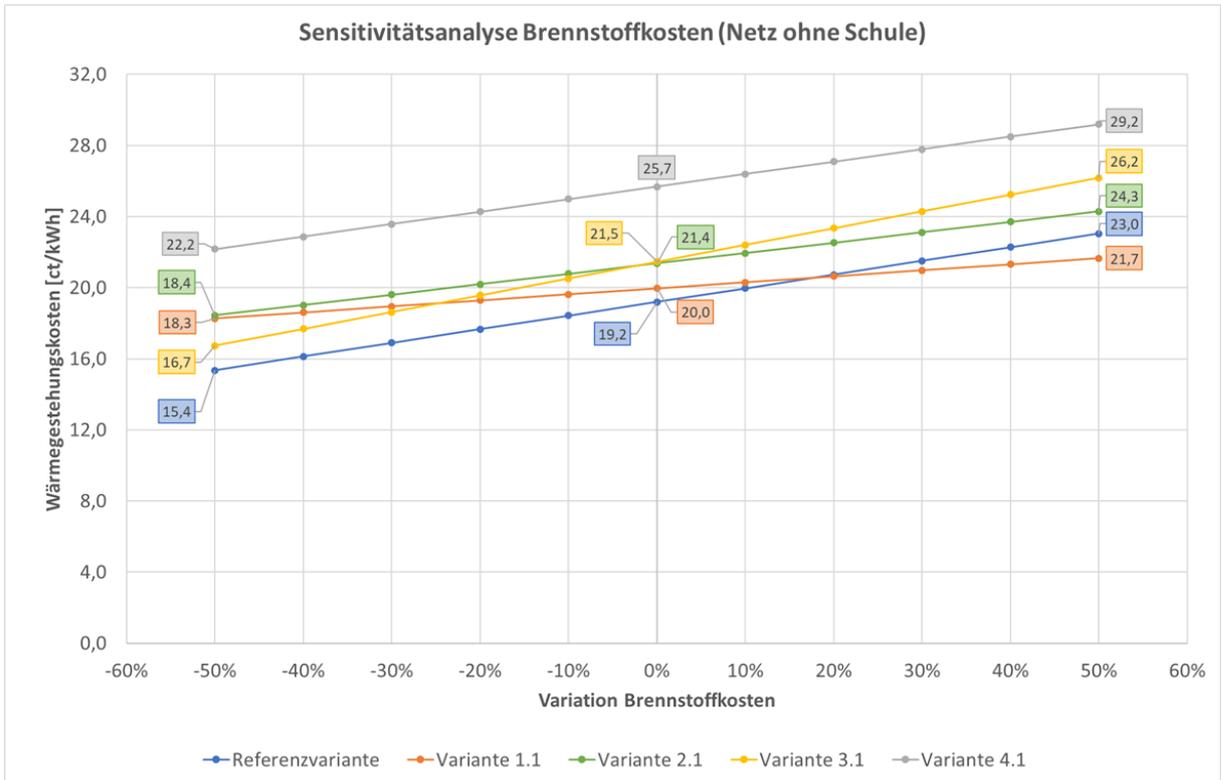


Abbildung 50: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 2 mit geringer CO₂-Bepreisung

