

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG

Gemeinde Forstinning

ABSCHLUSSBERICHT

Erstellt von: ecb - energie.concept.bayern. GmbH & Co.KG

Traunsteiner Straße 11
83093 Bad Endorf

Version: 1.0

Erstellt: 11.06.25

energie. concept. bayern.



Inhalt

1.	AUFTRAGSRAHMEN.....	7
1.1	INHALT UND AUFBAU.....	7
2.	BESTANDSANALYSE.....	9
2.1	ENERGIEINFRASTRUKTUR.....	10
2.1.1	<i>Stromversorgung.....</i>	<i>10</i>
2.1.2	<i>Biomasseanlagen.....</i>	<i>13</i>
2.1.3	<i>Biogasanlagen.....</i>	<i>13</i>
2.1.4	<i>Wasserkraftanlagen.....</i>	<i>13</i>
2.1.5	<i>Tiefengeothermie.....</i>	<i>14</i>
2.1.6	<i>BHKW-Anlagen.....</i>	<i>14</i>
2.1.7	<i>Photovoltaikanlagen.....</i>	<i>15</i>
2.1.8	<i>Solarthermie.....</i>	<i>16</i>
2.1.9	<i>Wärmepumpen auf Basis oberflächennaher Geothermie & Luft.....</i>	<i>17</i>
2.1.10	<i>Gas- und Wärmenetze.....</i>	<i>18</i>
2.2	WÄRMEKATASTER.....	19
2.2.1	<i>Private Haushalte.....</i>	<i>22</i>
2.2.2	<i>Wirtschaft.....</i>	<i>22</i>
2.2.3	<i>Öffentliche / kommunale Gebäude.....</i>	<i>22</i>
2.3	ENERGIETRÄGERVERTEILUNG.....	24
2.4	BAUALTERSKLASSENVERTEILUNG.....	25
2.5	ENERGIE- UND TREIBHAUSGASBILANZ.....	26
3.	POTENZIALANALYSE ENERGIEEINSPARUNG.....	27
3.1	PRIVATE HAUSHALTE.....	27
3.2	WIRTSCHAFT.....	30
3.3	ÖFFENTLICHE / KOMMUNALE GEBÄUDE.....	31
3.4	ZUSAMMENFASSUNG DER ENERGIEEINSPARUNGSPOTENZIALE.....	32
4.	POTENTIALANALYSE ERNEUERBARER ENERGIEN UND ABWÄRME.....	34
4.1	ABWÄRME.....	34
4.2	SOLARENERGIE.....	34
4.3	UMWELTWÄRME.....	40
4.3.1	<i>Oberflächennahe Geothermie.....</i>	<i>40</i>
4.3.2	<i>Flusswasser.....</i>	<i>49</i>
4.3.3	<i>Seewasser.....</i>	<i>49</i>
4.3.4	<i>Luft.....</i>	<i>49</i>
4.3.5	<i>Abwasser.....</i>	<i>50</i>

4.3.6	Investitionskosten Umweltwärmenutzung.....	51
4.4	TIEFE GEOTHERMIE.....	53
4.4.1	Hydrothermale Geothermie.....	53
4.4.2	Tiefe Erdwärmesonden.....	56
4.5	BIOGAS & BIOMASSE.....	57
4.6	THERMISCHE ABFALLBEHANDLUNGSANLAGEN.....	59
4.7	KWK-ANLAGEN.....	59
4.8	WASSERSTOFF.....	60
4.9	(GROß)WÄRMESPEICHER.....	61
4.9.1	Pufferspeicher.....	61
4.9.2	Saisonalwärmespeicher / Langzeitwärmespeicher.....	61
4.9.2.1	Behälter.....	61
4.9.2.2	Erdbecken.....	62
4.9.2.3	Erdsonden.....	63
4.9.2.4	Aquifer.....	63
4.9.2.5	Thermochemische Wärme- und Kältespeicher.....	65
4.9.2.6	Latentwärmespeicher.....	65
4.9.2.7	Power-to-Heat-Anlage (Elektrodenheizkessel).....	65
4.9.3	Potenzialflächen Wärmespeicher.....	66
4.10	STROMERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN.....	68
4.10.1	Windenergie.....	68
4.10.2	Wasserkraft.....	71
4.11	GEGENÜBERSTELLUNG DER POTENZIALE.....	73
5.	ZIELSZENARIO FÜR FORSTINNING.....	75
5.1	ALTERNATIVE SZENARIEN.....	85
6.	WÄRMEWENDESTRATEGIE MIT MAßNAHMENKATALOG.....	88
6.1	MAßNAHME 1.....	89
6.2	MAßNAHME 2.....	92
6.3	MAßNAHME 3.....	94
6.4	MAßNAHME 4.....	95
6.5	MAßNAHME 5.....	98
6.6	MAßNAHME 6.....	99
6.7	MAßNAHME 7.....	101
6.8	MAßNAHME 8.....	103
6.9	MAßNAHME 9.....	105
6.10	MAßNAHME 10.....	108
6.11	MAßNAHME 11.....	111
6.12	MAßNAHME 12.....	112

7.	AKTEURSBETEILIGUNG.....	113
8.	KOMMUNIKATIONSSTRATEGIE.....	114
9.	VERSTETIGUNGSSTRATEGIE.....	116
10.	CONTROLLING-KONZEPT.....	122
11.	HAUPTQUELLEN.....	125
12.	ANLAGEN.....	126

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht des Projektgebiets mit Umgebung. Quelle Kartenhintergrund: OpenStreetMaps.....	3
Abbildung 2: Steckbrief der Stromversorgung für die Gemeinde Forstinning. Quelle: Energie-Atlas Bayern.....	4
Abbildung 3: Entwicklung der Stromerzeugung aus EE. Quelle: Energie-Atlas Bayern.....	5
Abbildung 4: Stromnetz in Forstinning. Quelle: Energieagentur EBE-M gGmbH, ENIANO GmbH.....	6
Abbildung 5: Wasserkraftanlagen in Forstinning. Datenquelle: energieatlas.bayern.de Kartenhintergrund: Open-StreetMaps.....	7
Abbildung 6: Zeitliche Entwicklung der PV-Neuinstallationen. Quelle: Marktstammdatenregister.....	9
Abbildung 7: Hochlauf der PV-Anlagen in Forstinning.....	10
Abbildung 8: Grundwasserwärmepumpen im Bestand. Quelle: Energie-Atlas Bayern.....	11
Abbildung 9: Gas- und Wärmenetze in Forstinning mit Energieerzeugungseinheiten. Quelle: Energieagentur EBE-M gGmbH, ENIANO GmbH.....	12
Abbildung 10: Verteilung des Wärmeverbrauchs nach den Sektoren.....	17
Abbildung 11: Energieträgerverteilung - Kombination aus Kaminkehrerdaten und Zensus 2022.....	18
Abbildung 12: Verteilung der Wohngebäude mit Wohnraum nach dem Baujahr. Quelle: Zensus 2022.....	19
Abbildung 13: Emissionsanteil nach Energieträger.....	21
Abbildung 14: Energieersparnis durch Sanierung. Quelle: Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.....	22
Abbildung 15: Sanierungsszenarien in Forstinning.....	28
Abbildung 16: Freiflächen-Potenzial für PV und Solarthermie. Quelle: EA EBE-M, ENIANO.....	31
Abbildung 17: Kostenfunktion von FFST mit Vakuumröhren.....	33
Abbildung 18: Schematische Darstellung von oberflächennahen Geothermie-Systemen. Quelle: Energieagentur Rheinland-Pfalz.....	35
Abbildung 19: Standorteignung für oberflächennahe Geothermie in Forstinning. Quelle: Energie-Atlas Bayern.....	36
Abbildung 20: Wärmeleitfähigkeit im Projektgebiet bis 100 m Tiefe. Quelle: Ifu.bayern.de.....	37
Abbildung 21: Bohrtiefenbegrenzungen im Gemeindegebiet. Quelle: EA EBE-M, ENIANO.....	38
Abbildung 22: Spezifische Wärmeleitfähigkeit in 1,5 Metern Tiefe Quelle: Energieatlas Bayern.....	39
Abbildung 23: Übersicht der klimatologischen Bedingungen in der Gemeinde Forstinning. Datenquelle: ww- w.thermomap.eu.....	40
Abbildung 24: Hydrogeologische Klassifikation der Grundwasserleiter. Quelle: www.geoportal.bayern.de.....	41
Abbildung 25: Entzugsleistung einer Grundwasserwärmepumpe mit 100m Brunnenabstand Quelle: Energieatlas Bayern.....	42
Abbildung 26: Investitionskosten für Luft-Wasser Wärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung).....	45
Abbildung 27: Spezifische Investitionskosten von Großwärmepumpen in Abhängigkeit der verwendeten Wärme- quelle. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023).....	46
Abbildung 28: Aufteilung der Gesamtinvestitionskosten auf Einzelposten. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Groß- wärmepumpen (2023).....	47
Abbildung 29: Übersicht der möglichen Gebiete für Tiefengeothermie im Markt Forstinning. Datenquelle: Ener- gie-Atlas Bayern, Kartenhintergrund: OpenStreetMaps.....	48

Abbildung 30: Tiefe des Aquifers (hellblau) in Forstinning: Quelle: GeotIS.....	49
Abbildung 31: Aquifer im Malm in Bayern. Quelle: www.swm.de/unternehmen/geothermie	50
Abbildung 32: Kostenfunktion der Bohrkosten für eine tiefe Geothermianlage. Quelle: AFGW Praxisleitfaden Tiefengeothermie.....	50
Abbildung 33: Verteilung der Gemeindeflächen in Wald- und Landwirtschaftsflächen. Quelle: LfU.....	52
Abbildung 34: Kies-Wasser Erdbecken in Eggenstein. Bildquelle: Universität Stuttgart, Institut für Gebäudeener- getik, Thermotechnik und Energiespeicherung.....	61
Abbildung 35: Investitionskosten verschiedener Saisonalspeichervarianten in Abhängigkeit des Speichervolu- mens. Quelle: Saisonalspeicher.de	62
Abbildung 36: Mittlere Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe. Quelle: Energie-Atlas Bayern.....	64
Abbildung 37: Mittlere Windgeschwindigkeiten in 140 m Höhe. Quelle: Energie-Atlas Bayern.....	66
Abbildung 38: Wärmegestehungskosten in einem mittleren Preisszenario nach Gebäudetypen in Deutschland gemäß Studie des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln.....	69
Abbildung 39: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit der Wärmeliniedichte gemäß KWW Handlungsleitfaden Wärmeplanung.....	70
Abbildung 40: Wärmeliniedichten des nördlichen Gemeindeteils Forstinnings (Eignungsprüfung).....	71
Abbildung 41: Wärmeliniedichten für Forstinning-Süd.....	72
Abbildung 42: Fokusgebiet in Forstinning.....	73
Abbildung 43: Überblick der Gemeindegebiete mit zentraler und dezentraler Wärmeversorgung.....	74
Abbildung 44: Verteilung der Anteile zentraler und dezentraler Wärmeversorgung mit den Stützjahren bis 2045	77
Abbildung 45: Prognose des Wärmebezugs nach Energieträger bis 2045.....	78
Abbildung 46: Prognose der CO ₂ -Emissionen nach Energieträger bis 2045.....	79
Abbildung 47: Vergleich der CO ₂ -Emissionen in den 3 Szenarien.....	80
Abbildung 48: Zeitlicher Verlauf der CO ₂ -Emissionen im jeweiligen Szenario.....	81
Abbildung 49: Bewertungsmatrix zur Priorisierung von Akteuren (Nach Hansel et. al 2017, 8/9 & Mind Tools).....	108
Abbildung 50: Empfehlungen für die Verstetigung Teil 1. Quelle: ecb.....	114
Abbildung 51: Empfehlungen für die Verstetigung Teil 2. Quelle: ecb.....	115
Abbildung 52: PDCA Prozess Kommunale Wärmeplanung Forstinning. Quelle: ecb, in Anlehnung an den Praxis- leitfaden Klimaschutz in Kommunen.....	118

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Bestand an Wohngebäude und Haushalte in Forstinning (Stand: 2022). Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabelle 2: Bestehende Stromerzeugungseinheiten Wasserkraft. Quelle: Marktstammdatenregister.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabelle 3: Im Projektgebiet bestehende BHKW-Anlagen.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabelle 4: Baualtersklassen des privaten Sektors mit zugehörigem Wärmebedarf.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabelle 5: Kalkulation der Stockwerksanzahl.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabelle 6: Wärmebedarfswerte des Wirtschaft-Sektors (GHD) nach Baualtersklassen.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabelle 7: Nutzenergieverbrauch von Nicht-Wohngebäuden nach Branche in kWh/(m²*a).....</i>	<i>15</i>
<i>Tabelle 8: Aktuelle CO₂-Bilanz der Gemeinde Forstinning (2025).....</i>	<i>20</i>
<i>Tabelle 9: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in der Gemeinde Forstinning.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabelle 10: Hohes Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in der Gemeinde Forstinning.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabelle 11: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor GHD in Forstinning.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabelle 12: Hohes Sanierungsszenario im Sektor GHD in Forstinning.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 13: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in Forstinning.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabelle 14: Hohes Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in Forstinning.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabelle 15: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im niedrigen Sanierungsszenario der Sektoren in Forstinning.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 16: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im hohen Sanierungsszenario der Sektoren in Forstinning.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 17: Flächen und Erträge der verschiedenen Potenzialflächen für PV und Solarthermie.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 18: Nutzungsdauer und Kosten von Solarthermieanlagen gemäß VDI 2067.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 19: Berechnete Abflusswerte der Forstinninger Sempt (2018). Quelle: WWA Rosenheim.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 20: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 21: Biomassepotenzial in Forstinning. Quelle: Energie-Atlas Bayern.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabelle 22: Biogaspotenzial in Forstinning. Quelle: Energie-Atlas Bayern.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabelle 23: Übersicht der Eigenschaften der klassischen Saisonspeicheranlagen. Datenquelle: Saisonspeicher.de.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabelle 24: Vor- und Nachteile der erneuerbaren Energieträger.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabelle 25: Zielszenario für Forstinning.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabelle 26: Szenario Sanierungsstau für die Gemeinde Forstinning.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabelle 27: Szenario Dekarbonisierungsstau für die Gemeinde Forstinning.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabelle 28: Beteiligte Akteure mit Beteiligungsart.....</i>	<i>108</i>

Abkürzungsverzeichnis

AQ	Anschlussquote
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO _{2-E}	CO ₂ -Äquivalent
ecb	energie.concept.bayern GmbH & Co. KG
DE	Deutschland
EA	Energieagentur
EBE	Ebersberg
EE	Erneuerbare Energien
EUR	Euro
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FFPV	PV-Freiflächenanlagen
GWh	Gigawattstunden
g	Gramm
K	Kelvin
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraft-Wärme Kopplung
M	München
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
Mio.	Millionen
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
PV	Photovoltaikanlage

t	Tonnen
T	Temperatur
THG	Treibhausgase
WP	Wärmepumpe

1. Auftragsrahmen

Die Energiewende hat sich in den vergangenen Jahren zu einem zentralen Diskussionsgegenstand in Politik, Gesellschaft und Wirtschaft entwickelt. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit fossiler Ressourcen und zur Eingrenzung des prognostizierten Klimawandels muss die Umstellung auf klimaschonende, regenerative Energieträger sowie die Energieeinsparung und Steigerung der Effizienz vorangetrieben werden. Diese Herausforderung liegt nicht zuletzt bei den Bürgern, Verbandsgemeinden, Städten und Landkreisen.

Die Gemeinde Forstinning im Landkreis Ebersberg hat sich dieser Thematik angenommen und Mitte des Jahres 2024 die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans (KWP) in Auftrag gegeben. Die Erstellung des KWP wird über die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) gefördert und von der Firma ecb – energie.concept.bayern. GmbH & Co. KG aus Bad Endorf umgesetzt. Die Gemeinde hat sich dabei zum Ziel gesetzt, die Wärmewende auf kommunaler Ebene umzusetzen. Der hierbei bereits seit einigen Jahren erfolgreich eingeschlagene Weg soll nun fortgesetzt werden. Der KWP soll dabei als mittel- bis langfristiger Leitfaden dienen und helfen, den Anforderungen der sich wandelnden Energieinfrastruktur gerecht zu werden. Zu diesen zentralen Anforderungen zählen die Energieeinsparung, die Steigerung der Energieeffizienz sowie der Ausbau der erneuerbaren Energien.

1.1 Inhalt und Aufbau

Im ersten Teil der Ausarbeitung wird kurz auf die Gemeinde eingegangen. Es folgt eine umfassende Datenerhebung und Analyse des thermischen Energieverbrauchs. Der Wärmebedarf wird in die Verbrauchergruppen private Haushalte, kommunale Objekte und Wirtschaft unterteilt und außerdem werden die jeweiligen Energieverbräuche den entsprechenden Primärenergieträgern zugeordnet.

Im Anschluss an die Datenerhebung erfolgt die Analyse der lokalen Energieeffizienz-, Einspar- und Erzeugungspotenziale. Im Feld der erneuerbaren Energien wird dabei neben Sonnenenergie auch auf Potenziale der Windkraft, Biomasse, Wasserkraft, (oberflächennahe) Geothermie, Umwelt- und Abwärme sowie Kraft-Wärme-Kopplung eingegangen.

Die Informationen aus den Ist- und Potenzialanalysen werden darauffolgend in einem umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkatalog, der konkrete Handlungsempfehlungen aufzeigt, integriert. In dem Maßnahmenkatalog werden u. a. die sinnvollsten Maßnahmen, der erforderliche Zeitraum, Fördermöglichkeiten sowie die erforderlichen Handlungsschritte ausgeleuchtet. Der Maßnahmenkatalog wurde ausführlich mit den Akteuren vor Ort abgestimmt.

Letztendlich wird in diesem Konzept untersucht, ob der Aufbau bzw. Ausbau von Wärmenetzen technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Mittels der erarbeiteten Konzepte ist es der Gemeinde Forstinning möglich, eine nachhaltige Struktur zu entwickeln, welche den bereits erfolgreich eingeschlagenen Weg durch die kommunale Energiewende erleichtern und fokussieren kann.

Ergänzt wird das Konzept durch umfangreiches Kartenmaterial im Anhang, welches der Gemeinde auch in Form von Geodaten zur Verfügung gestellt wird.

2. Bestandsanalyse

Im folgenden Kapitel erfolgt eine Beschreibung des aktuellen Stands der Wärmeversorgung der Gemeinde Forstinning. Die bestehenden Wärmeverbrauche und Anlagen zur Energieerzeugung werden dargestellt.

Die Gemeinde Forstinning ist Teil des Landkreises Ebersberg und befindet sich circa 26 km östlich von München. Das Projektgebiet umfasst eine Fläche von ca. 12,26 km² und nach Stand 2023 3.895 Einwohner. Dadurch resultiert eine Bevölkerungsdichte von ca. 283 Einwohnern je km². Die Gemeinde befindet sich unmittelbar nördlich des Ebersberger bzw. Anzinger Forsts. Die Nutzungsart der Bodenfläche ist verteilt auf 154 ha Siedlungsfläche (12,6 %), 89 ha Verkehrsfläche (7,2%), 972 ha Vegetationsfläche (79,2 %) und 12 ha Gewässer (1,0 %)¹.

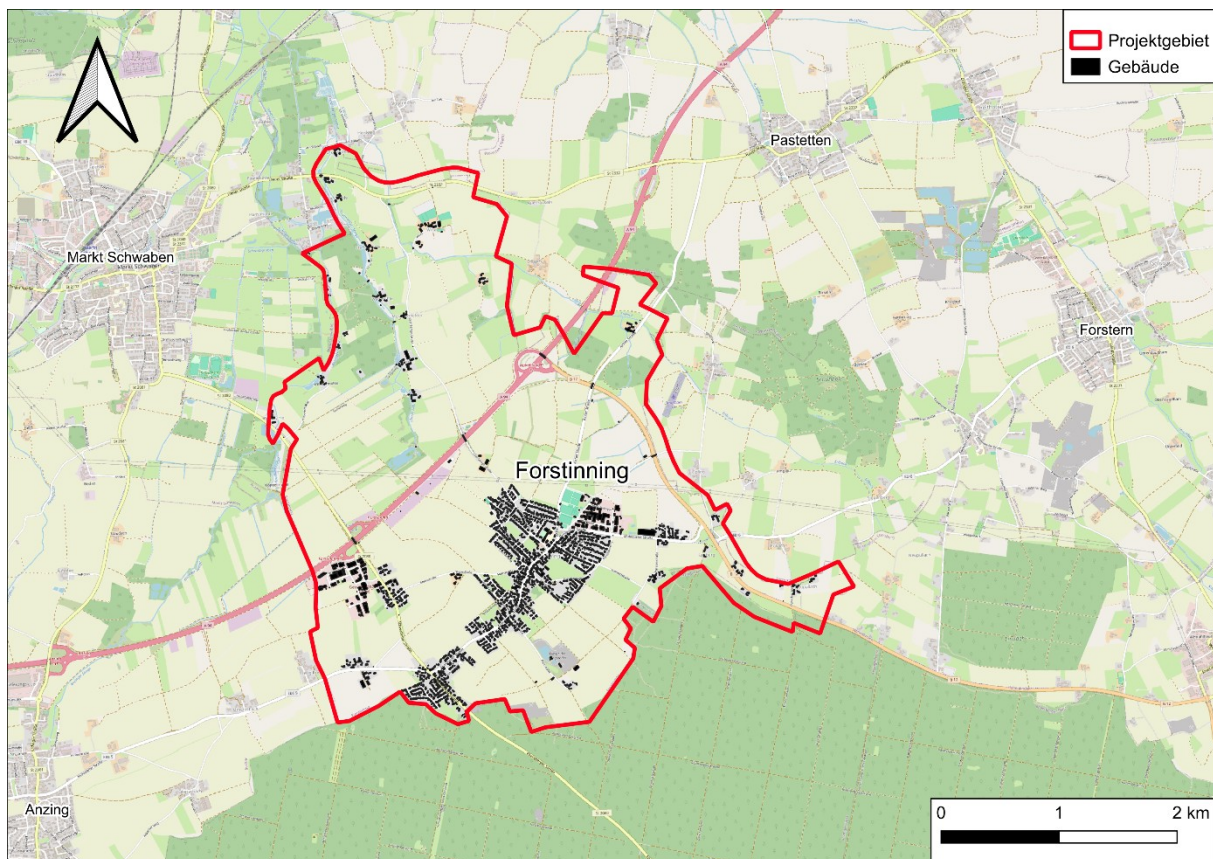


Abbildung 1: Übersicht des Projektgebiets mit Umgebung.
Quelle Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Im direkten Zusammenhang mit der Bevölkerungszahl steht der Gebäudebestand (vgl. Tabelle 1), der den Wärmebedarf und dessen räumliche Verteilung wesentlich beeinflusst. Die Anzahl

¹ [Forstinning - Bevölkerung, Fläche, Wohnen, Arbeiten, Tourismus, Steuern](#)

der Haushalte ergibt sich dabei über die Anzahl der Wohnungen in Wohn- und Nicht-Wohngebäuden.

Tabelle 1: Bestand an Wohngebäude und Haushalte in Forstinning (Stand: 2022). Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik

Wohngebäude	Haushalte	EW/Haushalt
1.054	1.654	2,35

2.1 Energieinfrastruktur

2.1.1 Stromversorgung

Der Steckbrief des Energie-Atlas Bayern gibt umfassende Informationen in Bezug auf die Energieträger der Stromproduktion.