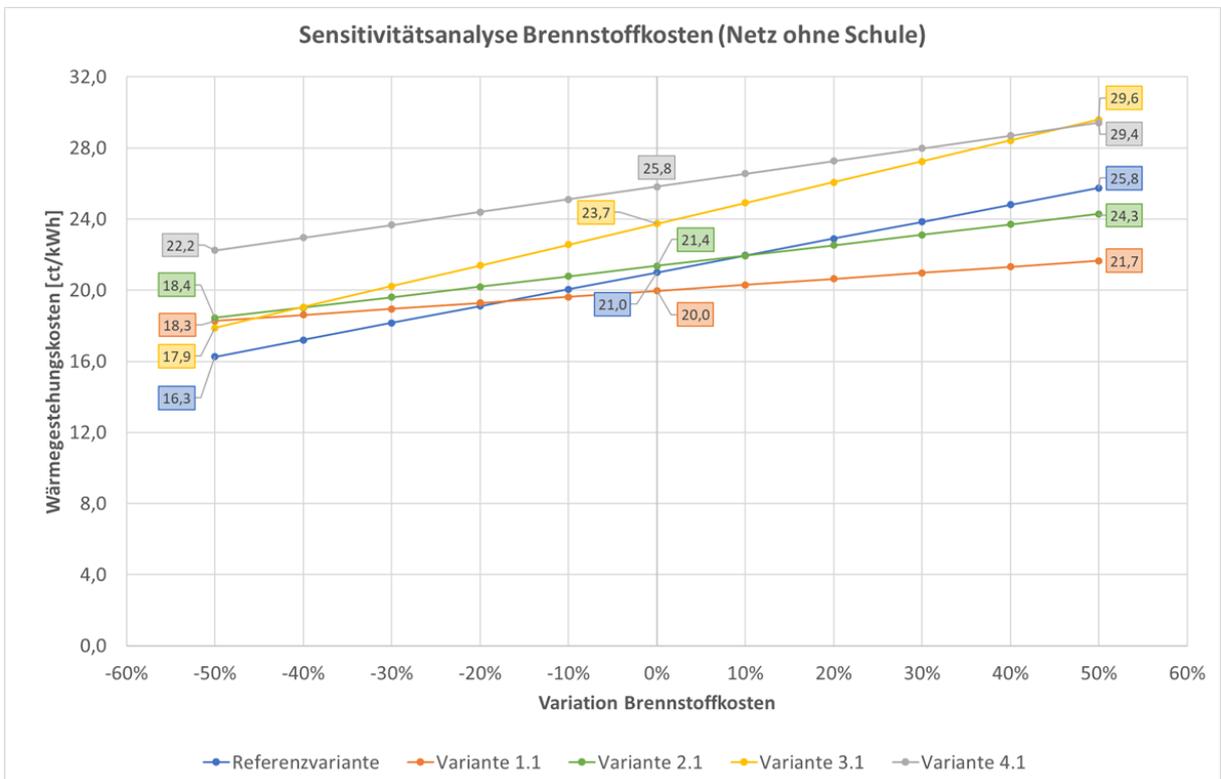


Abbildung 51: Sensitivitätsanalyse Netzvariante 2 mit hoher CO₂-Bepreisung

7.7.2.4 CO₂-Emissionen und Primärenergiefaktoren

Für jede der betrachteten Varianten werden die kumulierten CO₂-Emissionen angegeben und der vorläufig berechnete Primärenergiefaktor ausgewiesen. Für die Berechnung der CO₂-Emissionen wurden die in Kapitel 7.7.1.2 beschriebenen CO₂-Emissionäquivalente herangezogen. Zu beachten ist, dass das CO₂-Emissionsäquivalent für Netzstrombezug den derzeitigen Strommix widerspiegelt. Bei den Varianten mit Wärmepumpe werden daher die CO₂-Emissionen mit steigendem Anteil Erneuerbarer Energien am Strommix automatisch sinken.

Abbildung 52 zeigt die CO₂-Bilanz der einzelnen Varianten. Für die BHKW-Varianten erfolgt die Darstellung hier ohne die Stromgutschriftmethode. Bei den Wärmepumpen-Varianten wird zur Berechnung der CO₂-Emissionen der Bezug von 100 % Netzstrom angenommen.

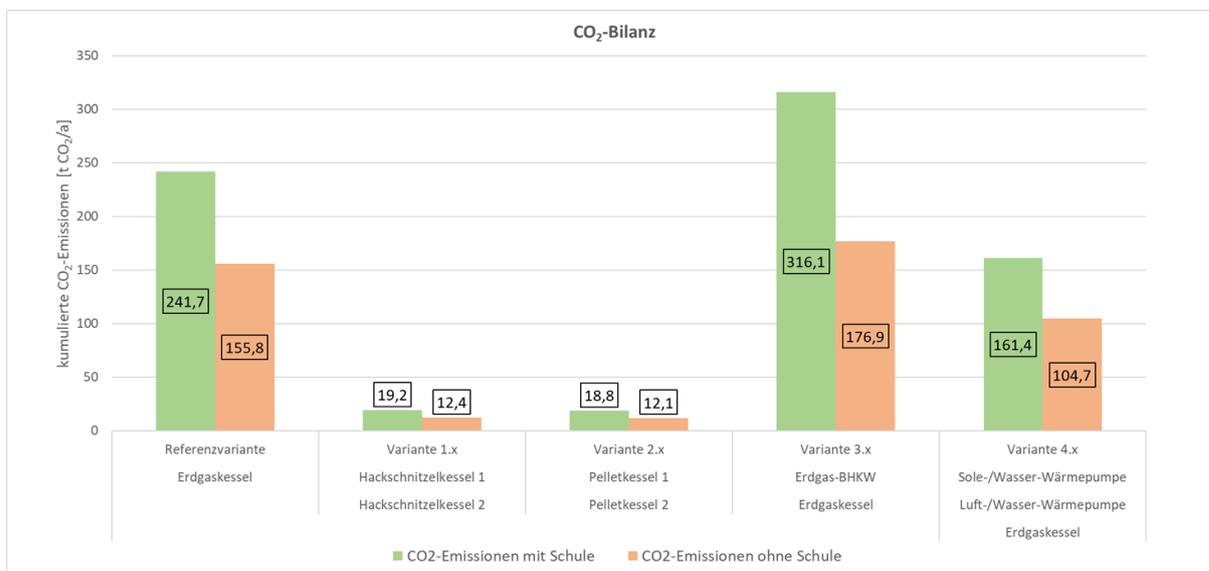


Abbildung 52: CO₂-Bilanz ohne Stromgutschriftmethode und 100 % Netzstrom

Die CO₂-Emissionen bei den BHKW-Varianten (V 3.x) sind hier sehr hoch, da in diesem Beispiel bewusst ohne die Stromgutschriftmethode gerechnet werden, um die tatsächlich anfallenden CO₂-Emissionen aufzuzeigen. Gleichzeitig liegen die CO₂-Emissionen der Wärmepumpen-Varianten (V 4.x) vergleichsweise hoch, da das CO₂-Emissionsäquivalent für Netzstrombezug angesetzt wurde. Bei Einsatz von 100 % Ökostrom bzw. lokal vor Ort erzeugtem PV-Strom für den Wärmepumpenbetrieb verringern sich die CO₂-Emissionen der Wärmepumpen-Varianten allein auf das eingesetzte Erdgas zur Spitzenlastabdeckung.

Rechnet man für die BHKW-Varianten mit der Stromgutschriftmethode und nimmt an, dass zum Betrieb der Wärmepumpen 100 % Ökostrom aus Erneuerbaren Energien eingesetzt wird, liegen die CO₂-Emissionen deutlich darunter. Diesen Fall stellt Abbildung 53 dar. Es ist ersichtlich, dass die CO₂-Emissionen bei den Wärmepumpen-Varianten dadurch sogar unter den kumulierten CO₂-Emissionen bei den beiden Biomassevarianten liegen.