Bayerische Staatsregierung

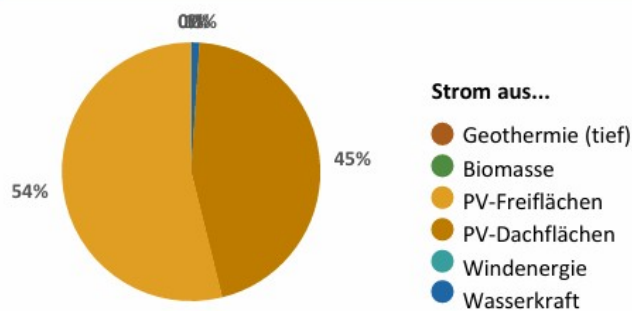


Gemeinde Forstinning Steckbrief Stromdaten 2025

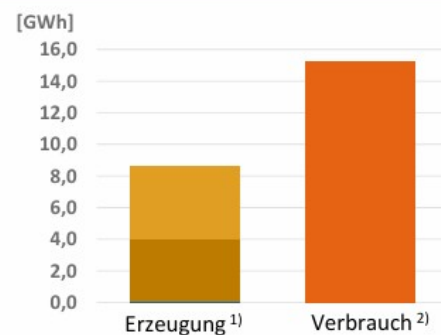
Einwohner: 3.895
 Fläche: 1.230 ha
 Stromverbrauch: 15.233 MWh/a
 (berechneter Wert)

Datenstand: 31.12.2023

Anteile der Energieträger an der Stromerzeugung ¹⁾ aus allen EE



Stromerzeugung und -verbrauch ²⁾



Energieträger	Anzahl Anlagen	Installierte Leistung [MW]	Stromerzeugung ¹⁾ [MWh]	Potenzial Strom [MWh] ³⁾	Anteil am Stromverbrauch [%] ²⁾
Wasserkraft	6	0,1	90	90	0,59
Windenergie	0	0,0	0	5.940	0
PV-Dachflächen	328	6,3	3.887	22.183	25,5
PV-Freiflächen	3	4,2	4.642	...	30,5
Biomasse	0	0,0	0	3.855	0
Tiefe Geothermie	0	0,0	0	...	0
gesamt (erneuerbar)	337	11	8.619	32.069	57

1) Stromerzeugung: nur Netzeinspeisung

Abbildung 2 demonstriert die aktuelle Verteilung der Stromerzeugung mit EE. Derzeit werden 99 % der Elektrizität durch Solarenergie, in diesem Fall durch PV-Dachflächen (54%) und PV-Freiflächen (45%), produziert. In Summe wurden 8.619 MWh Strom über EE im Netz eingespeist. Gemäß Energie-Atlas Bayern betrug der Stromverbrauch von privaten Haushalten, verarbeitendes Gewerbe und den sonstigen Verbrauchern 15.233 MWh.

Zum Vergleich liegt der Gesamtwärmebedarf der Gemeinde Forstinning gemäß Energie-Atlas Bayern bei 38.349 MWh/a. Damit beträgt der Wärmebedarf etwa das 2,5-Fache des Stromverbrauchs.

Der Trend der Stromerzeugung aus EE ist, wie in Abbildung 3 ersichtlich, deutlich ansteigend. Sowohl die Entwicklung der PV-Dachflächen als auch der PV-Freiflächen zeigen einen positiven Trend. Der geringe Anteil an EE-Erzeugung durch Wasserkraft ist aufgrund der fehlenden Datengrundlage in dieser Abbildung nicht berücksichtigt.

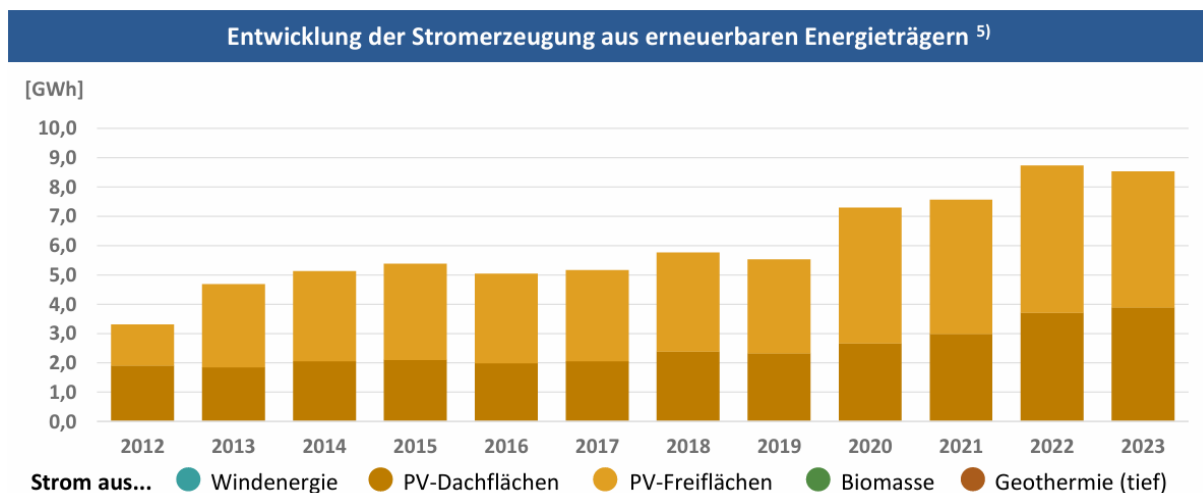


Abbildung 3: Entwicklung der Stromerzeugung aus EE. Quelle: Energie-Atlas Bayern

Der Stromnetzbetreiber in der Gemeinde Forstinning ist die Bayernwerk Netz GmbH. Abbildung 4 visualisiert dabei die Übertragungs- und Verteilnetze auf Gemeindeebene und wurde im Rahmen des Projekts Energienutzungsplan Landkreis Ebersberg von der Energieagentur Ebersberg-München gGmbH und der Firma ENIANO GmbH erstellt (Stand: 05/2022). Das Projekt wurde gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie.

Bestandskarte: Übertragungs- und Verteilnetz

Forstinning

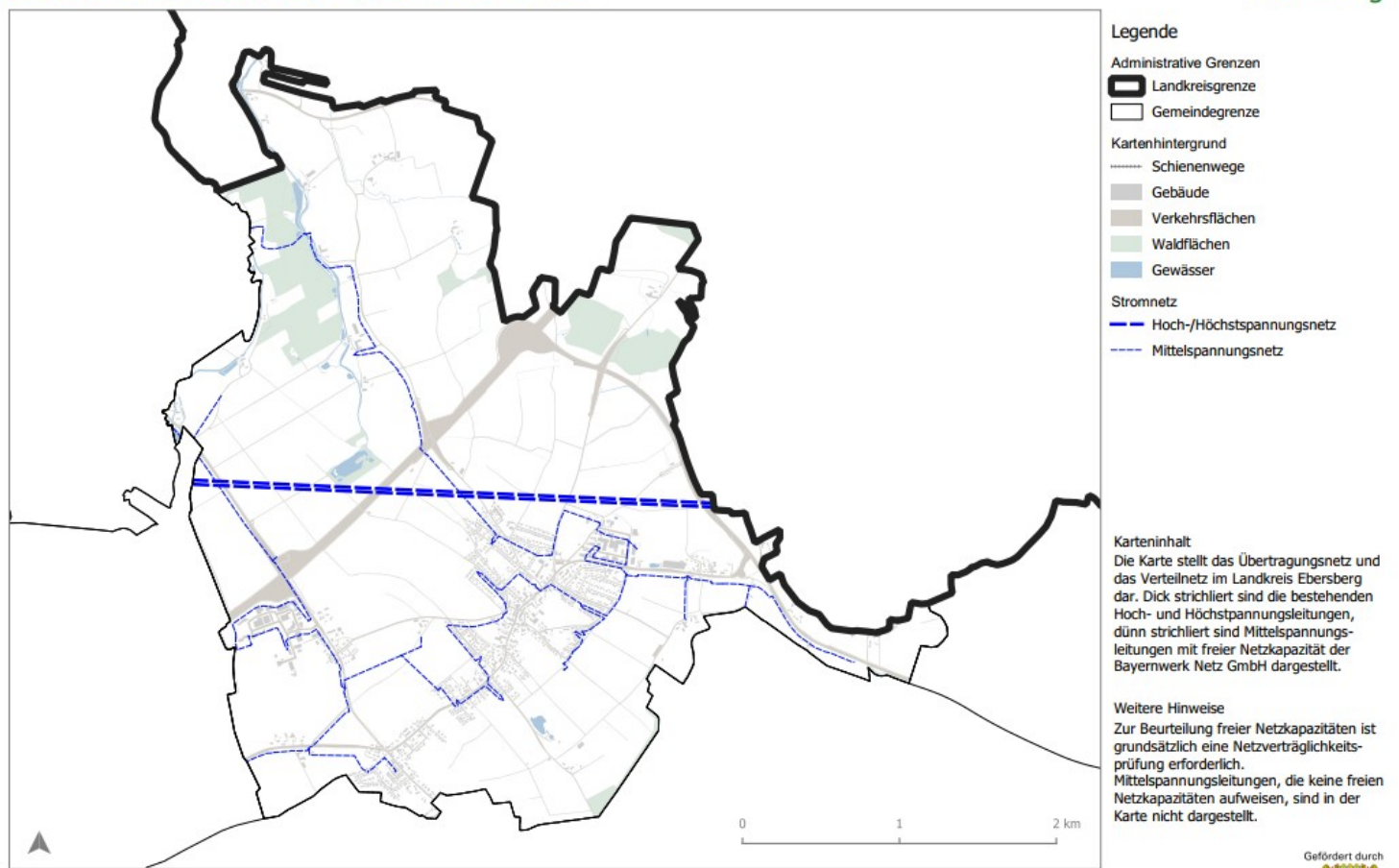


Abbildung 4: Stromnetz in Forstinning. Quelle: Energieagentur EBE-M gGmbH, ENIANO GmbH

2.1.2 Biomasseanlagen

In Forstinning gibt es keine Biomasseanlagen.

2.1.3 Biogasanlagen

Im Gemeindegebiet existieren keine Biogasanlagen.

2.1.4 Wasserkraftanlagen

Die nachfolgende Karte stellt die bestehenden Wasserkraftanlagen in der Gemeinde Forstinning dar. Derzeit befinden sich 5 Laufkraftwerke im Projektgebiet.

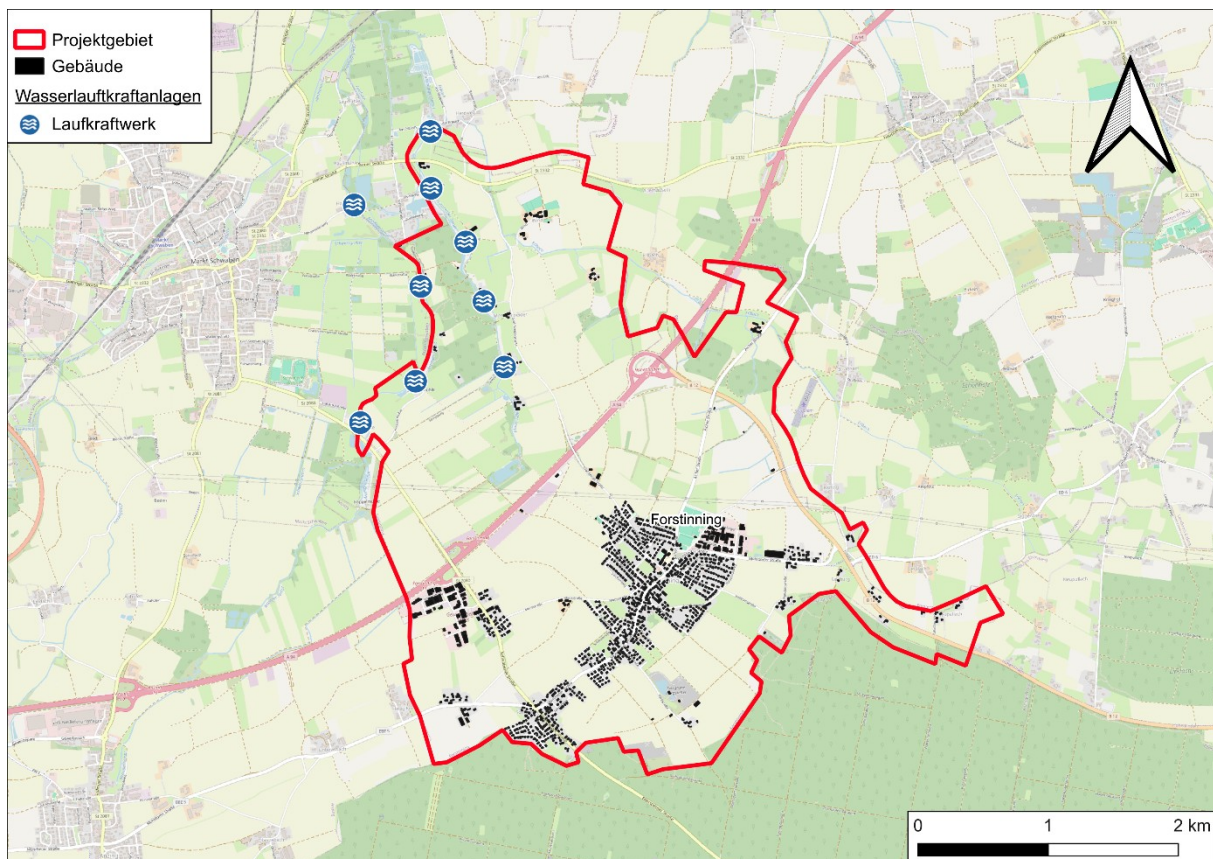


Abbildung 5: Wasserkraftanlagen in Forstinning. Datenquelle: energieatlas.bayern.de Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Im Marktstammdatenregister sind ebenso 5 Kraftwerke gelistet. In Tabelle 2 sind die Namen der Stromerzeugungseinheiten dargestellt. Zudem ist der jeweilige Tag der Inbetriebnahme und die Nettonennleistung der Anlage angegeben. Zu den Namen oder Organisationen der Anlagenbetreiber konnten keine Informationen gefunden werden.

Tabelle 2: Bestehende Stromerzeugungseinheiten Wasserkraft. Quelle: Marktstammdatenregister

Name der Einheit	Inbetriebnahme	Nettonennleistung [kW]	Anschlussnetzbetreiber
Schnecke	06.05.202	1,2	Bayernwerk Netz GmbH
Wasserkraft	31.12.2000	7,5	Bayernwerk Netz GmbH
Wasserkraftwerk Wagmühle	22.09.2009	8,4	Bayernwerk Netz GmbH
ABR 908 7266 31273	10.08.2012	17,3	Bayernwerk Netz GmbH
Wasserkraftwerk	18.05.2002	7,5	SEW Stromversorgungs GmbH

Aufsummiert resultiert eine Nettonennleistung von 40,5 kW.

2.1.5 Tiefengeothermie

Im Gemeindegebiet Forstinning gibt es keine Anlagen für Strom- oder Wärmeerzeugung mittels Tiefengeothermie.

2.1.6 BHKW-Anlagen

Momentan sind laut Marktstammdatenregister in der Gemeinde Forstinning zwei BHKW-Einheiten mit dem Hauptbrennstoff Erdgas in Betrieb. Diese umfassen eine Nettonennleistung von 6,5 kW.

Tabelle 3: Im Projektgebiet bestehende BHKW-Anlagen

Name der Einheit	Name des Betreibers	Inbetriebnahme	Technologie der Stromerzeugung	Nettonennleistung [kW]
BHKW Keller zum Vaas	Zum Vaas Veronika und Johannes Bauer OHG	2012	Verbrennungsmotor	5,5
Dachs Mikro BHKW	(natürliche Person)	2012	Stirlingmotor	1

2.1.7 Photovoltaikanlagen

Laut Marktstammdatenregister befinden sich derzeit 407 PV-Stromerzeuger in Forstinning. Diese umfassen eine Nettonennleistung von 10.192 kW. Nach dem Fraunhofer-Institut gehen die Übertragungsnetzbetreiber im Trendszenario bei FFPV von 987 Vollaststunden und bei Dachflächen-PV von 922 Vollaststunden aus². Für Berechnungen wird daher ein Mittelwert von 950 Vollaststunden verwendet. Mit diesen Fakten ergibt sich eine jährliche Stromproduktion von 9.682 MWh. Bei einer Einwohnerzahl von 3.895 Personen resultiert eine Stromerzeugung von 2.486 kWh/Einwohner. Abbildung 6 demonstriert die jährlichen Neuinstallationen von PV-Anlagen im Gemeindebereich Forstinning. Ersichtlich ist, dass vor allem in den letzten 5 Jahren der Zubau von neuen PV-Anlagen stark gestiegen ist.

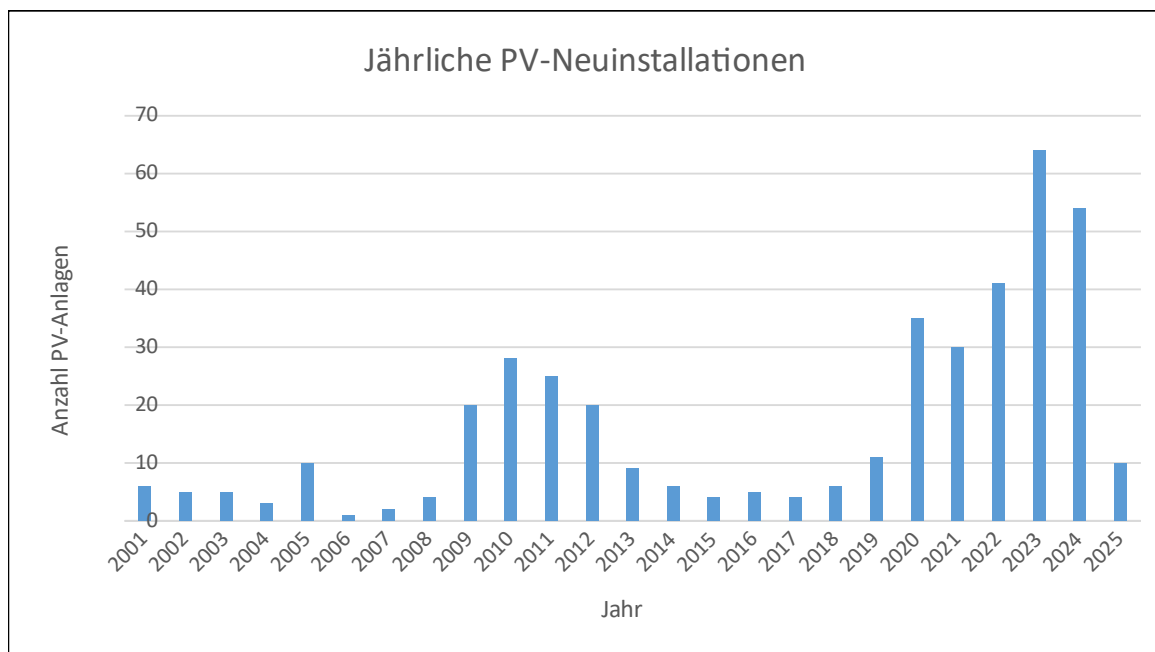


Abbildung 6: Zeitliche Entwicklung der PV-Neuinstallationen. Quelle: Marktstammdatenregister

² <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html>

Zur graphischen Darstellung zeigt Abbildung 7 den akkumulierten Anlagenbestand an.

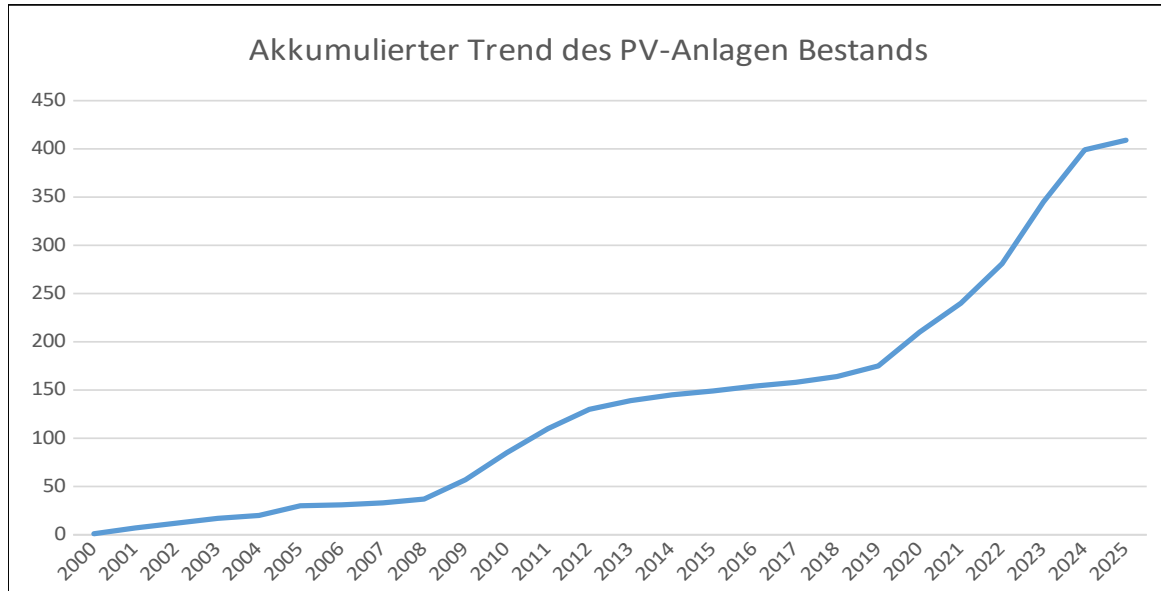


Abbildung 7: Hochlauf der PV-Anlagen in Forstinning

Unter allen aufgeführten PV-Anlagen im Bestand befinden sich 2 Freiflächen-PV-Anlagen (FFPV). Zum einen der Solarpark Forstinning mit einer Leistung von 2.694 kWp, wo im Jahr 2023 2.927 MWh/a ins Netz eingespeist werden konnten. Zum anderen der Solarpark Aich, eine FFPV nördlich der Autobahn A94, mit einer Leistung von 750 kWp. Über diese Anlage konnten im Jahr 2023 etwa 850 MWh/a ins Netz eingespeist werden. Bei beiden Anlagen ist die Bayernwerk Netz GmbH der Verteilnetzbetreiber und TenneT der Übertragungsnetzbetreiber. Die FFPV wurden gemäß Marktstammdatenregister jeweils im Jahr 2012 und 2019 in Betrieb genommen.

Oft verfügen PV-Anlagenbetreiber über Speichervorrichtungen. Insgesamt sind gemäß Marktstammdatenregister 142 Speicheranlagen mit einer speicherbaren Nettonennleistung von etwa 749,5 kW in Betrieb.

2.1.8 Solarthermie

Gemäß www.solaratlas.de ist in der Gemeinde Forstinning eine Solarthermie-Kollektorfläche von 1.668 m² installiert. Bei einem Kollektorertrag von etwa 400 kWh/(m²_{Kollektorfläche} * a) lässt sich die Wärmeproduktion durch Solarthermie zu 667.200 kWh/a berechnen³.

³ [Kennzahlen & Berechnung des Solarthermie-Ertrag](#)

2.1.9 Wärmepumpen auf Basis oberflächennaher Geothermie & Luft

In Abbildung 8 sind alle installierten Grundwasserwärmepumpen mit einem blau-grünen Symbol kartographisch vermerkt. Insgesamt sind 52 Anlagen in Forstinning gelistet. Im Gemeindegebiet sind derzeit keine Erdwärmesonden installiert.

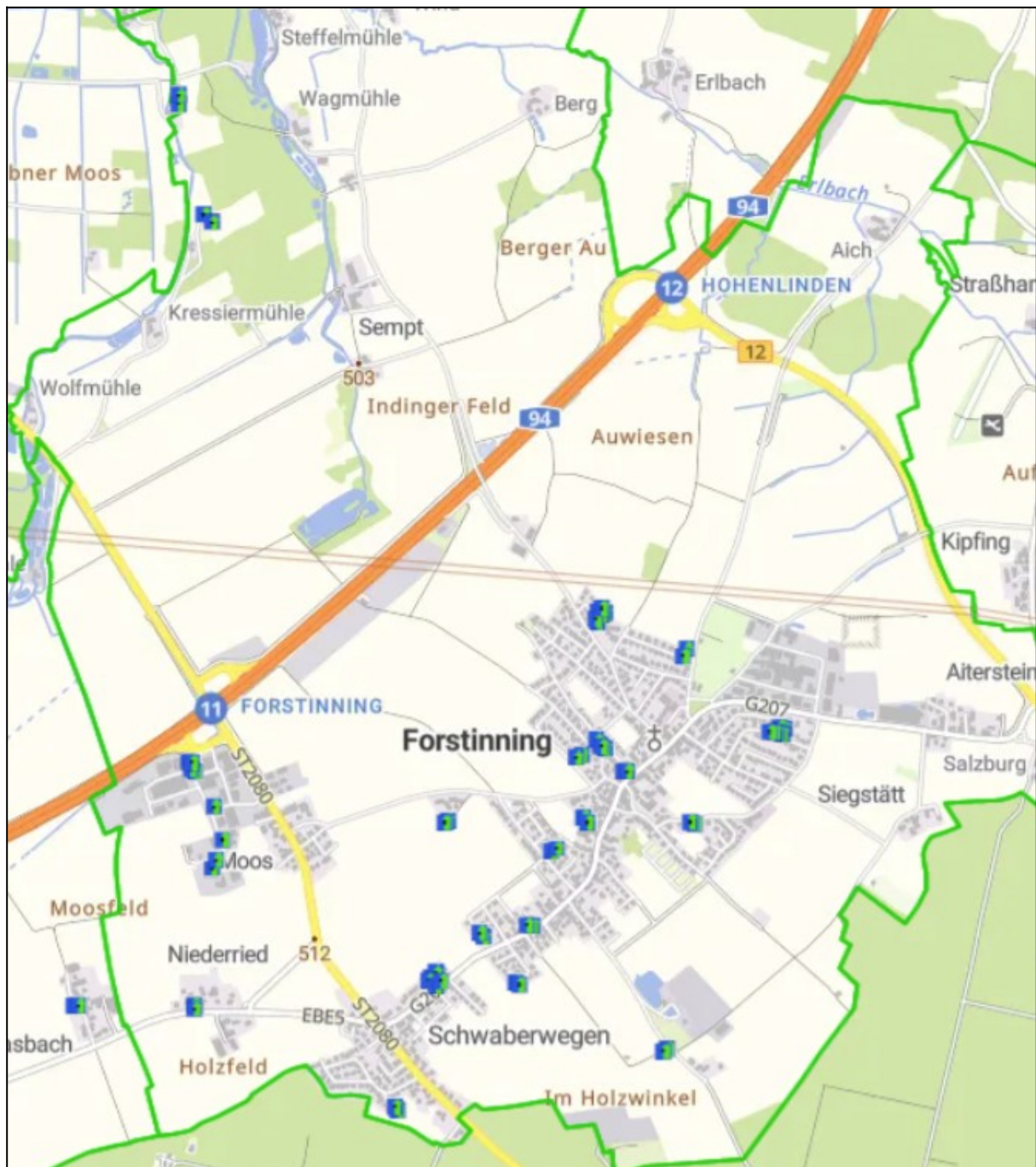


Abbildung 8: Grundwasserwärmepumpen im Bestand. Quelle: Energie-Atlas Bayern

2.1.10 Gas- und Wärmenetze

In Forstinning existieren aktuell keine Gas- oder Wärmenetze. Im Norden Forstinnings verläuft eine Erdgas-Hochdruckleitung, jedoch ohne Verteilnetz. Abbildung 9 visualisiert den Bestand. Zudem werden in der Karte die Wasserkraftanlagen und die beiden FFPV dargestellt.

Bestandskarte: Energieerzeugungseinheiten und Erdgas-/Wärmenetze

Forstinning

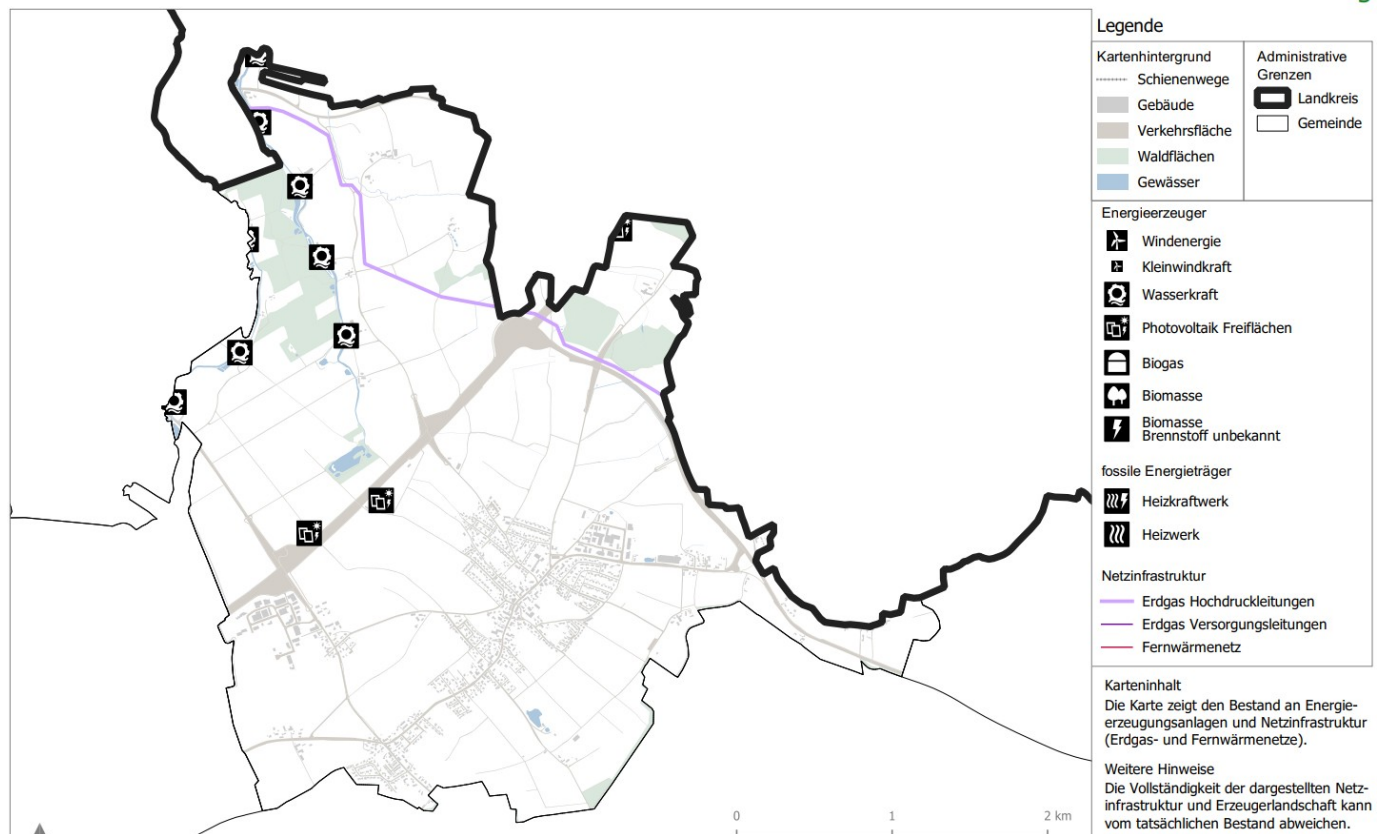


Abbildung 9: Gas- und Wärmenetze in Forstinning mit Energieerzeugungseinheiten.
 Quelle: Energieagentur EBE-M gGmbH, ENIANO GmbH

2.2 Wärmekataster

Das Wärmekataster wurde gemäß Leitfaden für Wärmeplanung des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmewende (KWW) erstellt (BMWK, BMWSB, & dena, 2024). Alle relevanten Werte für das Wärmekataster können dabei dem Technikatalog entnommen werden, welcher im Juni 2024 vom KWW veröffentlicht wurde. Die Baujahre wurden durch Zensus-Daten von 2011 ermittelt.

Tabelle 4: Baualtersklassen des privaten Sektors mit zugehörigem Wärmebedarf

Baualtersklassen	Nutzenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser [kWh/(m²*a)]
Bis 1918	113
1919 – 1948	103
1949 – 1978	93
1979 – 1994	87
1995 – 2011	62
2012 – 2020	48
Ab 2021	39
Ohne Baujahr	90 (gewichtetes Mittel)

Tabelle 5 Tabelle 4 beschreibt die Verbräuche nach Baualtersklasse der privaten Wohngebäude. Aus den öffentlichen LOD2-Daten (Level of Detail) konnten Informationen wie Gebäudeart, Gebäudehöhe und zum Teil die Stockwerksanzahl entnommen werden. Diese sind maßgebend für die Größe der Heizfläche. Bei Gebäuden, bei welchen die Stockwerksanzahl per LOD2-Daten gegeben waren, wurden diese übernommen. Gebäude mit einer niedrigeren Gebäudehöhe als 3 m wurden als nicht beheizt angenommen und im Vorfeld vom Wärmekataster entfernt. Für Bauwerke mit undefinierter Etagenanzahl wurde folgende Annahme getroffen:

Tabelle 5: Kalkulation der Stockwerksanzahl

Gemessene Höhe	Stockwerksanzahl
3 – 6	1
6 – 9	2
9 – 12	3

12 – 15	4
15 – 18	5

Alle Kirchen wurden mit der Stockwerksanzahl von 1 versehen. Das höchste Gebäude in Forstinning ist gemäß LOD2-Daten die Pfarrkirche Mariä Heimsuchung mit 33,8 m, gefolgt von der Wolfmühle mit 16,2 m. Kirchen oder ähnliche Einrichtungen wurde dabei aufgrund der zuordenbaren Branche Kultur ein Wärmebedarfswert von 259 kWh/(m²a) zugewiesen⁴.

Von jedem Gebäude konnte mit GIS-Tools die Grundfläche ermittelt werden. Um Fehlerquellen in unbeheizten Gebäuden wie Garagen und Gartenhäuser so weit wie möglich zu reduzieren, wurden nur Gebäude mit einer Grundfläche von mindestens 40 m² als potenziell beheizte Gebäude in Betracht genommen. Da über das Luftbild meist nicht erkennbar ist, ob größere Gebäude beheizt oder unbeheizt bzw. nur einen sehr geringen Wärmebedarf haben (z. B. Lagerhallen, Ställe, Garagen), wurde das Gemeindegebiet gebäudescharf mit ortskundiger Expertise analysiert und korrekt zugeordnet. Zudem wurden die Gebäude nach Funktion (ALKIS) sortiert.

Für den Sektor Wirtschaft (GHD) wurden folgende Wärmebedarfswerte gemäß KWW-Technikkatalog übernommen:

Tabelle 6: Wärmebedarfswerte des Wirtschaft-Sektors (GHD) nach Baualtersklassen

Baualtersklasse	Nutzenergieverbrauch [kWh/(m²*a)]
Vor 1978	133
1978 – 2009	69
Ab 2010	45
Ohne Baujahr	106 (gewichtetes Mittel)

Konnten Gebäude genauer spezifiziert werden, so wurde diesen der Nutzenergieverbrauch von Nicht-Wohngebäuden nach zuordnungsbarer Branche zugewiesen. Die von der KWW vordefinierten Branchen und der zugehörige Wärmebedarf sind in Tabelle 7 aufgelistet.

⁴ Technikkatalog Wärmeplanung; BMWK, BMWSB, Juni 2024

Tabelle 7: Nutzenergieverbrauch von Nicht-Wohngebäuden nach Branche in kWh/(m²*a)

Baualtersklasse			
	Bis 1978	1979 - 2009	Ab 2010
Branche			
Krankenhäuser	396	206	134
Wäschereien	319	166	108
Beherbergungen, Gaststätten	301	156	102
Kultur	259	135	88
Sport	186	97	63
Bildung / Büroähnliche Betriebe	161	83	54
Handel	112	58	38
Landwirtschaft	85	44	29
Speditionen	32	17	11
Baugewerbe	27	14	9

Da die Bedarfswerte von landwirtschaftlichen Gebäuden (Ställen, Lagerhallen) realistisch gesehen zu hoch angesetzt wurden, wurden diese Gebäude der Branche Baugewerbe zugewiesen (falls nicht unbeheizt). Gebäude ohne Baujahr wurden mit dem gewichteten Mittelwert der jeweiligen Branche gekennzeichnet.

Nach KWW-Richtlinien hat die Gemeinde Forstinning gemäß Wärmekataster derzeit einen aktuellen **Gesamtwärmeverbrauch von 39.580.079 kWh/a.**

2.2.1 Private Haushalte

Laut dem Bayerischem Landesamt für Statistik gab es Ende des Jahres 2022 ca. 1.054 Wohngebäude, davon 764 mit 1 Wohnung (72,5 %), 191 mit 2 Wohnungen (18,1 %) und 99 mit 3 oder mehr Wohnungen (9,4 %). Aus dem Wärmekataster resultiert für den Sektor Private Haushalte ein Wärmebedarf von **26.830.815 kWh/a.** Auf die in Tabelle 1 genannten 1.654 Haushalte würde dadurch ein **jährlicher Verbrauch pro Haushalt von 16.221 kWh** anfallen. Zudem resultiert dabei bei 3.895 Einwohnern ein **Wärmeverbrauch pro Kopf von 6.889 kWh/a.** Der Sektor Private Haushalte ist zudem für **67,8 % des Gesamtwärmeverbrauchs** in der Gemeinde Forstinning verantwortlich.

2.2.2 Wirtschaft

Der Wärmebedarf für den Wirtschaftssektor beträgt gemäß Wärmekataster **12.241.085 kWh/a.** Zu knapp 200 Gebäuden wurde im Januar 2025 ein großangelegte Verbrauchsabfrage initiiert. Von etwa 25 Verbrauchern kam eine Rückmeldung zum Wärmeverbrauch des Vorjahres in deren Liegenschaften bzw. den Gebäuden in den Hofstellen. Zudem wurde das Wärmekataster, wie in Kapitel 2.2 bereits erwähnt, auf unbeheizte oder leerstehende Gewerbegebäude durch die Hilfe ortskundiger Expertise untersucht. Diese Vorgehensweise konnte den Detaillierungsgrad des Wärmekatasters enorm verbessern. Der Sektor Wirtschaft hat insgesamt einen **Anteil von 30,9 % am Gesamtwärmeverbrauch.**

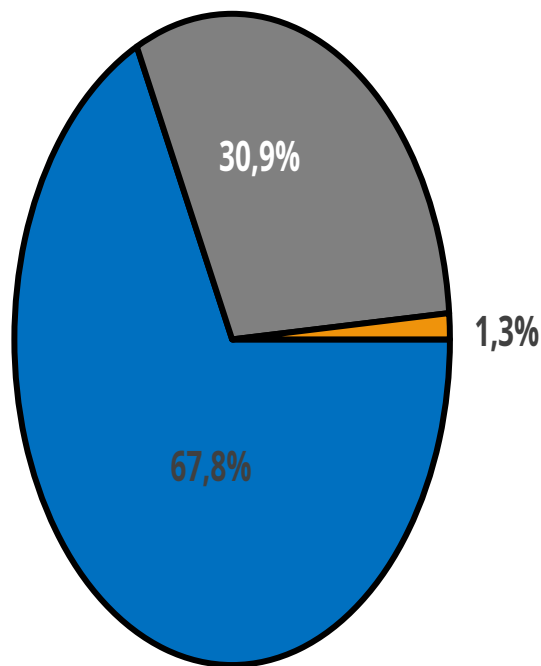
2.2.3 Öffentliche / kommunale Gebäude

Aus dem Wärmekataster der Gemeinde Forstinning resultiert ein **Wärmeverbrauch des öffentlichen Sektors von 508.179 kWh/a.** Alle bekannten Realverbräuche der öffentlichen Gebäude wurden von der Gemeinde bereitgestellt und im Wärmekataster integriert. Die kommunalen Liegenschaften mit den höchsten Wärmeverbräuchen sind die Grundschule Georg Kirchsteiner mit ca. 106.000 kWh/a sowie die Feuerwehr Forstinning mit 101.000 kWh/a. Weitere öffentliche Gebäude mit bekannten Realverbräuchen sind der Wertstoffhof, das Rathaus Forstinning sowie die Gemeindebücherei bzw. das Kinderhaus St. Silvester. Der öffentliche Sektor hat einen **Anteil von 1,3 % am Gesamtwärmeverbrauch von Forstinning.**

Zur besseren Übersicht lässt sich der Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren folgendermaßen aufgliedern.

Abbildung 10 visualisiert den anteilmäßigen Wärmebedarf der einzelnen Sektoren per Tortendiagramm.

Wärmebedarf der Sektoren

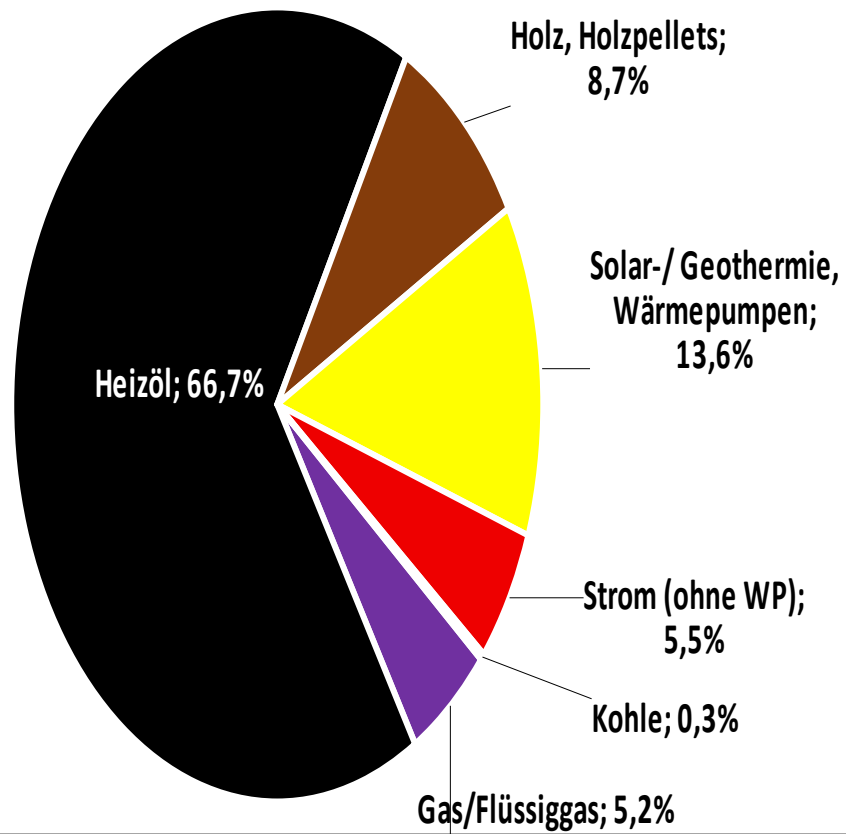


■ Private Haushalte ■ Wirtschaft/GHD ■ Öffentliche Gebäude

2.3 Energieträgerverteilung

Zur Ermittlung der aktuellen Energieträgerverteilung wurden die Kaminkehrerdaten vom Berichtsjahr 2022 angefordert. Diese konnten erhoben und ausgewertet werden. Nachteil an den Kaminkehrerdaten ist, dass keine Wärmepumpen, Stromdirektheizungen sowie Fernwärmekunden ermittelt werden. Diese Heizungsarten konnten aus den Ergebnissen des Zensus 2022, einer Gebäude- und Wohnungszählung, erschienen im Juni 2024, ermittelt werden. Bei beiden Erhebungen wurde der Fokus ausschließlich auf Zentralheizungen gelegt, da nur dieser Heizungstyp für eine zentrale Wärmeversorgung möglich ist. Im Gemeindegebiet Forstinning sind gemäß Zensus 2022 etwa 91,8 % der bestehenden Heizungen auf Zentralheizungen zurückzuführen. Bei der Zusammenführung von Zensus-Daten und Kaminkehrerdaten resultiert folgende Energieträgerverteilung:

Energieträgerverteilung



2.4 Baualtersklassenverteilung

Die Verteilung der 1.054 Gebäude mit Wohnraum nach deren Baualtersklasse sieht wie folgt

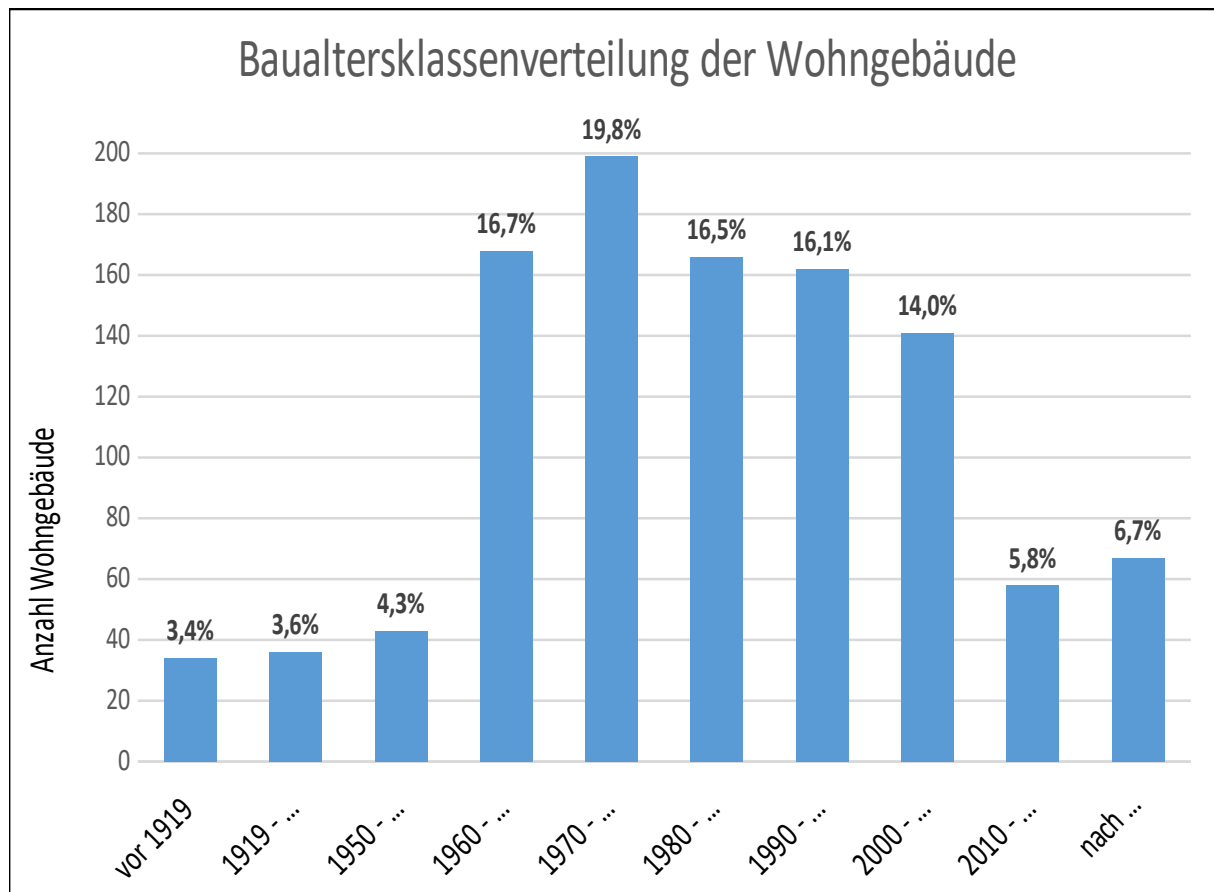


Abbildung 12: Verteilung der Wohngebäude mit Wohnraum nach dem Baujahr. Quelle: Zensus 2022

aus:

Durch Abbildung 12 wird deutlich, dass der Großteil des Gebäudebestands in der 1960er bis in die 2000er Jahre erbaut worden ist. Die Baualtersklasse ist ein wichtiger Indikator für den Wärmebedarf eines Wohngebäudes. Je älter ein Gebäude ist, desto schlechter ist in der Regel die Dämmung und desto höher dadurch der spezifische Wärmebedarf.