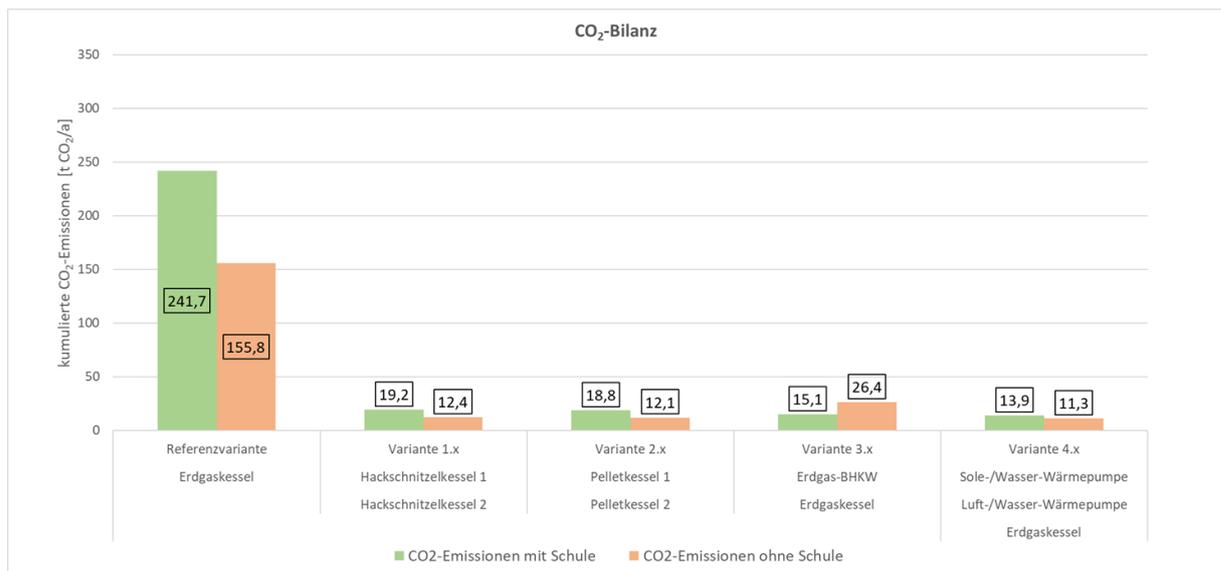


Abbildung 53: CO₂-Bilanz nach Stromgutschriftmethode und 100 % Ökostrom

Analog zu den CO₂-Emissionen wurden die Primärenergiefaktoren für die Varianten mit Wärmepumpe einmal mit 100 % Netzstrombezug und einmal mit 30 % PV-Eigenstromnutzung nach AGFW FW 309-1 berechnet. Bei Einsatz von 100 % Ökostrom kann der Primärenergiefaktor noch weiter gesenkt werden. Abbildung 54 veranschaulicht die Primärenergiefaktoren für beide Netzvarianten und bei den Wärmepumpen-Varianten mit 100 % Netzstrombezug.

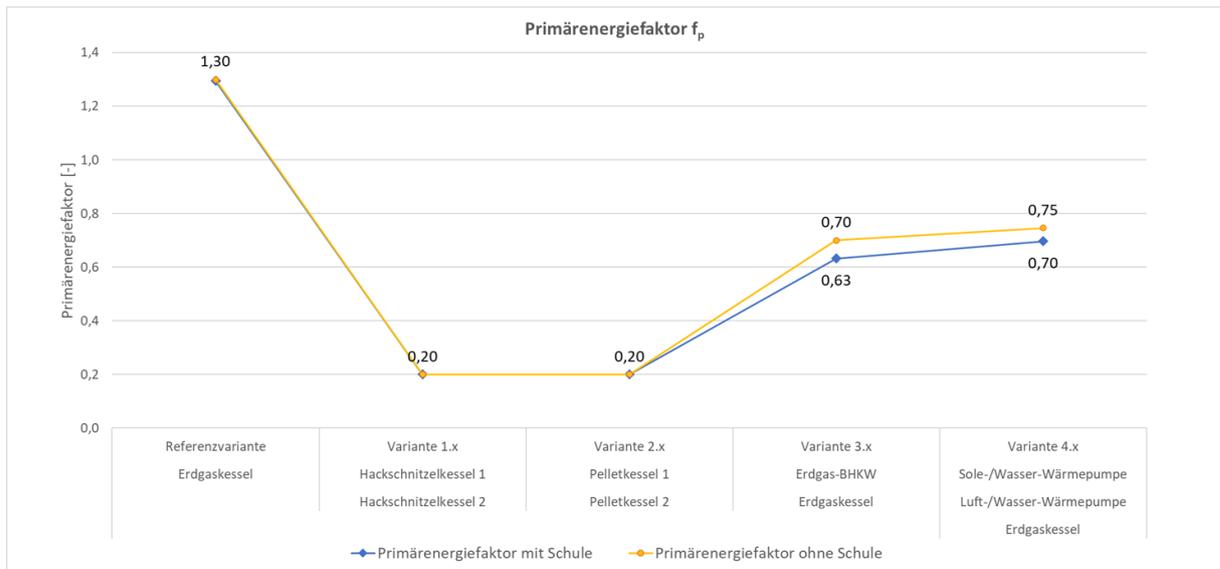


Abbildung 54: Primärenergiefaktoren nach Stromgutschriftmethode und bei 100 % Netzstrom