2.5 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Ermittlung der Energieträgerverteilung basiert, wie in Kapitel 2.3 erläutert, auf den Kaminkehrerdaten von 2022 und dem Zensus von 2022. Die CO₂-Emissionsfaktoren haben sich über die Jahre jedoch deutlich verändert. Um eine gewisse Aktualität zu gewährleisten, wird die Treibhausgasbilanzierung mit den Emissionswerten des KWW-Technikkatalogs von 2025 berechnet, wiederum unter der Annahme, dass die Energieträgerverteilung in dieser Zeitspanne nahezu identisch geblieben ist.

Tabelle 8: Aktuelle CO₂-Bilanz der Gemeinde Forstinning (2025)

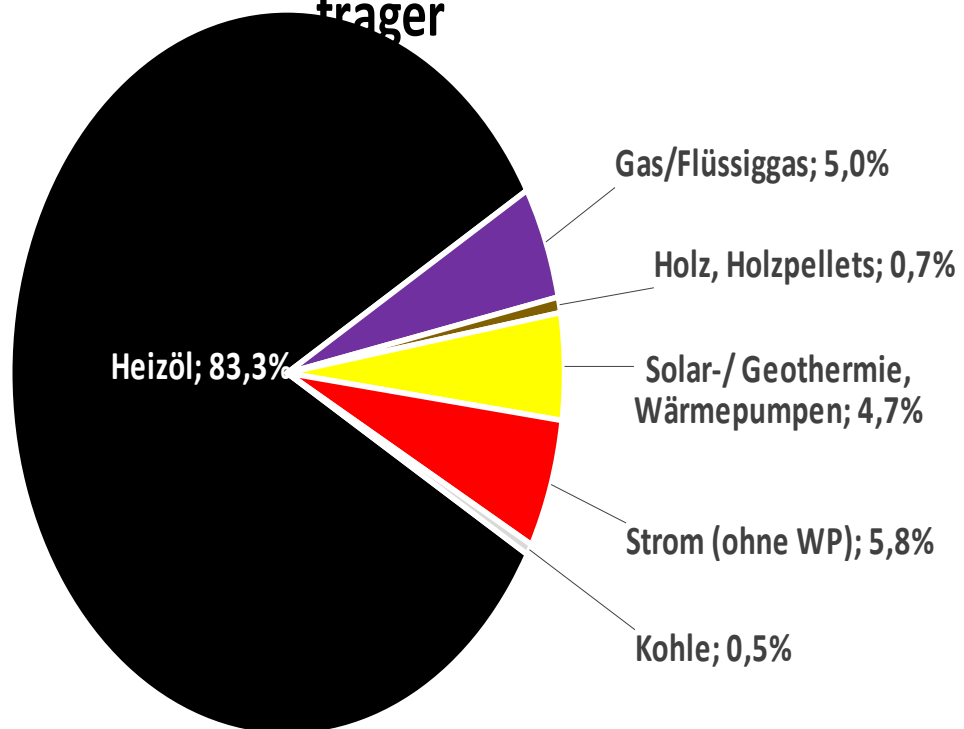
Energieträger	Anteil	kWh je Energieträger	CO ₂ -Faktor (2025)	CO ₂ -Ausstoß [t]
Heizöl	66,7%	26.399.913	0,31	8.184
Flüssiggas/Gas	5,2%	2.058.164	0,24	494
Holz, Holzpellets	8,7%	3.443.467	0,02	69
Wärmepumpen, Solar-/ Geothermie	13,6%	5.382.891	0,09	467
Stromheizung	5,5%	2.176.904	0,26	566
Kohle	0,3%	118.740	0,40	47
Summe	100%	118740		9827

Die Analyse der CO₂-Bilanzierung ergibt eine **jährliche CO₂-Emission von 9.827 t**. Der CO₂-Faktor für Wärmepumpen resultiert über den durchschnittlichen Coefficient of Performance (COP) einer Wärmepumpe (COP=3) und dem aktuellen CO₂-Faktor für den Strom-Mix in Deutschland (0,26). Je erzeugter Kilowattstunde wird also ein Drittel an elektrischer Energie benötigt, demnach beträgt der CO₂-Faktor für Wärmepumpen den Quotienten aus CO₂-Faktor und COP (0,09).

Die anteilmäßige Verteilung der Emissionen nach Energieträger in Abbildung 13 verdeutlicht den Einfluss fossiler Brennstoffe auf die CO₂-Bilanz.

Die fossilen Brennstoffe (Öl, Gas, Kohle) sind für einen Emissionsanteil von knapp 89 % in der Gemeinde verantwortlich.

Anteil an den CO₂-Emissionen nach Energieträger



3. Potenzialanalyse Energieeinsparung

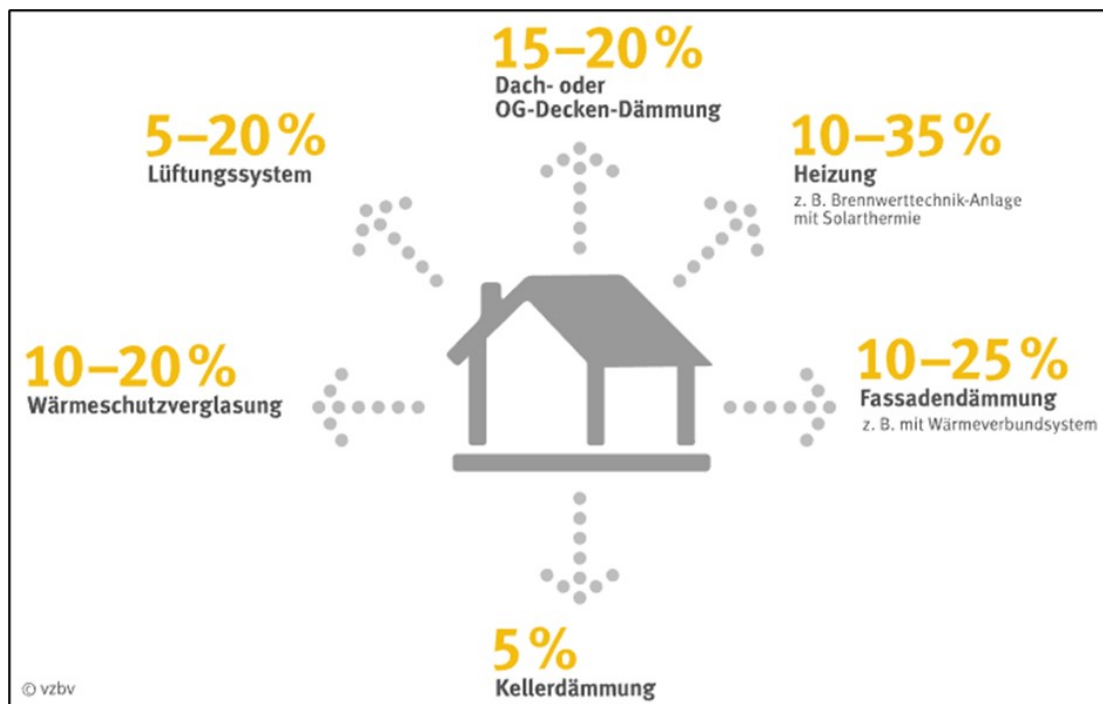
Im nachfolgenden Abschnitt wird das Einsparpotenzial durch Sanierung in den einzelnen Sektoren dargestellt. Dabei können diverse Ursachen an der Gebäudehülle für Wärmeverluste verantwortlich gemacht werden. In welchem Maße die Sanierung umgesetzt wird, beschreibt dabei Sanierungsrate. Über den Ansatz unterschiedlicher Sanierungsraten können zwei Szenarien errechnet werden.

3.1 Private Haushalte

Das Nutzerverhalten hat einen hohen Einfluss auf den Wärmeverbrauch. Neben der Optimierung des Nutzerverhaltens (z. B. Heiz- und Lüftungsroutine, Materialauswahl etc.) kann vor allem durch Gebäudedämmung Energie eingespart werden. Besonders in älteren Gebäuden steckt erhebliches Einsparungspotenzial durch energetische Gebäudesanierung. Dazu werden im Folgenden die Ursachen und Folgen einer schlechten Gebäudedämmung erläutert und mögliche Sanierungsansätze aufgezeigt. Grundsätzlich ist dabei zu berücksichtigen, dass diese Angaben immer exemplarisch gelten und lediglich Mittelwerte und Spannbreiten darstellen. Im Neu-

baubereich konnte der Heizenergiebedarf in den vergangenen Jahren mit Hilfe von neuen und verbesserten Baumaterialien sowie einer optimierten Bautechnik deutlich gesenkt werden. Zahlreiche Möglichkeiten aus dem Neubaubereich lassen sich mittlerweile auch bei Sanierungsmaßnahmen umsetzen.

Für den Heizenergiebedarf eines Gebäudes ist neben dem Nutzerverhalten die Qualität der Gebäudehülle ausschlaggebend. Abbildung 14 veranschaulicht die ungefähren Energieeinsparungspotenziale durch eine Sanierung einzelner Bauteile.



Es können verschiedene Maßnahmen zur Gebäudesanierung durchgeführt werden, um die Effi-

Abbildung 14: Energieersparnis durch Sanierung. Quelle: Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.

zienz eines Hauses zu steigern. Hierzu zählen: Fassadendämmung, Dachdämmung, Dämmung der Geschossdecke und Bodenfläche, Fenster- und Türenaustausch, Optimierung der Lüftung (Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung) und Modernisieren der Heizungsanlage. Fast alle Maßnahmen zur Effizienzerhöhung von Gebäuden werden zurzeit über die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gefördert. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsmaßnahmen können die Wärmebedarfe erheblich reduziert werden.

Für die Berechnung des Sanierungspotenzials wurden folgende Daten benutzt:

- Baujahre gemäß Zensusdaten
- Sektor-Verteilung gemäß ALKIS-Daten
- Wärmeverbräuche gemäß Wärmekataster

- Sanierungsraten gemäß Technikkatalog Wärmeplanung

Je Sektor wurden jeweils zwei Szenarien für Sanierung (hohe und niedrige Sanierungsrate) analysiert. Die mittlere jährliche Reduktion durch Sanierung können dem Technikkatalog der KWW entnommen werden⁴. Die Werte sind in MWh/a angegeben (1 MWh entspricht 1.000 kWh).

Tabelle 9: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in der Gemeinde Forstinning

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a
Unbekannt	6.312	5.916	5.545	5.197	4.871
bis 1918	119	112	105	99	93
1919 - 1948	-	-	-	-	-
1949 - 1978	7.059	6.615	6.199	5.809	5.444
1979 - 1994	8.032	7.299	6.633	6.029	5.479
1995 - 2011	4.877	4.780	4.686	4.594	4.504
2012 - 2020	288	288	288	288	288
2021 - 2025	144	144	144	144	144
Summe	26.831	25.155	23.601	22.160	20.822
%	100%	94%	88%	83%	78%

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a
Unbekannt	6.312	5.768	5.270	4.815	4.400
bis 1918	119	108	98	89	80
1919 - 1948	-	-	-	-	-
1949 - 1978	7.059	6.404	5.811	5.272	4.783
1979 - 1994	8.032	7.303	6.640	6.038	5.490
1995 - 2011	4.877	4.490	4.134	3.806	3.505
2012 - 2020	288	288	288	288	288
2021 - 2025	144	144	144	144	144
Summe	26.831	24.506	22.386	20.453	18.691
%	100%	91%	83%	76%	70%

Tabelle 10: Hohes Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in der Gemeinde Forstinning

Das technische Potenzial wäre erheblich höher, es ist jedoch unrealistisch, dass alle Gebäude in Passivgebäude umgewandelt werden.

3.2 Wirtschaft

Die Wirtschaftsbranche ist sehr vielfältig und lässt sich aufgrund der vielen verschiedenen Gewerbe nur schwer pauschalisieren. Generell wird hier zwischen GHD und Industrie unterschieden. Wegen des überschaubaren Industrievorkommens in Forstinning wird diese hier zusammengefasst. Die GHD-Branche lässt sich näherungsweise mit dem privaten Sektor vergleichen. Auch hier sind Änderungen des Nutzungsverhaltens sowie Gebäudesanierungen von höchster Relevanz.

Tabelle 11: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor GHD in Forstinning

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a
Unbekannt	9.909	9.615	9.330	9.054	8.785
bis 1978	1.357	1.310	1.265	1.221	1.179
1979 - 2009	591	573	556	540	524
2010 - 2025	384	381	377	373	369
Summe	12.241	11.879	11.528	11.188	10.857
%	100%	97%	94%	91%	89%

Tabelle 12: Hohes Sanierungsszenario im Sektor GHD in Forstinning

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a
Unbekannt	9.909	9.215	8.569	7.968	7.410
bis 1978	1.357	1.265	1.179	1.098	1.024
1979 - 2009	591	545	503	464	428
2010 - 2025	384	360	337	316	296
Summe	12.241	11.384	10.587	9.846	9.157
%	100%	93%	86%	80%	75%

3.3 Öffentliche / kommunale Gebäude

Die öffentlichen Gebäude lassen sich ebenfalls näherungsweise mit den privaten Haushalten vergleichen. Auch hier ist die Optimierung des Nutzungsverhaltens sowie die Veranlassung von Gebäudesanierungen von höchster Relevanz. Durch die Umsetzung eines Teils der beschriebenen Sanierungsmaßnahmen sowie durch besseres Nutzungsverhalten können auch hier große Mengen an Heizenergie eingespart werden.

Tabelle 13: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in Forstinning

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebe- darf in MWh/a	Wärmebe- darf in MWh/a	Wärmebe- darf in MWh/a	Wärmebe- darf in MWh/a	Wärmebe- darf in MWh/a
Unbekannt	303	294	285	277	269
bis 1978	106	102	99	95	92
1979 - 2009	99	96	93	90	88
2010 - 2025	-	-	-	-	-
Summe	508	493	477	463	449
%	100%	97%	94%	91%	88%

Tabelle 14: Hohes Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in Forstinning

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebe- darf in MWh/a	Wärmebe- darf in MWh/a	Wärmebe- darf in MWh/a	Wärmebe- darf in MWh/a	Wärmebe- darf in MWh/a
Unbekannt	303	282	262	244	227
bis 1978	106	99	92	86	80
1979 - 2009	99	91	84	78	72
2010 - 2025	-	-	-	-	-
Summe	508	472	438	407	378
%	100%	93%	86%	80%	74%

3.4 Zusammenfassung der Energieeinsparungspotenziale

Nachfolgend werden die Einsparungspotenziale zusammengefasst.

Tabelle 15: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im niedrigen Sanierungsszenario der Sektoren in Forstinning

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Sektor	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a
Wohnen	26.831	25.155	23.601	22.160	20.822
GHD	12.241	11.879	11.528	11.188	10.857
Kommunal	508	493	477	463	449
Summe	39.580	37.527	35.607	33.811	32.129
%	100%	95%	90%	85%	81%

Tabelle 16: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im hohen Sanierungsszenario der Sektoren in Forstinning

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Sektor	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a	Wärmebedarf in MWh/a
Wohnen	26.831	24.506	22.386	20.453	18.691
GHD	12.241	11.384	10.587	9.846	9.157
Kommunal	508	472	438	407	378
Summe	39.580	36.362	33.411	30.706	28.226
%	100%	92%	84%	78%	71%

Insgesamt wird deutlich, dass sich sowohl durch eine Sanierung der Gebäude als auch durch angepasstes Nutzerverhalten deutliche Einsparpotenziale im Bereich Wärme realisieren lassen. Diesen Einsparungen stehen jedoch in erster Linie finanzielle Aufwendungen für die Sanierungsmaßnahmen entgegen. Durch die hohe Bedeutung der Wärme am Gesamtenergieverbrauch sollte sich in Zukunft generell stark auf die Einsparpotenziale fokussiert werden. Dies ist in ers-

ter Linie durch verstärkte Informationspolitik, Öffentlichkeitsarbeit, finanzielle Förderungen und klare Vorgaben der Zielsetzungen erreichbar.

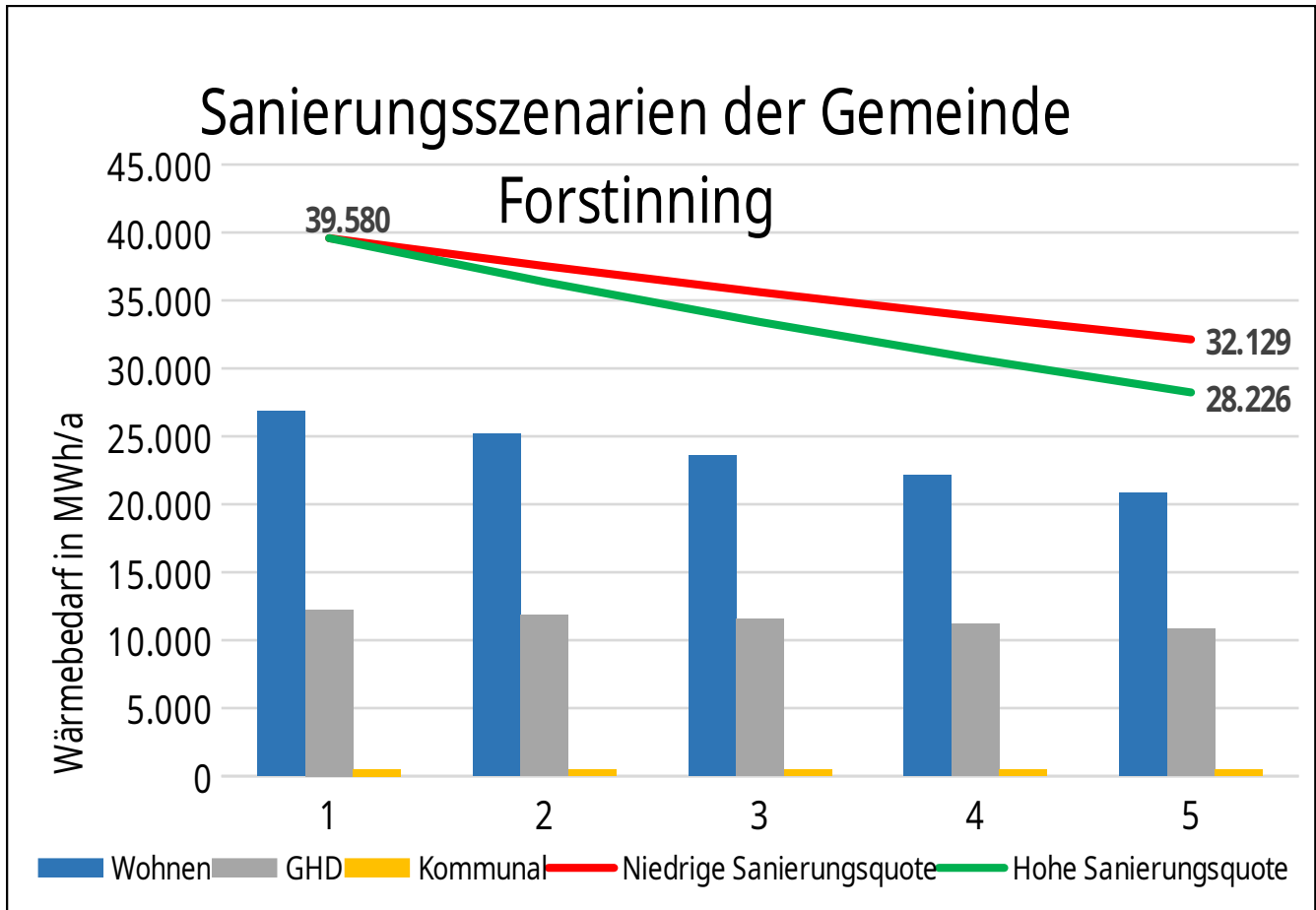


Abbildung 15: Sanierungsszenarien in Forstinning

Abbildung 15 fasst die beiden Tabellen Tabelle 15 und Tabelle 16 nochmal graphisch zusammen. Zur besseren Anschaulichkeit wurden in dieser Abbildung nur die Werte des niedrigen Sanierungsszenarios im Teil des Säulendiagramms verwendet. Der Ansatz der höheren Sanierungsrate ist zwar Klimaschutztechnisch präferiert, jedoch auch sehr ambitioniert. Schlussendlich unterscheidet beide Szenarien ein Einsparpotenzial zum Satus Quo von fast 10 %.

Eine potenzielle Lösung für die Verbesserung des schwer beeinflussbaren Nutzerverhaltens liegt in der Benutzung von Smart Thermostaten und künstlicher Intelligenz. Hier gibt es bereits eine Vielzahl von Herstellern digitaler Optimierungsplattformen für Heizungsanlagen.

4. Potentialanalyse erneuerbarer Energien und Abwärme

4.1 Abwärme

Für die Ermittlung von Abwärmepotenzialen aus unvermeidbarer Abwärme wurden mehrere Firmen selektiert und die Zusendung eines Abfrageformulars initiiert. Die Resonanz fiel sehr schwach aus, sodass kein nennenswertes Abwärmepotenzial in Forstinning vorhanden ist. Die im Januar 2025 veröffentlichte Plattform für Abwärme bestätigt das nicht vorhandene Potenzial im Gemeindegebiet⁵.

4.2 Solarenergie

Die Sonnenenergie ist eine im menschlichen Maße unerschöpfliche Energiequelle. Gemäß Energie-Atlas Bayern treffen auf das Gemeindegebiet von Forstinning jährlich ca. 1.170 kWh/m² bzw. umgerechnet ca. 14.344 GWh Globalstrahlung. Das entspricht in etwa dem 362-fachen des gesamten Wärmebedarfs von Forstinning. Der Großteil dieser Energie ist jedoch nicht nutzbar, da die Strahlung auch auf Waldflächen, landwirtschaftliche Flächen, Straßen oder Wasseroberflächen trifft. Zudem ist die Umwandlung von Strahlungsenergie in thermische oder elektrische Energie immer mit Verlusten verbunden. Eine handelsübliche Photovoltaikanlage erreicht derzeit einen Systemwirkungsgrad von etwa 16 – 18 %⁶, je nach Modultyp. Thermische Solarkollektoren hingegen wandeln aktuell etwa die Hälfte der Strahlungsenergie in Wärme um (ca. 500 kWh/m²). Zusätzlich fallen jedoch Systemverluste in geringem Ausmaß an. Dabei hängt das Potenzial von den verfügbaren und brauchbaren Flächen zur Installation von PV- oder solarthermischen Kollektoren ab.

PV-Freiflächenanlagen (FFPV) unterliegen einer Vielzahl an Regelungen und Einschränkungen, die unter anderem in den Hinweisen des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr⁷ aufgelistet werden. Sofern Förderungen nach EEG in Anspruch genommen werden sollen, sind auch diese Regelungen einzuhalten. FFPV mit mehr als 1.000 kWp und bis zu 100 MWp (in 2023) Leistung sind im Sinne des EEG an Ausschreibungen der Bundesnetzagentur gebunden⁸.

FFPV dürfen nicht auf Flächen von geschützten Biotopen, Wasserschutzgebieten, Überschwemmungsgebieten oder sonstigen Naturschutzgebieten gebaut werden. Die Auflistung der geeigneten und nicht geeigneten Standorte lässt sich in den Hinweisen des Bayerischen Staatsminis-

⁵ Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), 2025

⁶ *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. 17.05.2023. Fraunhofer ISE, Dr. Harry Wirth

⁷ Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Hinweise des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr. In Abstimmung mit den Bayerischen Staatsministerien für Wissenschaft und Kunst, für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, für Umwelt und Verbraucherschutz sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Stand 10.12.2021

⁸ Leitfaden Freiflächen-Photovoltaikanlagen. C.A.R.M.E.N. e.V. Stand: März 2023

teriums für Wohnen, Bau und Verkehr einsehen. Geeignete Standorte sind unter anderem Konversionsflächen, Altlasten(verdachts-)flächen sowie Trassen entlang von Autobahnen und Schienentrassen. Die geeigneten Standorte definieren sich nach den Hinweisen des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr vor allem aus den nicht-geeigneten Flächen.

Das geläufige Problem bei Solarthermieranlagen, dass Solarenergie nicht zwingend dann anfällt, wenn der Energiebedarf vorhanden ist, kann mittlerweile durch Langzeitwärmespeicher etwas ausgeglichen werden. Kleine Dachflächen können individuell vom Solarkataster für den Landkreis Ebersberg auf Wirtschaftlichkeit und technische Rentabilität überprüft werden (www.solare-stadt.de/kreis-ebersberg/spk). Hier kann spezifisch die Eignung einzelner Dachflächen auf PV oder Solarthermie und die zugehörige Einstrahlung analysiert werden.

Solarthermische Freiflächenanlagen (FFST) können ein Fernwärmenetz speisen, wenn die Vorlauftemperaturen nicht zu hoch sind. Hochtemperatur-Flachkollektoren sowie Vakuumröhrenkollektoren stehen im Temperaturbereich bis 120 °C zur Verfügung. FFST unterliegen einer Vielzahl an Regelungen und Einschränkungen, die den Ausbau zusätzlich komplizieren. FFST dürfen nicht auf Schutzgebiete oder Überschwemmungsgebiete gebaut werden. Auch Waldflächen und Siedlungsflächen (Puffer 50 m) sind ausgeschlossen. Der Bundesrat will zukünftig den Bau von Solaranlagen in Überschwemmungsgebieten unter bestimmten Voraussetzungen möglich machen⁹. Dies hat jedoch für sinnvolle Kollektorflächen im Bereich des Bestands- sowie Zielnetzes keine relevanten Auswirkungen. Geeignete Standorte sind unter anderem Konversionsflächen, Altlasten(verdachts)flächen sowie Trassen entlang von Autobahnen und Schienentrassen oder Grün- und Landwirtschaftsflächen. Diese Flächen sollten eine ungestörte südliche Sonneneinstrahlung erhalten. Gemäß Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung ist eine minimale Fläche von 2.000 m² für den Bau von FFST erforderlich, wozu auch Dachflächen zählen. Entscheidend ist dabei die Nähe zum bestehenden oder zukünftigen Wärmenetz sowie eine geeignete Ausrichtung und Neigung bei Hanglage.¹⁰

Damit eine FFPV förderfähig im Sinne des EEG ist, sind zusätzlich die aufgelisteten Einschränkungen im EEG 2023 § 37 zu beachten. Zum Beispiel können im EEG landwirtschaftlich benachteiligten Flächen für FFPV genutzt werden. Die FFPV-Richtlinie in der Gemeinde Forstinning unterliegt speziellen Bedingungen, die im Potenzialsteckbrief der Novelle für FFPV beschrieben werden. In Forstinning beinhalten die Ausschlussflächen per Kriterienkatalog einen Abstand von 100 m Entfernung von Trinkwasserschutzgebieten, 20 m Entfernung von Gewässerflächen und 15 m von Hochspannungs- Freileitungen. Von Siedlungsflächen, Verkehrsflächen oder sonstigen

⁹ Bundesrat für Solaranlagen in Überschwemmungsgebieten. 31.03.2023, Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz — Gesetzentwurf — hib 242/2023. www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-941120

¹⁰ Kommunale Wärmeplanung, Handlungsleitfaden. 12.2020. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Schutzgebieten (FFH, Naturschutz, Biotope, Überschwemmungsgebiete, Vogelschutzgebiete etc.) wurde kein Abstand festgesetzt.¹¹

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben sowie von Verschattungseffekten können somit die in Abbildung 16 dargestellten Flächen als potenzielle FFPV-Standorte ausgewiesen werden. Die gelb schraffierte Fläche beschreibt die förderfähigen Flächen nach dem EEG, bei denen Bauanträge aufgrund ihrer Bahn- oder Straßennähe schnellere Genehmigungen nach sich ziehen können. Die Gesamtpotenzialfläche für den Korridor an der Autobahn A94 liegt bei 237,2 ha, die für FFPV oder FFST-Anlagen benutzt werden können. Hier liegt die installierbare Leistung bei 190 – 332 MWp.

Moorböden müssen entsprechend dem EEG detailliert auf Eignungsfähigkeit untersucht werden. Agri-PV beschreibt die simultane Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen für die Nahrungsmittelproduktion und die Erzeugung von Solarstrom. Die Kollektoren sind bei dieser Technologie weniger dicht installiert und werden beispielsweise auf Stelzen gebaut, um die landwirtschaftliche Nutzfläche darunter zu gewährleisten. Die Effizienz der Stromerzeugung wird dabei immer zugunsten der Landwirtschaft ausgelegt.

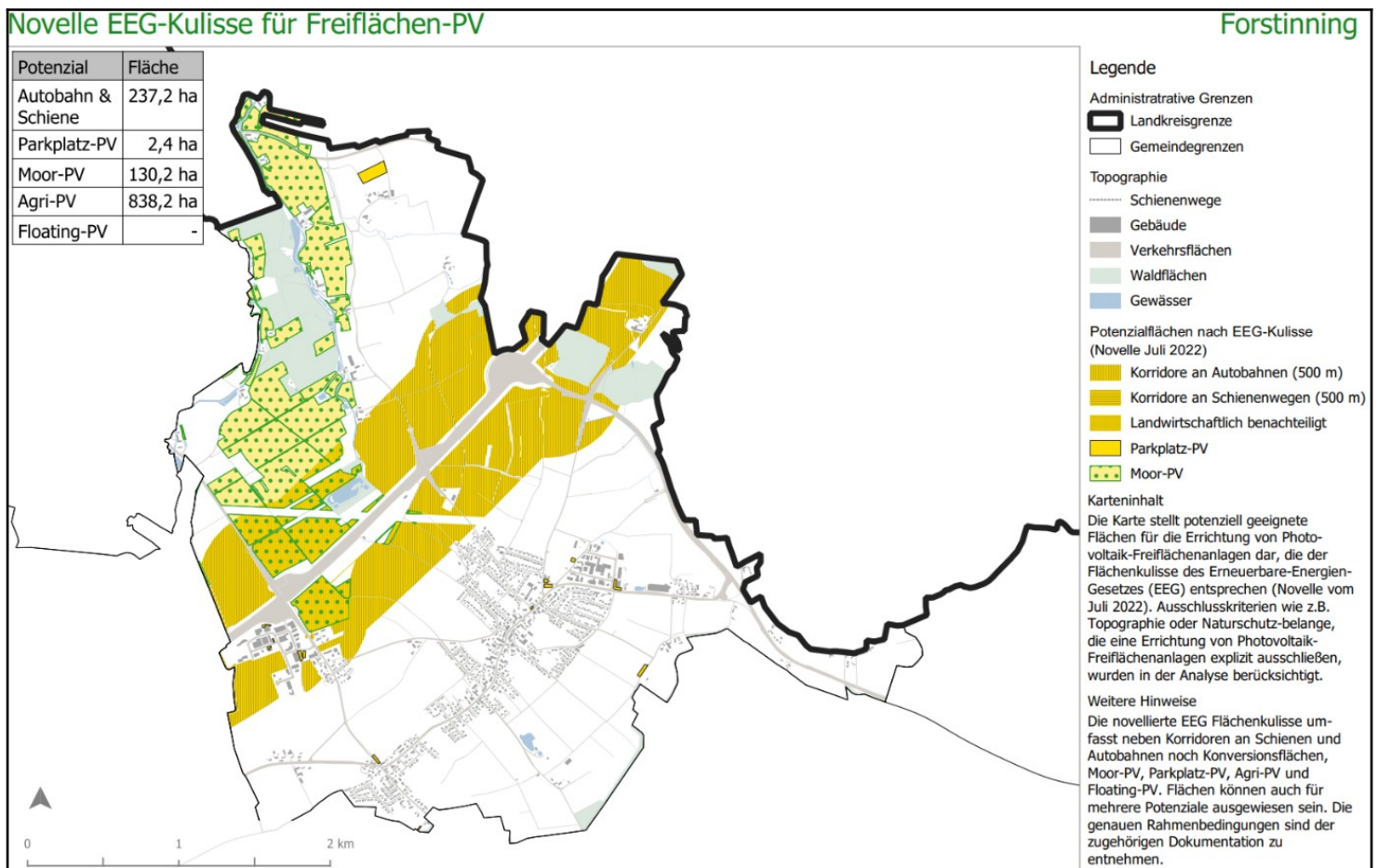


Abbildung 16: Freiflächen-Potenzial für PV und Solarthermie. Quelle: EA EBE-M, ENIANO

Werden diese theoretischen Potenzialflächen mit durchschnittlich erwartbarem Ertragswert je ha und Jahr belegt, so resultiert, wie in Tabelle 17 gelistet, ein enormes Gesamtausbaupotenzial.

Tabelle 17: Flächen und Erträge der verschiedenen Potenzialflächen für PV und Solarthermie

Potenzialfläche	Fläche [ha]	Durchschnittlicher Ertrag pro ha und Jahr (PV ST)	Potenzial PV [MWh/a]	Potenzial ST [MWh/a]
Agri-PV	838,2	500 MWh 2.000 MWh	419.100	1.676.400
EEG-Kulisse Autobahn	237,2	965 MWh 2.000 MWh	228.898	474.400
Moor-PV	130,2	965 MWh 2.000 MWh	125.643	260.200
Parkplatz-PV	2,4	965 MWh 2.000 MWh	2.316	4.800
Dach-PV (>2.000 m ²)	3,2	965 MWh 2.000 MWh	3.088	6.400
Gesamtausbaupotenzial	1211,2		779045	745800

Agri-PV hat niedrigere Ertragswerte wegen der geringeren Kollektorendichte. Vertikale Zaunanlagen können etwa 400-700 MWh/(ha*a) erzeugen, südlich ausgerichtete Systeme hingegen deutlich mehr¹². Solarthermie in Verbindung mit Agri-PV ist noch Bestandteil von Forschungsprojekten, daher hier die Annahme einer Vollbebauung der FFST und gleicher Erträge je ha wie z. B. Solarthermie auf dem Dach.

Das Gemeindegebiet wurde anhand eines digitalen Geländemodells (DGM) auf Verschattungseffekte untersucht. Dabei wurden keine nennenswerten Schattenflächen identifiziert. Trotzdem sorgt eine detailliertere Betrachtung der Gebiete i. d. R. für mindestens 20 % zusätzliche Ausschlussflächen, die durch diverse Faktoren miteinkalkuliert werden. Daraus resultiert für FFPV ein Restpotenzial von 623.236 MWh/a und für FFST 1.937.760 MWh/a.

Bei einem Verhältnis von Land- zu Kollektorfläche von 2 bis 2,5 gemäß Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen¹³ ergibt sich für FFST ein Wärmeertrag von ca. 2.000 MWh pro Hektar oder umgerechnet ca. 200 kWh pro m².

Der Großteil der Potenzialflächen (v. a. Moor-PV) befindet sich im weniger dicht besiedelten nordwestlichen und mittleren Teil der Gemeinde, damit auch in großer Entfernung zu einem potenziellen Wärmenetz. Die maximale Entfernung zwischen Kollektorfleichen und Punkt der

¹² www.agrarheute.com

¹³ *Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen*. 09.2019, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Wärmenetzeinspeisung wird in Anlehnung an die *Analyse des wirtschaftlichen Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung* auf 1.000 m gesetzt¹⁴.

Solarthermie reicht in einem Wärmenetz meist nicht als einzige Wärmequelle aus. Solare Wärme kann zur Vorwärmung verwendet werden, mit Kurzzeit-Wärmespeicher oder mit saisonalen Wärmespeichern. Diese Varianten stellen immer öfter eine Methode der Versorgung eines Wärmenetzes mit Solarthermie dar¹⁵.

Grundsätzlich ist eine Aufteilung der Kollektorfläche möglich, jedoch steigen hiermit die Investitionskosten. Vor allem bei Dachanlagen, die grundsätzlich teurer ausfallen als Freiflächenanlagen, ist die Aufteilung meistens unvermeidbar. Da Solarthermieanlagen in einem Wärmenetz nur in Verbindung mit einem Saisonspeicher Sinn machen, und die Rohrverlegung von den unterschiedlichen Dachflächen zum Saisonspeicher zu aufwändig und kostenintensiv wäre, werden Solarthermieanlagen auf Dachflächen für ein Wärmenetz als nicht sinnvoll oder wirtschaftlich betrachtet.

Die Kosten von Solarthermieanlagen sind sowohl von der Anlagengröße, vom Kollektortyp als auch von der Anlagenfläche abhängig. Abbildung 17 stellt die Kostenfunktion für FFST mit Vakuumröhren graphisch dar.

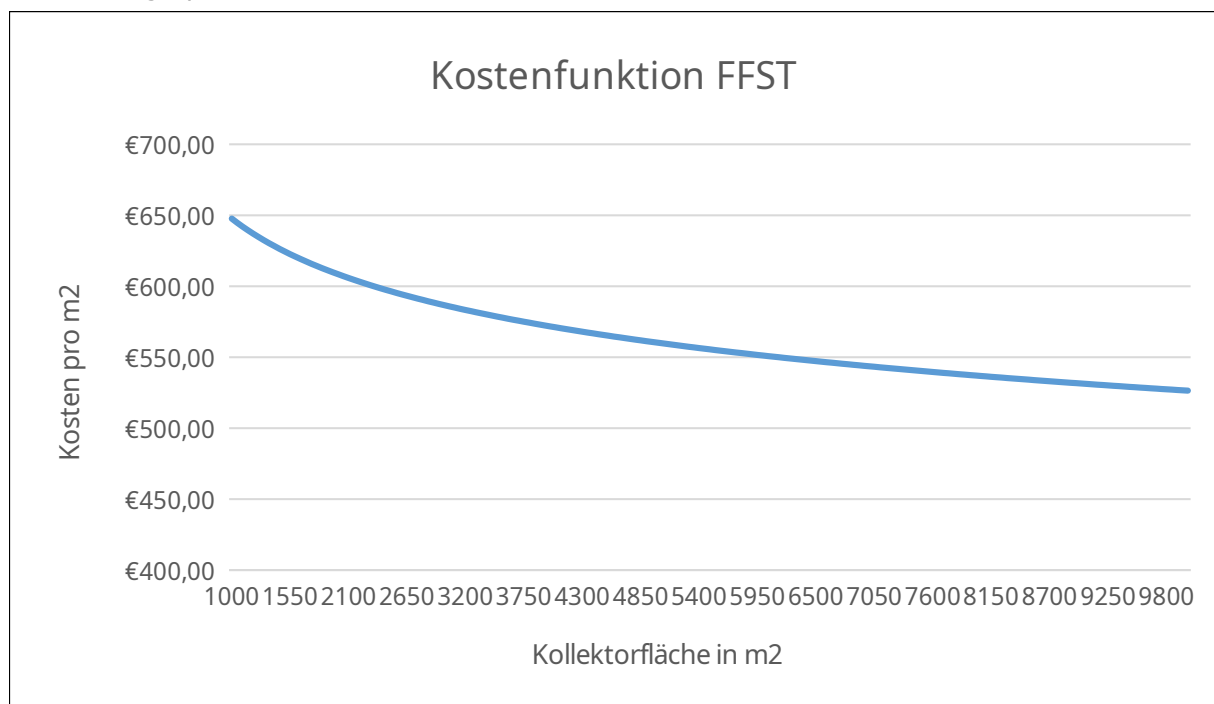


Abbildung 17: Kostenfunktion von FFST mit Vakuumröhren

¹⁴ *Analyse des wirtschaftlichen Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung*. 08.2021 Beitrag zur Berichtspflicht EnEff-RL, Artikel 14, Anhang VIII. Umweltbundesamt. CLIMATE CHANGE 54/2021

¹⁵ *Solarthermie und Holzenergie im Wärmenetz*. 30.09.2020. C.A.R.M.E.N. e.V.

Die Lebensdauer sowie die Wartungs- und Instandsetzungskosten von Solarthermieranlagen werden in Tabelle 18 aufgelistet.

Tabelle 18: Nutzungsdauer und Kosten von Solarthermieranlagen gemäß VDI 2067

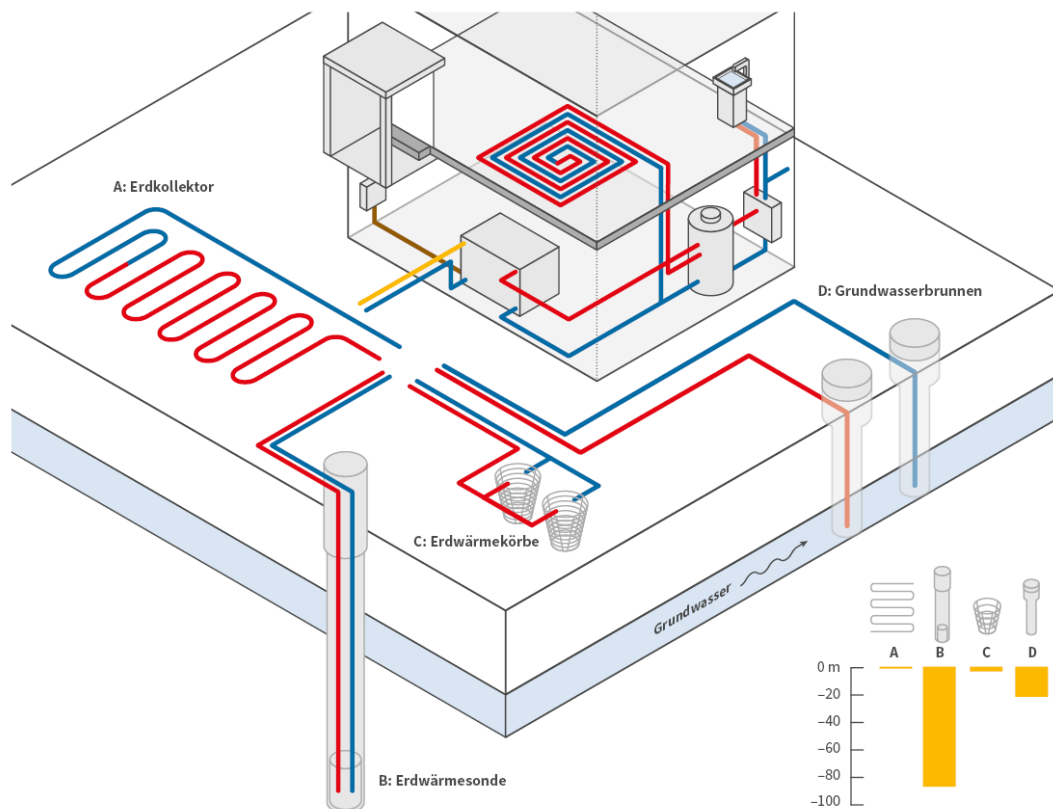
Kollektortyp	Wartung- und Instandsetzungskosten	Nutzungsdauer nach VDI 2067
Absorber	1,5%	18,00
Flachkollektor	1,5%	20,00
Vakuum-Röhren	1,5%	18,00

4.3 Umweltwärme

Die Nutzung von Umweltwärme aus oberflächennaher Geothermie, Flusswasser, Seewasser und Abwasser bietet große Potenziale für eine nachhaltige kommunale Wärmeversorgung. Oberflächennahe Geothermie nutzt die konstante Temperatur des Erdreichs, um Gebäude effizient und unabhängig von fossilen Brennstoffen zu beheizen. Fluss- und Seewasser enthalten thermische Energie, die mithilfe von Wärmetauschern extrahiert und für Heizsysteme nutzbar gemacht werden kann. Ebenso stellt Abwasser eine unterschätzte Wärmequelle dar, da das bereits erwärmte Wasser aus Haushalten und Industrie energetisch zurückgewonnen werden kann. Durch die gezielte Integration dieser Technologien in der Wärmeplanung lassen sich CO₂-Emissionen reduzieren und langfristige Kosteneinsparungen erzielen, wodurch Kommunen einen wichtigen Schritt in Richtung klimaneutrale Wärmeversorgung machen.

4.3.1 Oberflächennahe Geothermie

Prinzipiell wird bei der Geothermie zwischen oberflächennaher Geothermie und Tiefengeothermie unterschieden. Unter oberflächennaher Geothermie versteht man die Wärme der obersten Erdschicht auf niedrigem Temperaturniveau, die über Sonden oder Erdwärmekollektoren auf ein Arbeitsmedium übertragen und dann mittels Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gehoben wird. Vor der Installation von Erdwärmepumpen soll immer überprüft werden, ob Grundwasseranschluss, ausreichend hohe Temperaturniveaus bzw. ausreichende Leitfähigkeiten des Bodens vorhanden sind, um einen entsprechend hohen COP zu erreichen.



© Energieagentur Rheinland-Pfalz 2022

 **ENERGIEAGENTUR**
Rheinland-Pfalz

Abbildung 18: Schematische Darstellung von oberflächennahen Geothermie-Systemen.
Quelle: Energieagentur Rheinland-Pfalz

Nicht jedes Grundstück ist für oberflächennahe Geothermie geeignet. Aus gewässerschutzrechtlichen Gründen ist Wärmerförderung mittels Erdwärmesonden häufig sogar verboten. In den meisten Fällen ist eine Einzelfallprüfung durch die Fachbehörde erforderlich. Die nachfolgende Abbildung des Energie-Atlas Bayern zeigt die Gegebenheiten in Forstinning hinsichtlich des Po-

tenzials für Erdwärmesonden, -kollektoren und Grundwasserwärmepumpen. Im Projektgebiet sind derzeit keine Bohrrisiken bis 100 m Tiefe identifiziert¹⁶.