In Abbildung 55 sind die Primärenergiefaktoren für beide Netzvarianten und bei den Wärmepumpen-Varianten mit 30 % PV-Eigenstromnutzung veranschaulicht. Der niedrigste mögliche Primärenergiefaktor von 0,2 wird jedoch nur bei den beiden Biomassevarianten (V 1.x und V 2.x) durch den ausschließlichen Einsatz von Biomasse erreicht.

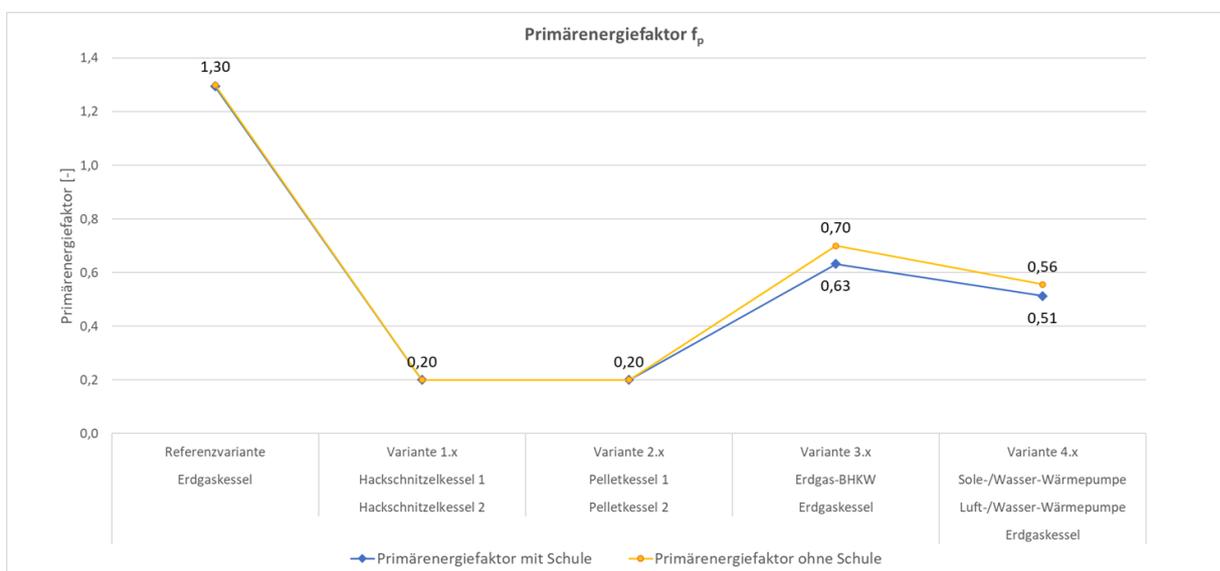


Abbildung 55: Primärenergiefaktoren nach Stromgutschriftmethode und bei 30 % Ökostrom

Die vorläufige Abschätzung der Primärenergiefaktoren ersetzt kein offizielles Gutachten nach AGFW 309-1, das für ein Wärmenetz durch einen zertifizierten Gutachter gesondert erstellt werden muss.

7.8 Fazit

Im Rahmen des Energienutzungsplans für den Markt Neunkirchen am Brand wurden im Rahmen des Detailprojekts verschiedene Wärmeversorgungsvarianten für zwei Gebietsumgriffe (Netzvariante 1 und 2) untersucht. Dazu erfolgte zunächst eine kurze Beschreibung der jeweiligen Netzvarianten sowie eine Ermittlung des Wärmebedarfs der Gebietsumgriffe anhand der jeweiligen zur Verfügung stehenden Energieverbrauchsdaten. Im Anschluss wurden unterschiedliche Wärmeversorgungsvarianten technisch dimensioniert und vorgestellt.