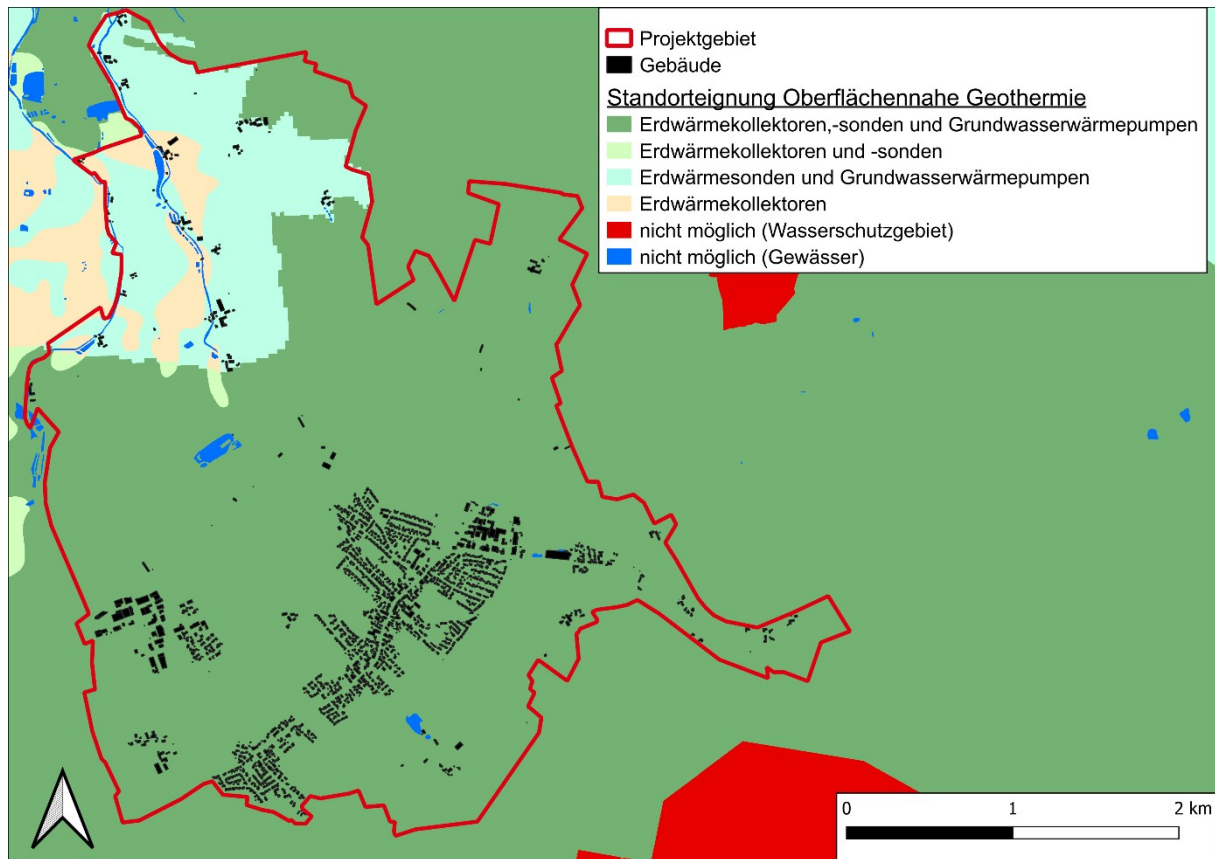


Abbildung 19: Standorteignung für oberflächennahe Geothermie in Forstinning.
 Quelle: Energie-Atlas Bayern

Abbildung 19 zeigt, dass auf den ersten Blick eine flächendeckende Nutzung oberflächennaher Geothermie möglich ist. Nur im nördlichen Gemeindegebiet sind Erdwärmekollektoren aufgrund des organischen Bodenvorkommens bedingt geeignet und müssen per Einzeluntersuchung auf Wärmeleitfähigkeiten untersucht werden.

Oberflächennahe Geothermie wird oft für die Versorgung einzelner Gebäude genutzt, größere Anlagen sind hingegen zur Speisung eines Wärmenetzes möglich. Hier könnten sich an vielversprechenden Standorten die Durchführung von Machbarkeitsstudien zu Grundwasser- und Erdwärme anbieten, um bei positiven Ergebnissen Erkundungsbrunnen zu errichten und Leistungspumpversuche durchzuführen.

¹⁶ www.geoportal.bayern.de

Erdwärmesonden werden in Bohrungen von 40 – 100 m, manchmal sogar bis 400 m Tiefe eingebracht, wonach die Bohrlöcher mit einem Material mit möglichst hoher Wärmeleitfähigkeit aufgefüllt werden. Für Erdwärmesonden ist die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens sehr relevant. In der Gemeinde reicht diese bis 100 m Tiefe bis zu 1,8 W/(m*K). Ab 2,0 – 2,5 W/(m*K) gelten Böden als besonders leistungsfähig, das Potenzial ist hier also zunächst als durchschnitt-



Abbildung 20: Wärmeleitfähigkeit im Projektgebiet bis 100 m Tiefe.
 Quelle: lfu.bayern.de

lich zu betrachten.

Generell kann bei Erdsonden eine Wärmeentzugsmenge von ca. 50 W/m bei 1.800 Volllaststunden angenommen werden. Die Verhältnisse zwischen Kälte- und Wärmeleistungen (Wärme, die aus dem Boden entzogen wird und Wärme, die erzeugt wird) sind pro Erdwärmepumpe unterschiedlich, dabei wird von einem Verhältnis 1:1,4 ausgegangen. Beispielsweise werden bei 50 W/m Kälteleistung ca. 70 W/m Wärme erzeugt. Bei einer Erdwärmesonde von 50 m Länge werden bei 1.800 Volllaststunden etwa 6,3 MWh Wärme erzeugt. Bei einer Erdwärmesonde von 100 m verdoppelt sich die Wärmemenge auf ca. 12,6 MWh pro Jahr.

Eine Kombination von einem Erdsondenfeld und einer Überbauung mit Solarthermie- oder PVT-Anlagen ist verschiedenen Herstellern zufolge möglich. Solche Kombinationen ergeben sehr hohe Flächennutzungsraten. Zudem kann überschüssige Wärme der Solarthermieanlagen (die meistens im Sommer anfällt, wenn die Heizlast der Wärmeabnehmer niedrig ist) über die Erdsonden in den Boden rückgeführt werden. Mit diesem Prinzip wird das Erdsondenfeld regeneriert, um die Langlebigkeit der Anlage sicher zu stellen. Wird mehr Wärme zugeführt als ent-

nommen, so funktioniert das Erdsondenfeld als saisonaler Wärmespeicher. Mehr Informationen zu Wärmespeicher sind im Kapitel 4.9 verfügbar. Sedimentgesteine (Tonschiefer, Mergel, Ton, Sandstein etc.), magmatische Gesteine (Granit, Gabbro etc.) und auch einige metamorphe Gesteine wie Gneis eignen sich gut für Erdwärmesonden.

Erdsondenfelder müssen jährlich regeneriert werden, um eine Auskühlung zu verhindern. Um ein Erdsondenfeld langfristig zu betreiben, muss in etwa die gleiche Wärmemenge, die aus dem Boden entzogen wird (Kälteleistung), wieder zurückgeführt werden. Ein Erdsondenfeld kann somit nicht durchgehend als Wärmequelle genutzt werden. Wird im Sommer Überwärme, oder sonstige Wärme, in das Erdsondenfeld eingespeist, so kann es im Winter als Wärmequelle genutzt werden. Erdsondenfelder eignen sich aufgrund der niedrigen Temperaturen vor allem gut für Wärmenetze mit niedrigeren Vorlauftemperaturen. Bei höheren Vorlauftemperaturen können nur sehr geringe COP-Werte der Wärmepumpen erreicht werden. Bei der Einspeisung der Wärme im Sommer muss zudem beachtet werden, dass die Bodentemperatur gemäß VDI 4640 nicht über 20 °C ansteigt. Höhere Temperaturen unterliegen strengeren Regeln und detaillierten Prüfungen. Aktuell werden Erdsondenfelder lediglich in Wärmenetzen mit niedrigeren Temperaturen sowie im Wohnbau und Gewerbe eingesetzt, wo die Temperaturen nicht über z. B. 75 °C ansteigen.

Der limitierende Faktor für die Nutzung von Erdwärmesonden in Forstinning ist die Bohrtiefenbegrenzung.

Oberflächennahe Geothermie: Potenzial zur Nutzung von Erdwärmesonden:
Bohrtiefenbegrenzung und Wasserschutzgebiete

Forstinning

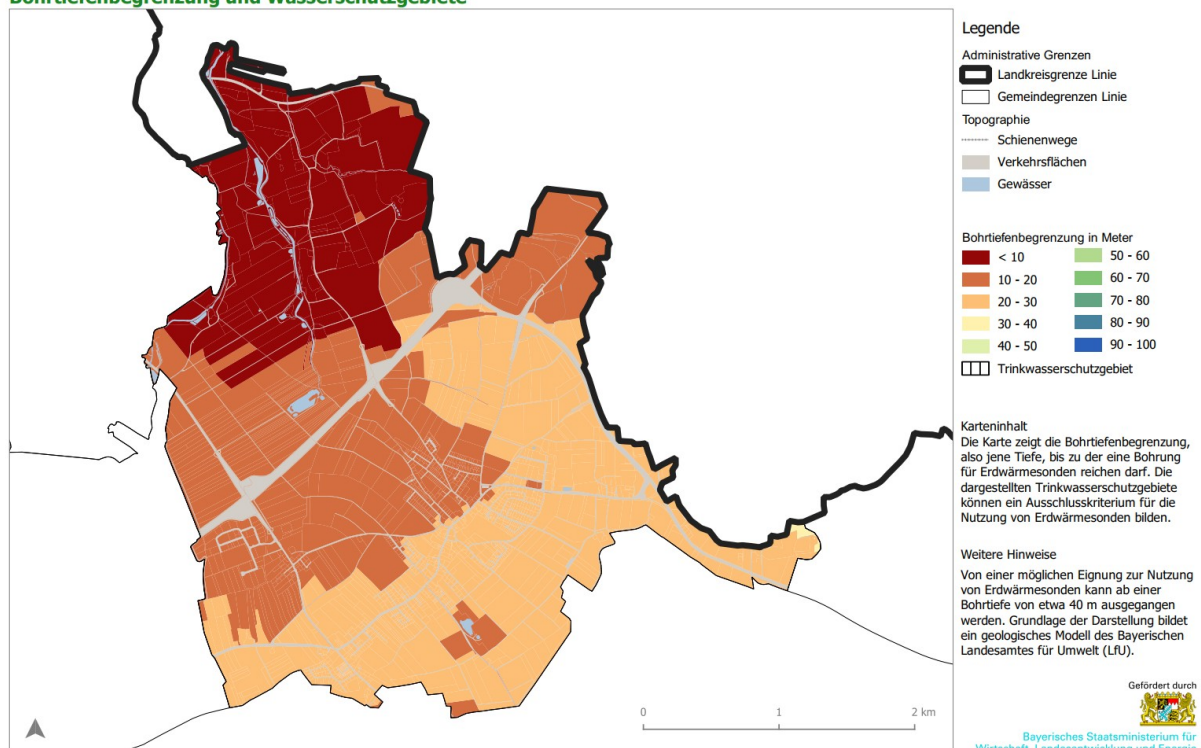


Abbildung 21: Bohrtiefenbegrenzungen im Gemeindegebiet. Quelle: EA EBE-M, ENIANO

Die Bohrtiefenbegrenzungen lassen sich auf den hoch gelegenen Grundwasserleiter zurückführen. Die maximal zulässige Bohrtiefe gemäß Abbildung 21 liegt bei ca. 30 m. Bei dieser Tiefe ist die Temperatur der Bodenumgebung nur geringfügig höher als an der Oberfläche. Je nach Bodenbeschaffenheit variieren die Kosten für Erdwärmesondenbohrungen, im Schnitt liegen diese bei ca. 100€/Bohrmeter¹⁷. Die Kosten und die geringe Temperaturdifferenz machen Bohrungen bis 30 m unwirtschaftlich, weswegen das Potenzial für Erdwärmesonden im Gemeindegebiet sehr gering ist.

Für **Erdwärmekollektoren** wird die spezifische Wärmeleitfähigkeit der Böden in 1,5 m Tiefe analysiert.

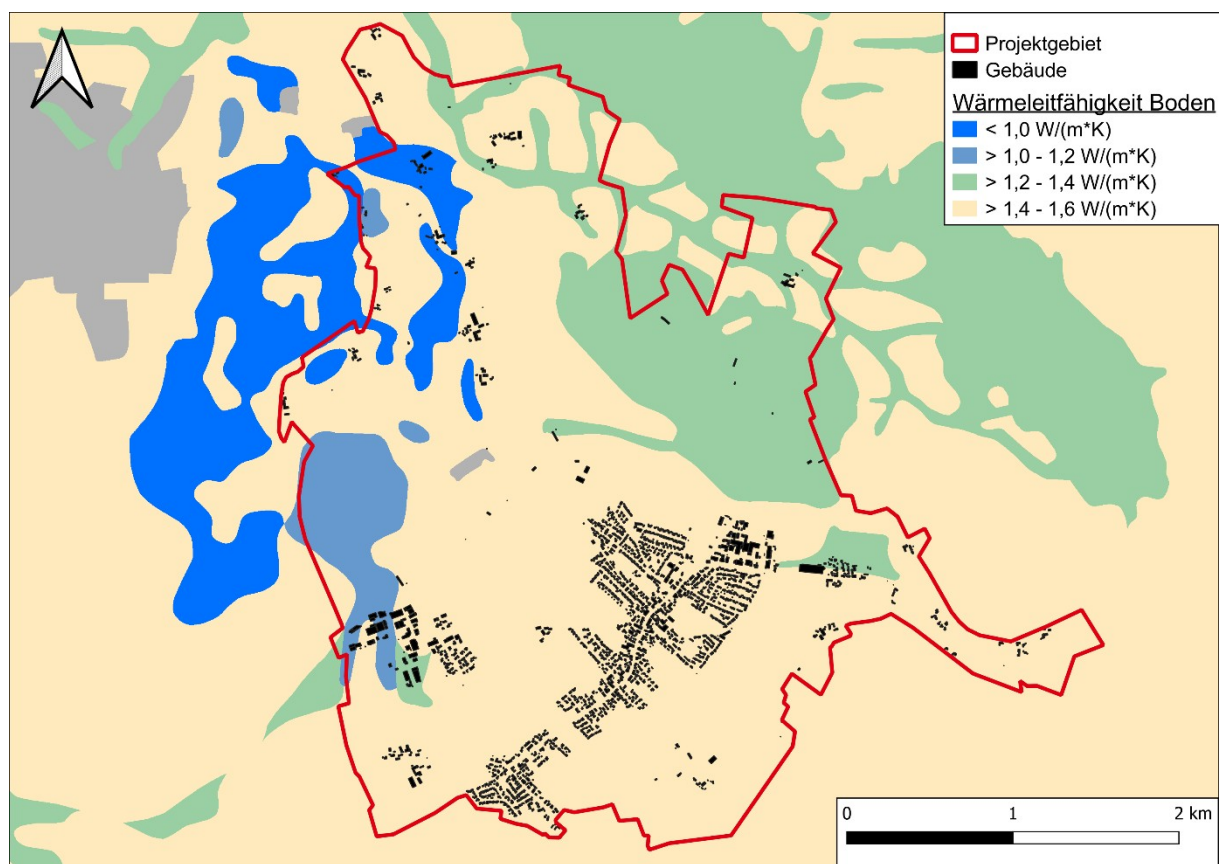


Abbildung 22: Spezifische Wärmeleitfähigkeit in 1,5 Metern Tiefe
 Quelle: Energieatlas Bayern

In der Gemeinde Forstinning liegen diese Werte der Wärmeleitfähigkeit in 1,5 m Tiefe zwischen unter 1,0 und 1,6 W/m*K¹⁸. Ab Werten > 1,5 W/(m*K) gilt die Nutzung von Erdwärmekollektoren als gut geeignet. Zudem ist die Leistung der Erdwärmekollektoren stark von den klimatologischen Bedingungen, also den Temperaturschwankungen und den Niederschlagsmengen, abhängig. Je nasser der Boden ist, desto höher die Wärmeleitfähigkeit. Wasser hat eine höhere

¹⁷ www.listando.de

¹⁸ www.thermomap.eu

Leitfähigkeit als trockener Boden. Gemäß Daten von ThermoMap herrschen in der Gemeinde folgende klimatologischen Bedingungen¹⁹:

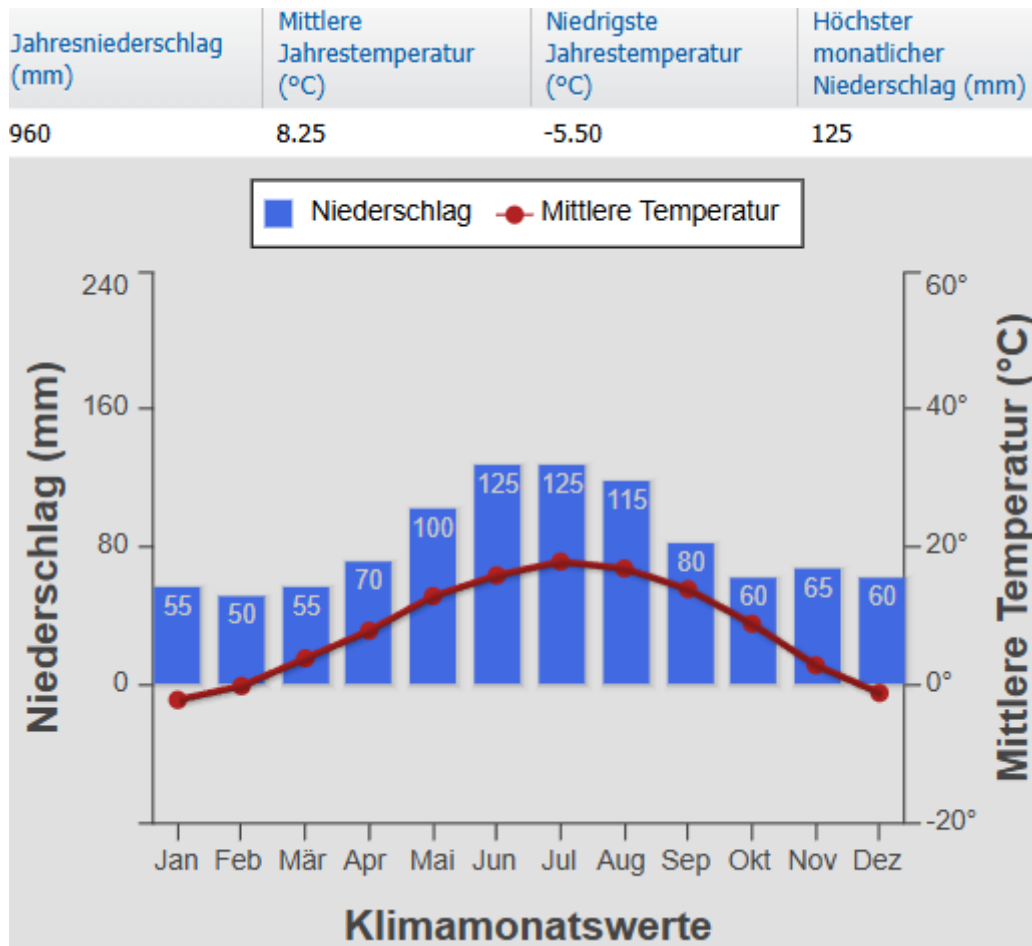


Abbildung 23: Übersicht der klimatologischen Bedingungen in der Gemeinde Forstinning. Datenquelle: www.thermomap.eu

Aus Abbildung 23 geht hervor, dass in Forstinning im Schnitt eine Temperaturschwankung von mehr als 20 °C vorliegt. Im Sommer haben Erdwärmekollektoren gute COP-Werte. Die Nachfrage nach Wärme ist im Sommer zwar nicht so hoch wie im Winter, kann jedoch mit den Kollektoren gut überbrückt werden. Die erhöhten Niederschlagsmengen in den Sommermonaten begünstigen diesen Vorgang, da die Nässe die Wärmeleitfähigkeit im Boden erhöht. Im Winter dienen Erdwärmekollektoren mehr für Wärmenetze mit niedrigen Vorlauftemperaturen zur Wärmeversorgung von Neubaugebieten. Zudem eignen sich diese Anlagen für eine dezentrale Wärmeversorgung. Zurzeit werden Erdwärmekollektoren vor allem im Wohn- und Gewerbebau eingesetzt, wo die Temperaturen nicht über z. B. 75 °C steigen.

Eine Möglichkeit zur Installation größerer Erdwärmekollektoren stellt die sogenannte Agrothermie dar. Hierbei werden die Kollektoren unterhalb landwirtschaftlicher Flächen installiert, die dadurch eine Doppelnutzung der Fläche ermöglichen. Nicht zuletzt brauchen Erdwärmekollektoren

¹⁹ www.thermomap.eu

ren für größere Wärmenetze sehr große Flächen. Eine Kombination von Erdwärmekollektorenfeldern und Solaranlagen lässt sich nur teilweise verknüpfen, was sich zum einen auf den hohen Flächenbedarf der Erdwärmekollektoren und zum anderen auf die Platzanforderungen der Fundamente der Solarthermieanlagen zurückführen lässt.