Für die ausgewählten Wärmeversorgungsvarianten erfolgte auf Basis der Wärmebedarfe eine ausführliche Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an 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. Bei der Analyse der einzelnen Varianten kann als Ergebnis festgehalten werden, dass sich ein möglicher Wärmeverbund vor allem dann wirtschaftlich sinnvoll darstellen lässt, wenn in einem abgegrenzten Gebietsumgriff eine hohe Wärmeabnahme (= hohe spezifische Wärmebelegungsdichte) zu erwarten ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine große Wärmeverbundlösung mit Zusammenschluss aller kommunalen Liegenschaften und Neubaugebiete, v. a. aufgrund der geringen spezifischen Wärmebelegungsdichte, wirtschaftlich schwierig darstellbar ist. Die Errichtung eines „kleinen“ Wärmeverbundes nahe zusammenliegender Liegenschaften ist dagegen aus wirtschaftlicher Sicht deutlich vorteilhafter.

Wird der Neubau der Grundschule in einem zu errichtenden Wärmeverbund mit einbezogen, wird dieser Wärmeverbund (Netzvariante 1) unabhängig von der Wärmeversorgungsvariante wirtschaftlicher darstellbar sein als ein Wärmeverbund ohne den Neubau der Schule, da hier bei nahezu gleicher Trassenlänge die Wärmeabnahme um knapp 40 % geringer ist. Die Kosten für die Infrastruktur bleiben jedoch die gleichen. Zu berücksichtigen ist dabei, dass ein Zusammenschluss des Neubaus der Grundschule mit Bestandsgebäuden in einem Wärmeverbund durch die unterschiedlichen Vorlauftemperaturen aufwändiger ist.

Die Höhe der künftigen CO₂-Bepreisung hat einen deutlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit, wie verschiedene Szenarien der CO₂-Bepreisung gezeigt haben. Auf die reinen Biomasse-Varianten hingegen hat die CO₂-Bepreisung nach momentanem Stand keinen Einfluss. Durch attraktive Fördermöglichkeiten lässt sich die Wirtschaftlichkeit in vielen Fällen verbessern und ist bei reinen Biomasse-Varianten am vorteilhaftesten.

8 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des digitalen Energienutzungsplans zusammen, welcher durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert wurde. Mit dem digitalen Energienutzungsplan des Marktes Neunkirchen am Brand wurde ein Instrument zur Umsetzung einer nachhaltigen Energieerzeugungs- und Energieversorgungsstruktur erarbeitet. Der Fokus liegt dabei auf der Identifizierung und dem Aufzeigen von konkreten Handlungsmöglichkeiten vor Ort, um die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen und den Ausbau erneuerbarer Energien zu forcieren.

In einer umfassenden Bestandsaufnahme wurde zunächst detailliert die Energiebilanz für die Sektoren Wärme und Strom im Ist-Zustand (Jahr 2019) erfasst und der Anteil der erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung ermittelt. Auch der Sektor Verkehr wurde in die Betrachtungen mit aufgenommen. Die Berechnungen zeigen, dass bilanziell rund 20 % des Strombezugs aus vor Ort vorhandenen erneuerbaren Energiequellen stammt. Die Wärmeerzeugung erfolgt noch zu über 80 % aus fossilen Energiequellen (Heizöl und Erdgas). Sämtliche Energieverbrauchsdaten wurden hierbei gebäudescharf erfasst und in ein gebäudescharfes Wärmekataster überführt. Das gebäudescharfe Wärmekataster ist ein Werkzeug der kommunalen Wärmeplanung und beinhaltet zu jedem Gebäude Informationen zu Nutzung, Baustruktur und Wärmebedarf.