Für **Grundwasserwärmepumpen** sind passende Grundwasserflurabstände gefordert. Diese sowie die Mächtigkeiten vorhandener Aquifer werden in Zuge von Machbarkeitsstudien und Probebohrungen detailliert ermittelt. Bei größeren Projekten werden für die Potenzialermittlung potenzielle Standorte identifiziert, an denen Probebohrungen gesetzt und Pumpversuche durchgeführt werden. Anschließend wird an dem Standort mit dem vielversprechendsten Grundwasservorkommen ein großes Brunnenpaar (Entnahmebrunnen und Schluckbrunnen) gebohrt und nochmals ein Pumpversuch durchgeführt. Für die Grundwassernutzung ist die lokale Hydrogeologie relevant. In der Gemeinde sind überwiegend folgende hydrogeologische Gegebenheiten

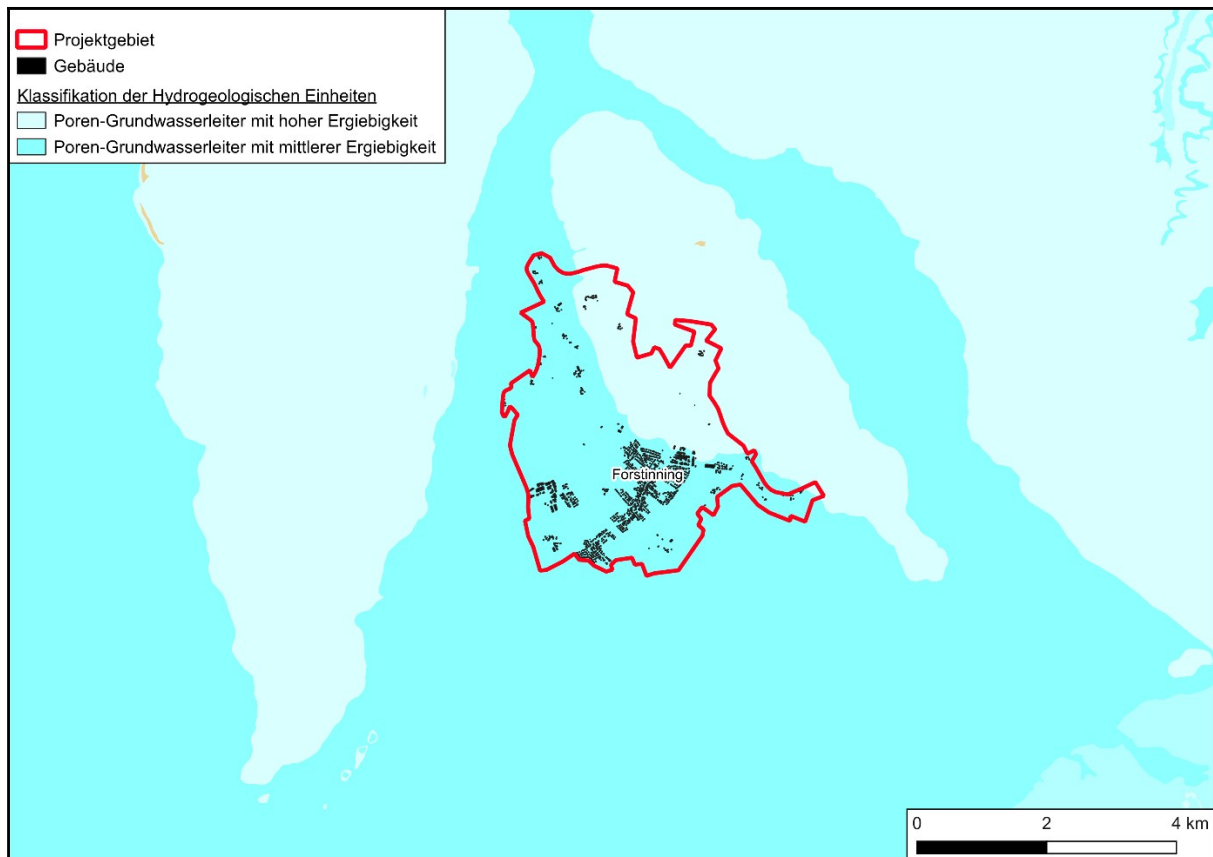
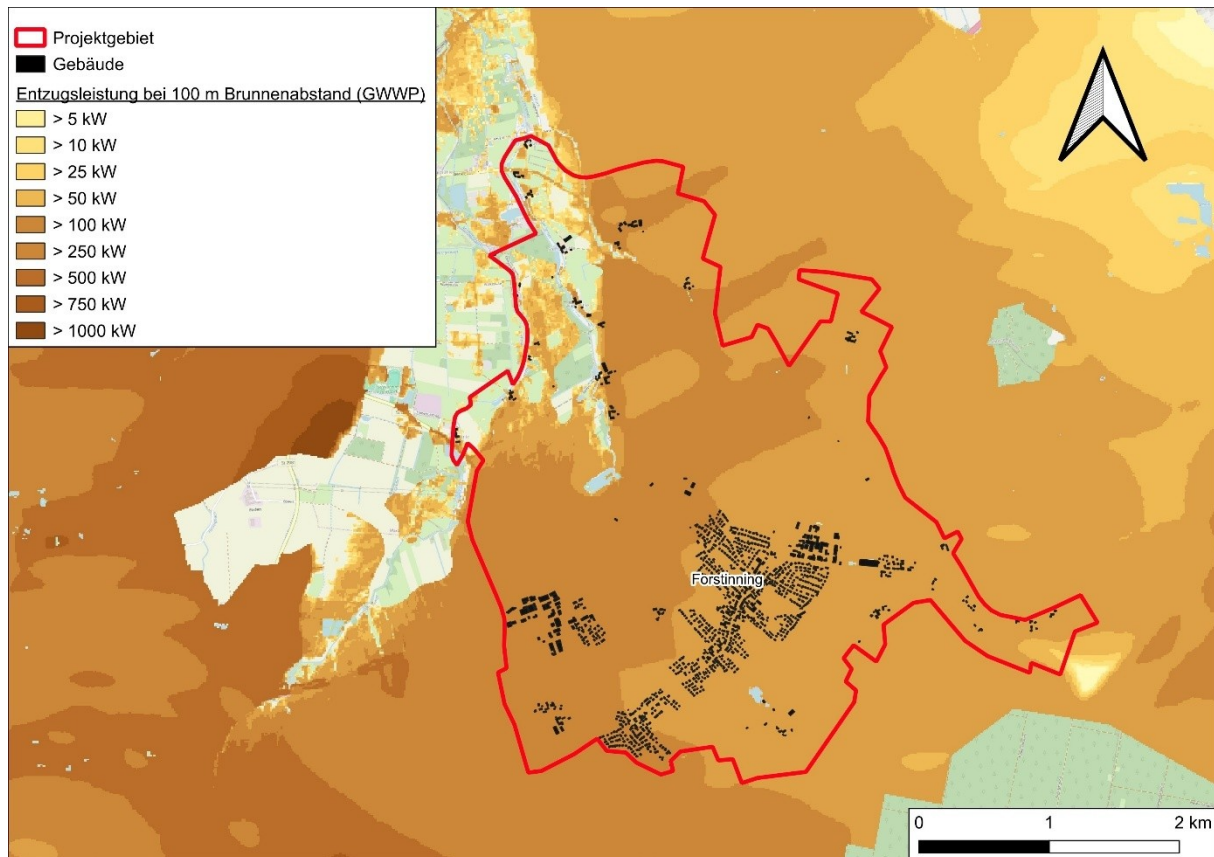


Abbildung 24: Hydrogeologische Klassifikation der Grundwasserleiter.
 Quelle: www.geoportal.bayern.de

vorhanden:

Abbildung 24 demonstriert die hydrogeologischen Gegebenheiten in und um dem betrachtete Projektgebiet. Auffällig ist, dass sich vor allem in den stark bebauten Gebieten Poren-Grundwasserleiter mit hoher Ergiebigkeit befinden. Hier sind Grundwasserwärmepumpen besonders geeignet, zum einen aufgrund des sehr ergiebigen Grundwasservorkommens und zum anderen durch die kurzen Leitungswege zum Wärmenetz oder den dezentralen Haushalten. Das Gebiet nordöstlich vom Gewerbegebiet Ost befindet sich im Bereich der Endmoräne, hier hat der Grundwasserleiter eine mittlere Ergiebigkeit. Die genaue Menge an verfügbarem Grundwasser kann über Probebohrungen und Pumpversuche ermittelt werden. Sind hohe Mengen und Fließraten vorhanden, so ist das Wärmepotenzial vielversprechend. Es gibt zudem die Möglichkeit, beliebig viele Förder- und Schluckbrunnen (ausreichend Abstand zwischen den Anlagen vorausgesetzt) zu installieren, um die Gesamtleistung zu erhöhen. Die vorherrschenden Entzugsleistungen in Forstinning sind in Abbildung 25 visualisiert.

Abbildung 25: Entzugsleistung einer Grundwasserwärmepumpe mit 100m Brunnenabstand
Quelle: Energieatlas Bayern



Wie Abbildung 25 zeigt, sind im Gemeindegebiet Entzugsleistungen bis zu 300 kW für Grundwasserwärmenutzung mit 100 Metern Abstand zwischen Förder- und Schluckbrunnen möglich. Der nordwestliche Teil der Gemeinde bildet hier die einzige Ausnahme. Im Ortskern Forstinnings sind Leistungen von ca. 200 kW erreichbar, wodurch eine Entzugsenergie von ca. 350.000 kWh/a generiert werden kann. Mit dieser Wärmemenge können mindestens 20 Einfamilienhäuser mit Wärme versorgt werden. Die Wirtschaftlichkeit von Grundwasserwärmepumpen nimmt mit steigenden Flurabständen (Entfernung zwischen Erdoberfläche und Grundwasserleiter) ab. Der Grundwasserflurabstand beträgt nahezu im ganzen Gemeindegebiet weniger als 15 m, was hervorragende Grundvoraussetzungen für den Einsatz von Grundwasserwärmepumpen sind²⁰. Zusammenfassend kann das Potenzial für die Nutzung von Grundwasserwärme als sehr hoch eingestuft werden.

²⁰ Technische Universität München. Lehrstuhl für Hydrogeologie.

4.3.2 Flusswasser

Durch das Gemeindegebiet Forstinning fließt die Forstinninger Sempt. Das Fließgewässer verändert sich im Gemeindegebiet von einem Gewässer 3. Ordnung zu einem Gewässer 2. Ordnung und verfügt über keinen amtlichen Messpegel, der vom Wasserwirtschaftsamt (WWA) betrieben wird²¹. Bei Recherchen des WWA Rosenheim wurden Abflussmessungen gefunden, die vom WWA München durchgeführt wurden. Die Werte dieser Messreihe umfassen 18 Messungen im Zeitraum von 1989 bis 2005. Die Messstelle war eine Brücke ca. 200 m im Oberstrom der Wagemühle. Der Mittelwert dieser Messreihe liegt bei ca. 0,55 m³/s.

Des Weiteren wurden im Jahr 2018 die Abflüsse der Forstinninger Sempt am Standort der Wagemühle im Zeitraum der Jahresreihen 1962 – 2012 berechnet. Dabei resultieren folgende Werte:

Tabelle 19: Berechnete Abflusswerte der Forstinninger Sempt (2018). Quelle: WWA Rosenheim

Jahresreihe 1962 – 2012	
NQ	0,106 m³/s
MNQ	0,279 m³/s
MQ	0,422 m³/s
MHQ	2,17 m³/s
HQ	4,49 m³/s

Daten zur Wassertiefe oder Fließgeschwindigkeit konnten nicht ermittelt werden.

Als Standardwert dürfen bei einer Flusswärmepumpe maximal 40 % des MNQ entnommen und um maximal 1,5 K abgekühlt werden. Die aus der Forstinninger Sempt dadurch gewinnbaren Wärmemengen wären somit sehr gering, weswegen eine solche Nutzung als nicht sinnvoll eingeschätzt wird. Die Entfernung zu den besiedelten Gebieten und die zu geringe Durchflussmenge unterstreichen das fehlende Potenzial der Nutzung von Flusswasserwärme.

4.3.3 Seewasser

Im Gemeindegebiet sind keine stehenden Gewässer vorhanden, die eine ausreichende Größe und Tiefe für eine Verwendung als Wärmequelle für ein Wärmenetz aufweisen.

4.3.4 Luft

Die Umgebungsluft ist generell überall für den Betrieb von Luft-Wasser Wärmepumpen nutzbar, jedoch werden Luft-Wasser Wärmepumpen nicht präferenziell eingesetzt (Geringe Effizienz bei niedrigen Temperaturen, Strombedarf, Lärmpegel). Luft-Luft-Wärmepumpen eignen sich nicht für den Einsatz in einem Wärmenetz. Luft-Wasser-Wärmepumpen sind zwecks Lärmschutz ge-

²¹ www.umweltatlas.bayern.de

mäß den Vorgaben des Bundes-Immissionsschutzgesetz (§ 22 Abs. 1 BImSchG) zu errichten und betreiben. Die oben beschriebenen Umweltwärmequellen erreichen höhere Effizienzzahlen als Luft-Wasser-Wärmepumpen und sind somit als vorrangige Option zu sehen. Luft-Wasser-Wärmepumpen eignen sich vor allem für Gebiete, in denen entweder keine andere Umweltwärme mittels Wärmepumpen erschlossen werden kann oder bei zu großer Entfernung zu den Siedlungsflächen²². Luft-Wasser-Wärmepumpen gibt es mittlerweile auch in höheren Leistungsbereichen bis zu mehreren hundert kW oder sogar im Megawatt-Bereich. Maximal erreichte Vorlauftemperaturen (ca. 80 °C, auch bei Minustemperaturen der Außenluft) können sowohl für Low-Ex (niedrig exergetische Wärmenetze: geringe Temperaturdifferenzen und niedrige Vorlauftemperaturen) Wärmenetze als auch teilweise für normale Wärmenetze ausreichend sein.

Aufgrund des Lärm- und Sichtschutzes eignen sich vor allem landwirtschaftliche Flächen sowie Gewerbeflächen (inkl. Dachflächen, je nach statischer Eignung) für den Betrieb großer Luftwärmepumpen. Abbildung 26 demonstriert die spezifischen Investitionskosten einer Luft-Wasser-Wärmepumpe für die kommenden Stützjahre 2030 und 2040.

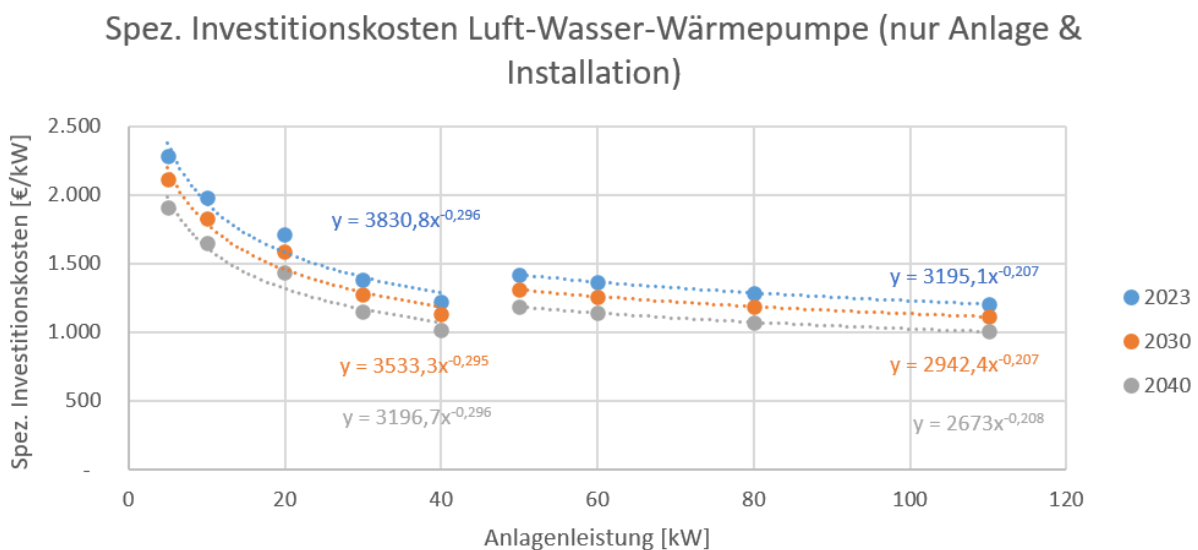


Abbildung 26: Investitionskosten für Luft-Wasser Wärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)

4.3.5 Abwasser

Abwasser steht das ganze Jahr zur Verfügung und unterliegt relativ geringen Temperaturschwankungen. Das Abwasser kann mittels Wärmepumpen um ein paar Grad abgekühlt werden, um Wärme zu generieren. Die Wärmerückgewinnung von Abwasser kann sowohl in der Kläranlage als auch in der Kanalisation stattfinden, allerdings ist die Abwärme aus dem Kläranlagen-Auslauf besser für Großwärmepumpen geeignet²³. Ein Mindestdurchfluss von 15 l/s (Tages-

²² Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (12 2021). Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung.

²³ Ratgeber Energie aus Abwasser. 09.2019, Bundesverband Wärmepumpe e.V.

mittelwert bei Trockenwetter), sowie Kanalquerschnitte von mindestens 400 mm sind gefordert²⁴. Die Gemeinde Forstinning liegt gemäß Gebietskarte des Abwasserzweckverbands (AZV) Erdinger Moos am Rand des Entwässerungssystems für Abwasserbeseitigung. Der AZV Erdinger Moos wurde daher kontaktiert, ob es im Projektgebiet geeignete Sammelleitungen mit entsprechendem Kanaldurchmesser gibt und ob ausreichende Durchflüsse für eine Abwasserwärmenutzung vorhanden sind. Die Kanalleitungen haben einen max. Durchmesser von DN300. Zudem liegt die Durchflussmenge bei Trockenwetter im Tagesmittel bei ca. 6 l/s, daher hat die Wärmenutzung durch Abwasser in der Gemeinde Forstinning kein Potenzial.²⁵

4.3.6 Investitionskosten Umweltwärmenutzung

Die Kosten der Nutzung der Umweltwärme sind hauptsächlich abhängig von den Kosten der Wärmepumpen sowie von ggf. anfallenden Erkundungs- oder Naturschutzarbeiten. Je nach Erkundungsarbeit können bei den Bohrungen variierende Kosten entstehen. Auch Wärmepumpen haben je nach Kältemittel, Quelltemperatur und Temperaturhub hohe Preisschwankungen, die sich bei größeren Wärmepumpen (> 1MW) z. B. zwischen 250 €/kW und 1.000 €/kW befinden. Bei kleineren Wärmepumpen liegen die spezifischen Kosten oft bei mehr als 1.000 €/kW. Die nachfolgende Tabelle entstammt dem AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023).²⁶

Spez. Investition (gesamt) in Mio. €/MW _{th}	Rauchgas	Abwasser	Abwärme	Grundwasser	Luft
0,5 – 1 MW _{th}	0,53 – 0,63	1,23 – 1,91	0,97 – 1,3	1,18 – 1,72	0,9 – 1,12
1 – 4 MW _{th}	0,46 – 0,53	0,72 – 1,23	0,72 – 0,97	0,77 – 1,18	0,73 – 0,9
4 – 10 MW _{th}	0,44 – 0,46	0,62 – 0,72	0,67 – 0,72	0,69 – 0,77	0,7 – 0,73

Abbildung 27: Spezifische Investitionskosten von Großwärmepumpen in Abhängigkeit der verwendeten Wärmequelle. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)

²⁴ Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung. 12.2021, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

²⁵ www.azv-em.de

²⁶ Praxisleitfaden Großwärmepumpen. 07.2023, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V

Zudem ist anzumerken, dass die Investitionskosten der Wärmepumpe nur ca. 50 % der Gesamtkosten ausmachen, wie in Abbildung 28 dargestellt.

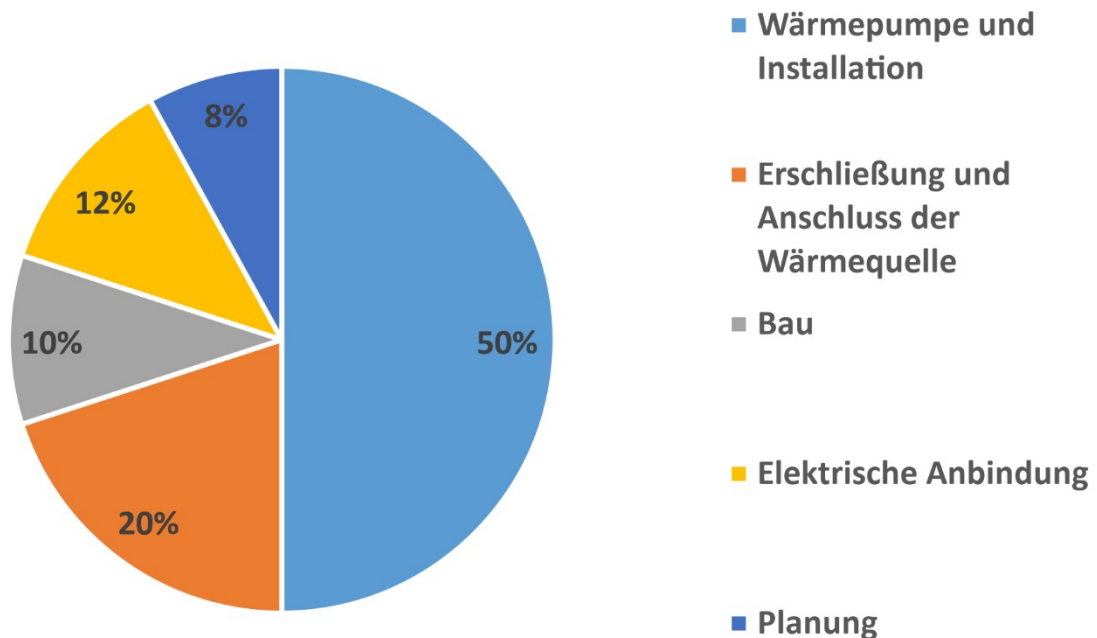


Abbildung 28: Aufteilung der Gesamtinvestitionskosten auf Einzelposten.
 Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)

Die Nutzungsdauer sowie die Kosten durch Wartung und Instandsetzung der drei verschiedenen Wärmepumpentechnologien gemäß VDI 2067 werden in Tabelle 20 gelistet.

Tabelle 20: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067

Wärmepumpe	Wartung- und Instandsetzungskosten	Nutzungsdauer nach VDI 2067
Luft/Wasser	2,5%	18,00
Sole/Wasser	2,5%	20,00
Wasser/Wasser	2,5%	20,00

4.4 Tiefe Geothermie

4.4.1 Hydrothermale Geothermie

Im Gegensatz zur oberflächennahen Geothermie nutzt die Tiefengeothermie die hydrothermalen Aquifere in mehreren Tausend Metern Tiefe. Durch mindestens eine Förder- und eine Reinjektionsbohrung wird warmes Wasser aus der Tiefe nach oben gefördert, die Wärme über Wärmetauscher abgegeben und anschließend wieder ins Erdreich zurückgepresst. Die gewonnene Wärme wird dann in ein Nah- oder Fernwärmenetz eingespeist. Ist das Temperaturniveau des Wassers ausreichend hoch (ca. 120 °C), kann auch Strom erzeugt werden. Die Stromerzeugung aus Tiefengeothermie hat gegenüber vielen anderen erneuerbaren Stromerzeugungsarten den Vorteil, dass sie grundlastfähig ist.

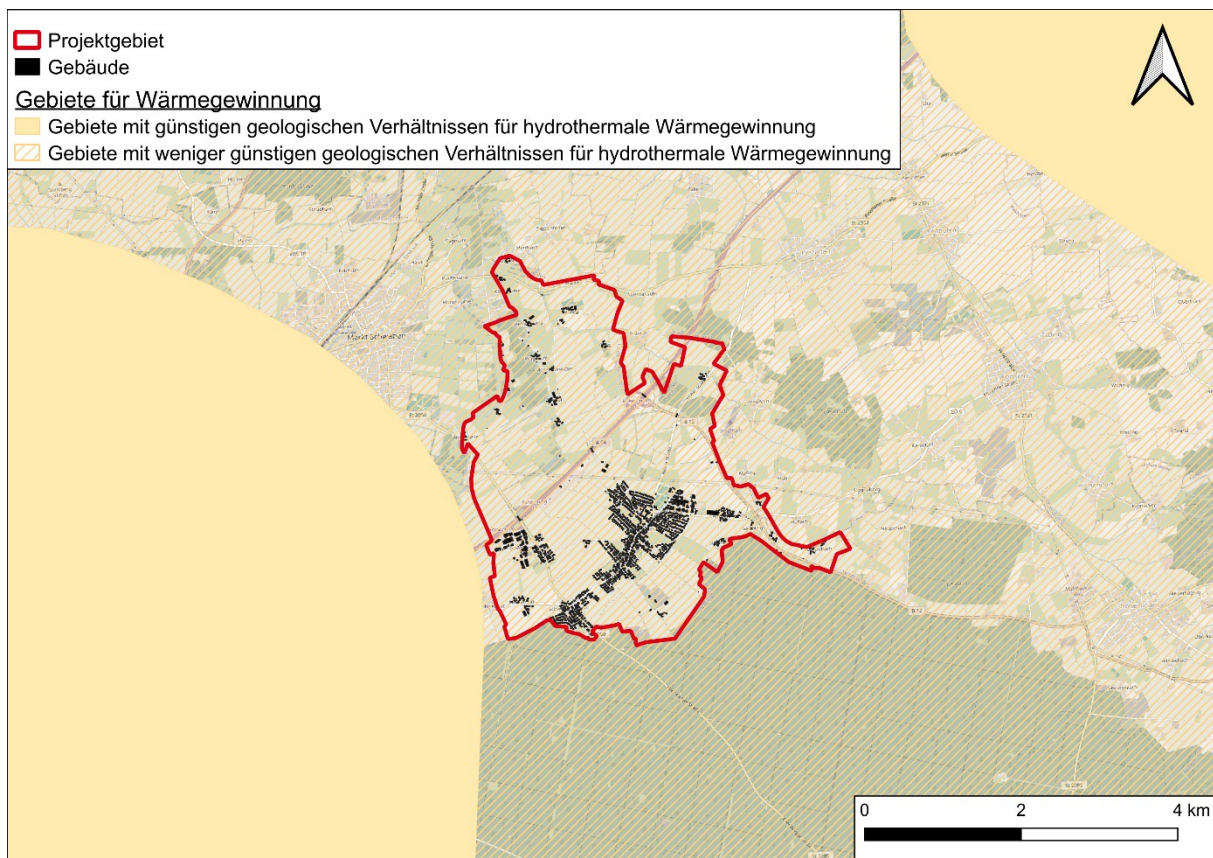


Abbildung 29: Übersicht der möglichen Gebiete für Tiefengeothermie im Markt Forstinning. Datenquelle: Energie-Atlas Bayern, Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Abbildung 29 erklärt, dass Forstinning in einem Gebiet mit weniger günstiger Geologie für die Nutzung von hydrothormaler Wärmeengewinnung liegt, was dadurch auch die hydrothermale Stromproduktion einschließt.