Auf Basis der energetischen Ausgangssituation wurde eine umfassende Potenzialanalyse zur Minderung des Energieverbrauchs und dem Ausbau erneuerbarer Energien ausgearbeitet. Für die Potenzialanalyse zur energetischen Sanierung wurde ein gebäudescharfes Sanierungskataster erstellt. Für jedes Gebäude stellt das Sanierungskataster die mögliche Energieeinsparung für definierte Sanierungsvarianten bzw. Sanierungstiefen dar. Im Bereich der regenerativen Stromerzeugung besteht das größte Ausbaupotenzial bei der solaren Stromerzeugung und dem Ausbau der Windkraft. Um die Bürger für die Installation von Photovoltaik- und Solarthermieanlagen zu sensibilisieren, wurde ein gebäudescharfes Solarkataster entwickelt.

Die Ausarbeitung eines möglichen Entwicklungsszenarios bis zum Jahr 2040 zeigt, dass durch die Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen und vor allem durch die Transformationsprozesse hin zu energieeffizienteren Technologien deutliche Energieeinsparungen erzielt werden können. Dies betrifft die zu erwartende deutliche Zunahme an Elektrofahrzeugen oder auch Wärmepumpen, die, durch die hohe Effizienz, beide große Hebelwirkung bei der Energieeinsparung erzielen. Dennoch verbleibt im Zieljahr des Szenarios ein Bestandteil an Energie für die Wärmeversorgung und für den Betrieb im Sektor Mo-

bilität, welcher nicht direkt und unmittelbar aus Strom abzudecken wäre. Um auch diese beiden energetischen Bausteine nachhaltig abzudecken, ist im Laufe der Zeit auch ein Ausbau von Technologien erforderlich, die diese Anwendungsbereiche über Zwischenformen auf Basis von erneuerbarem Strom erschließen. Dies kann dann beispielsweise über Wasserstoff als flexibel und vielfältig einsetzbarem Energieträger erfolgen.

Grundvoraussetzung ist aber immer der Zubau regenerativer Stromerzeuger. Ein Ausbau von regenerativen Wärmeerzeugern in Neunkirchen ist nur noch begrenzt nachhaltig ausbaufähig (vor allem bezogen auf Biomasse aus den örtlich vorhandenen Waldflächen). Die ausgearbeitete Zielstellung einer bilanziellen Deckung des prognostizierten Energiebedarfs zu 100 % aus regionalen Erzeugungsanlagen gibt Aufschluss darüber, wieviel der ermittelten Potenziale in den Bereichen Freiflächen- und Aufdach-Photovoltaik sowie Wind gehoben werden müssten, um diese Zielstellung zu erreichen.

Weiteres Kernziel des Energienutzungsplans war die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkatalogs, der konkrete Handlungsempfehlungen für die Kommune aufzeigt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit den kommunalen Akteuren ausgearbeitet, konkretisiert und abgestimmt. In Summe konnten 23 konkrete Projektideen identifiziert werden.

Das Projekt „Neubau Schule mit Wärmenetz Betrachtung“ wurde dabei, stellvertretend für die im Energienutzungsplan identifizierten und im Maßnahmenkatalog festgehaltenen Projektansätze, als Detailprojekt näher betrachtet und umfassend auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit hin geprüft.

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

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
[B.KWK]	Förderung Wärme-/Kältenetze nach Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz KWKG
[EED]	Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und Rates („EU-Effizienzrichtlinie“), 25.12.2012
[EEX AG]	European Energy Exchange AG, KWK-Index, https://www.eex.com/de/markt-daten/strom/indizes
[GEG]	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäude-Energie-Gesetz)
[KEA Emission]	KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/angebote/co2-bilanzierung
[LfU Altholz]	Abfallbilanz 2019 - Altholz, https://www.abfallbilanz.bayern.de/wertstoffe_biologisch_gesamt.asp
[LWF]	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
[Solarserver]	Solarthemen Media GmbH, https://www.solarserver.de/2019/10/05/neue-bundesfoerderung-beg-wird-etwas-klarer/
[Sta Ba]	Bayerisches Landesamt für Statistik; https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online/