Laut Geothermischen Informationssystem (www.geotis.de) des Instituts für angewandte Geophysik liegt Forstinning über einem wärmeführenden Heißwasser-Aquifer, im Vertikalschnitt von

Osten nach Westen bei ca. 1.900 m Tiefe. Die Temperaturen in diesem Oberjura-Aquifer (Malm) liegen bei mind. 60 °C, was idealen Bedingungen für die hydrothermale Wärme Gewinnung entspricht. Eine Bohrtiefe von knapp 2 km ist bohrtechnisch problemlos erschließbar. Bevor Probebohrungen durchgeführt werden, müssen jedoch kostenintensive seismische Untersuchungen erfolgen. Generell ist das nötige Investment für die Tiefengeothermie-Technologie hoch und mit Risiken negativer Bohrungsergebnisse behaftet, dem Fündigkeitsrisiko. Hauptfaktoren des Fündigkeitsrisikos sind geologische Unsicherheiten, thermische Bedingungen und wirtschaftliche Risiken. Für eine genauere Einschätzung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials müssen tiefgreifende Analysen mit spezialisierten Ingenieurbüros und möglichen Investoren durchgeführt werden.

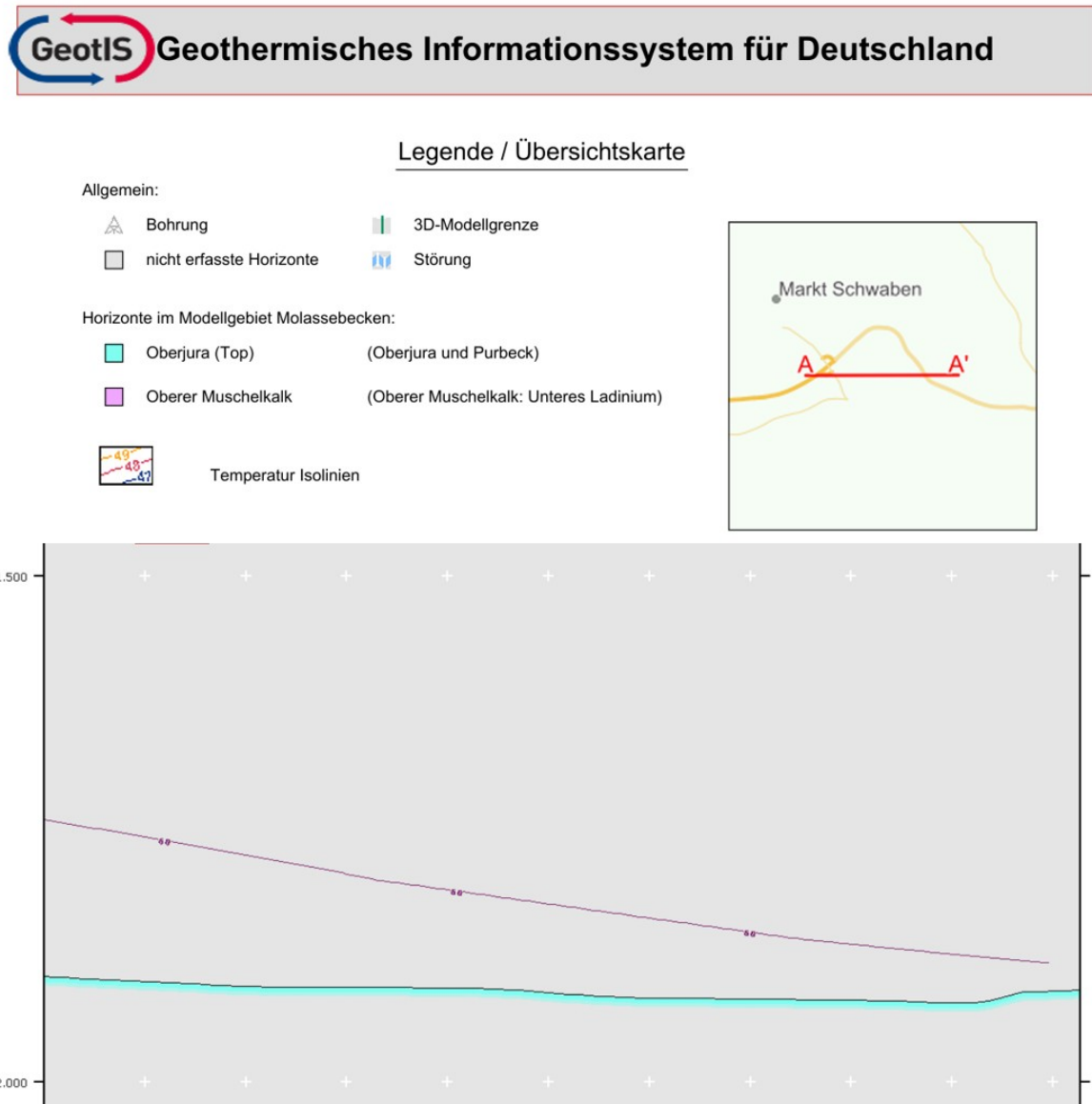


Abbildung 30: Tiefe des Aquifers (hellblau) in Forstinning: Quelle: GeotIS

Ein Beispiel für eine ähnliche Anlage ist die Geothermieranlage in Erding mit einer Bohrtiefe von ca. 2.300 m und einer Thermalwassertemperatur von 65 °C. Die installierte thermische Leistung beträgt 10,2 MW und versorgt 800 Kunden mit Wärme. Die Investitionskosten lagen dabei bei etwa 18,7 Mio. €. ²⁷ Entscheidend hierfür ist die Thermalwasser-führende Kalksteinschicht im Malmkarst. Abbildung 31 beschreibt das Thermalwasservorkommen im Vertikalschnitt Nord-

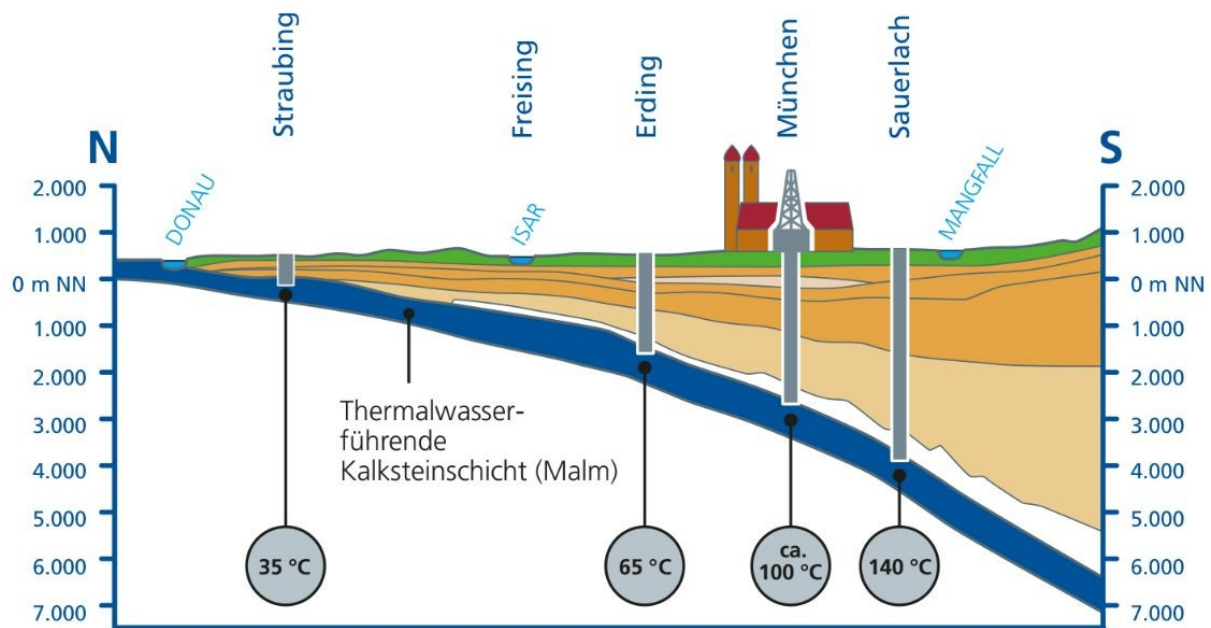


Abbildung 31: Aquifer im Malm in Bayern. Quelle: www.swm.de/unternehmen/geothermie Süd.

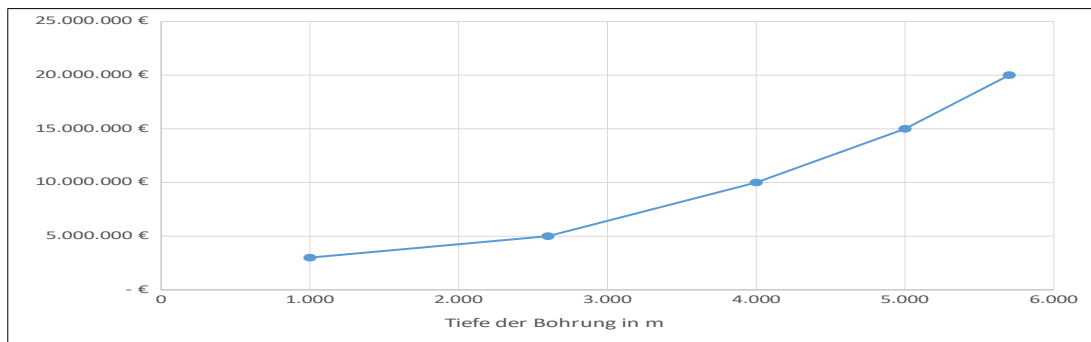
Die Kosten einer tiefen Geothermieranlage sind vor allem abhängig von den Bohrkosten. Eine Verteilung der Bohrkosten gemäß AGFW Praxisleitfaden 2023²⁸ wird in Abbildung 32 dargestellt.

²⁷ Erding | Informationsportal Tiefe Geothermie

²⁸ *Praxisleitfaden Tiefengeothermie*. 06.2023, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.

Die technische Nutzungsdauer einer Geothermieranlage variiert in der Literatur und in der Praxis zwischen ca. 20 und 30 (manchmal sogar bis zu 40) Jahren. Für die Wartung und Instandhaltung können jährlich ca. 26.000 €/MW gerechnet werden.

Wie aus dem Beispiel der Anlage in Erding deutlich wird, ist der Bau einer ähnlichen Anlage für die Gemeinde Forstinning völlig überdimensioniert und nicht wirtschaftlich aufgrund der zu geringen Wärmeabnahme. Die Nutzung der Tiefen Geothermie kann im Verbund mit umliegenden Kommunen aufgrund der Risikoverteilung und Investitionsaufteilung allerdings durchaus



eine Option sein, wie andere Regionen in der Umgebung zeigen (Aschheim-Feldkirchen-Kirchheim bei München).

4.4.2 Tiefe Erdwärmesonden

Eine weitere Option zur Nutzung der Tiefengeothermie ist die Einbringung von Tiefen Erdwärmesonden. Dabei werden diese Sonden mehr als 400 m tief in das Erdreich eingebracht und fördern Wärme an die Oberfläche, welche mit Hilfe von hocheffizienten Wärmepumpen auf die nötige Vorlauftemperatur für Heizanlagen gebracht wird, ggf. unterstützt durch BHKWs o. ä. Der Vorteil dieser Technik liegt darin, dass hier keine Heißwasser-Aquifere benötigt werden und damit das Fündigkeitsrisiko bei null liegt. Allerdings ist die erschließbare Leistung hier auf wenige hundert kW begrenzt, so dass sich diese Technik eher für einzelne Großverbraucher oder als Wärmequelle in kleinen Nahwärmenetzen eignet²⁹. In der Regel werden bereits vorhandene Tiefenbohrungen genutzt, um die Kosten gering zu halten und die Nutzung tiefer Erdwärmesonde wirtschaftlicher zu machen³⁰.

Gemäß Bohrpunktkarte der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe gibt es im Gemeindegebiet Forstinning keine Bohrung mit einer Teufe > 100 m. Lediglich 2 Bohrungen vom Jahr 2001 im Süden Forstinnings überschreiten die Bohrteufe von 25 m. Die Bohrtiefenbegrenzung, wie in Abbildung 21 dargestellt, ist hier ein entscheidender Faktor. Daher gibt es in Forstinning kein Potenzial für die Nutzung tiefer Erdwärmesonden.

²⁹ *Erdwärme – die Energiequelle aus der Tiefe*. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Stand: April 2016

³⁰ *Praxisleitfaden Tiefengeothermie*. 06.2023, AGFW, Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.

4.5 Biogas & Biomasse

Laut der Flächenerhebung³¹ aus dem Jahr 2023 bestehen in der Gemeinde Forstinning ca. 871 ha landwirtschaftliche Fläche (71,0 % der Gemeindefläche) und etwa 62 ha Wald (5,1% der Gemeindefläche). Insgesamt summiert sich die potenzielle Fläche für Biomasseproduktion auf 933 ha auf, was einen Anteil von 76,2 % der Gemeindefläche ausmacht.

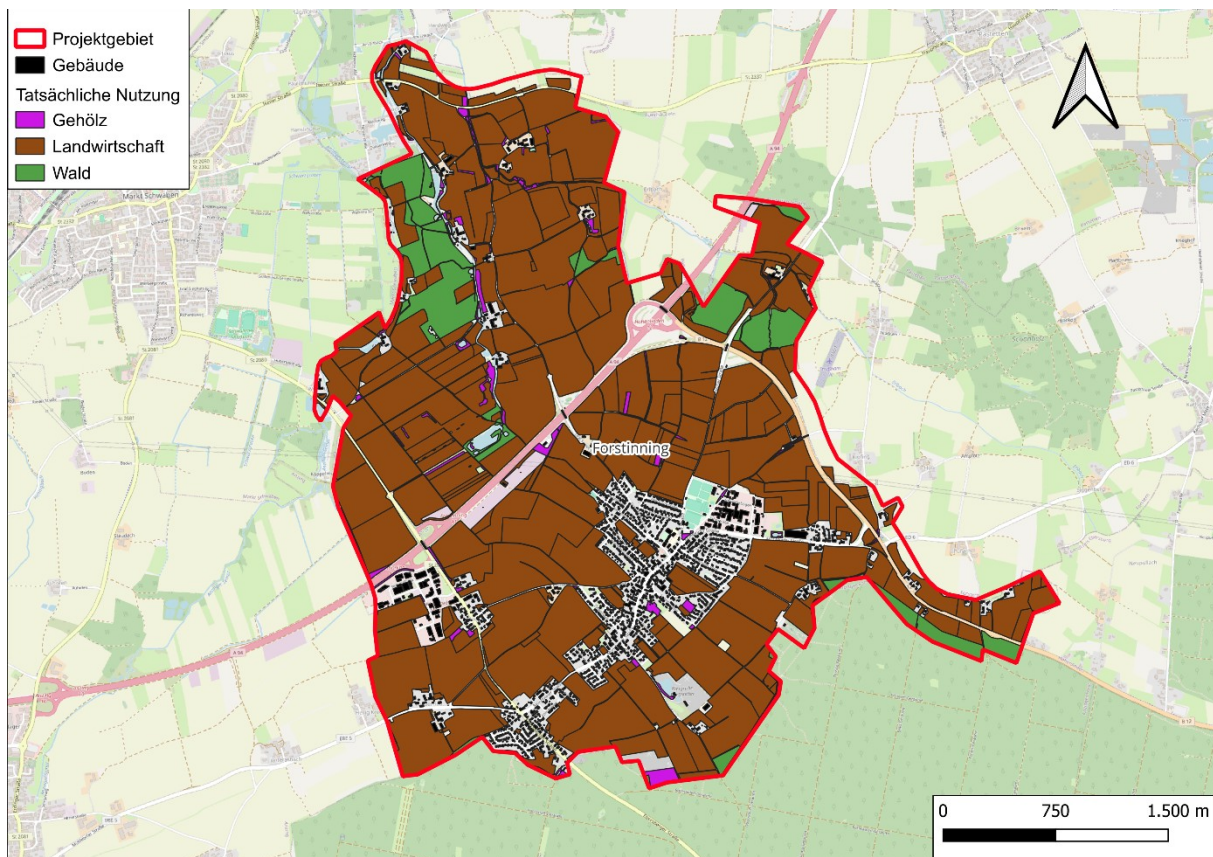


Abbildung 33: Verteilung der Gemeindeflächen in Wald- und Landwirtschaftsflächen. Quelle: LfU.

Laut Energie-Atlas Bayern existiert derzeit für die Gemeinde Forstinning ein Energiepotenzial aus Waldderholz von 2.800 GJ, also umgerechnet 778 MWh. Reduziert auf eine Flächeneinheit wären das 2 GJ/ha oder 0,06 kWh/m². Aus Flur- und Siedlungsholz könnte eine Energiesumme von 2.300 GJ bzw. 639 MWh generiert werden. Des Weiteren gibt es ein Ertragspotenzial für Pappeeln aus Kurzumtriebsplantagen von 25.760 GJ bzw. 7.156 MWh.

³¹ Statistik kommunal 2023 – Bayerisches Landesamt für Statistik, Fürth 2024

Tabelle 21 fasst alle Energiedaten des Biomassepotenzials zusammen.

Tabelle 21: Biomassepotenzial in Forstinning. Quelle: Energie-Atlas Bayern

Holzpotenzial	Energiepotenzial [MWh]
Waldderbholz	778
Flur- und Siedlungsholz	639
Ertragsholz für Pappeln	7.156
Summe	8.573

Da Forstinning überwiegend landwirtschaftliche Nutzflächen hat (vgl. Abbildung 33), ist vor allem das Ertragspotenzial für Pappeln auf Kurzumtriebsplantagen hoch. Dabei werden Ackerflächen mit geringer Ackerzahl (≤ 40) mit guter Wasserversorgung als geeignete Flächen für Kurzumtriebsplantagen ausgewiesen. Das Energiepotenzial von 7.156 MWh/a ist ein rein technisches Potenzial und gibt keine Auskunft über das Maß der bereits genutzten Fläche.³² Der Anteil an Biomassepotenzial würde aktuell nur gut 20 % am Gesamtwärmebedarf Forstinnings decken. Setzt man verstärkt auf den Energieträger Holz, so muss sich die Gemeinde überregional versorgen. Die südlich gelegenen Wälder des Anzinger und Ebersberger Forsts bieten in Summe ein Potenzial aus Waldderbholz von 21.611 MWh/a. Diese Waldgebiete sind Staatswälder, weswegen der Zugang zum Biomassepotenzial nur bedingt gegeben ist.

Das Biogaspotenzial gliedert sich nach Angaben des Energie-Atlas Bayern wie folgt auf.

Tabelle 22: Biogaspotenzial in Forstinning. Quelle: Energie-Atlas Bayern

<u>Sektor</u>	<u>Biogaspotenzial</u>
Pflanzliche Biomasse (Erntehaupt- und Nebenprodukte)	7.952 MWh/a (80,6%)
Organischer Abfall	568 MWh/a (5,8%)
Davon kommunales Biogut (Biotonne)	30,8%
Davon kommunales Grüngut	15,1%
Davon Organik im Hausmüll	18,1%
Davon gewerbliche organische Abfälle	29,4%
Davon Landpflegeabfälle	6,6%
Gülle und Festmist	1.340 MWh/a (13,6%)
Davon Gülle	62,5%

³² Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Davon Festmist	37,5%
Summe	9.860 MWh/a

In Summe liegt ein theoretisches Gesamtpotenzial aus Biomasse und Biogas von 18.433 MWh/a vor, was eine Deckung des Wärmebedarfs zu ca. 46,5 % bedeuten würde.

Beim Produkt Biomasse, sowohl fest als gasförmig, gibt es jedoch mehrere Probleme zu beachten. Bei dem Ausbau von klimaneutralen Heizanlagen werden immer mehr Hackschnitzelanlagen gebaut. Der Holzbestand in Deutschland kann diese wachsende Nachfrage nicht für immer abdecken. Es ist davon auszugehen, dass die steigenden Holz-Nachfragen und die damit verbundenen potenziellen Engpässe in der Biomasseproduktion zu steigenden Preisen führen werden. Trotz eines nennenswerten Biomassepotenzials gibt es derzeit (2025) keine Biomassenanlagen in der Gemeinde Forstinning.

Biogas ist zwar emissionsärmer als fossile Energieträger, jedoch nicht THG-neutral. Die Emissionen der Biogasproduktion und -verbrennung sind je nach Substrat unterschiedlich und liegen bei ca. 250 g CO_{2-E} pro kWh_{el}³³.

4.6 Thermische Abfallbehandlungsanlagen

Die Gemeinde Forstinning liefert ihren Restmüll an das Entsorgungszentrum „An der Schafweide“ in Ebersberg, wovon nicht recyclebare Anteile in eine Müllverbrennungsanlage in Burgkirchen weitergesandt werden. Die Errichtung einer eigenen Anlage ist daher als wenig sinnvoll zu erachten.

Die Gemeinde Forstinning ist Teil des Abwasserzweckverbandes Erdinger Moos. Sämtliches Abwasser wird zur AZV Erdinger Moos geleitet. Dementsprechend fällt in der Gemeinde kein Klärschlamm an, der zur Energiegewinnung verheizt werden könnte. Für Forstinning kommt diese Option somit zurzeit nicht in Frage.

³³ Was leisten Biogasanlagen für den Klimaschutz? Landwirtschaftskammer Niedersachsen. https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/24157_Was_leisten_Biogasanlagen_fuer_den_Klimaschutz

4.7 KWK-Anlagen

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet die gleichzeitige Generierung von Wärme und Elektrizität als nutzbare Energien. Aktuell werden solche Anlagen häufig mit fossilen Brennstoffen beheizt und als Option mit Hinblick auf das Ziel der Treibhausgasneutralität in 2045 nicht beachtet. Weitere Möglichkeiten der KWK sind z. B. thermische Verwertung von Abfällen und Klärschlamm, die beide ebenfalls nicht für Forstinning in Frage kommen, sowie ein biomassebasiertes BHKW, wobei auf das Potenzial von Biomasse in Kapitel 4.5 eingegangen wird. Sollte eine Tiefengeothermieranlage ausreichend heißes Wasser fördern, könnte damit ebenfalls eine KWK-Anlage betrieben werden, allerdings ist das Aquifer unter Forstinning dafür nicht heiß genug. Insgesamt ist das Potenzial für KWK also als gering einzustufen.

4.8 Wasserstoff

Wasserstoff ist heutzutage in der Wärmeversorgung ein umstrittenes Thema. Am 14.11.2023 wurden Pläne der Bundesregierung für den Ausbau von etwa 9.700 km Wasserstoffnetz angekündigt. Wasserstoff als klimaneutraler Energieträger für die Wärmeversorgung ist stark abhängig von der Verfügbarkeit von grünem Strom. Die Elektrolyse, die Aufspaltung der chemischen Verbindung zur Herstellung des Wasserstoffs, geschieht durch den Einsatz von Strom. Wird dies mit „grünem“ Strom gemacht, spricht man von ebenfalls von „grünem“ Wasserstoff. Es wird unterschieden zwischen 3 verschiedenen Elektrolyse-Methoden: AEL-Elektrolyse, HTE-Elektrolyse, und PEM-Elektrolyse. Jede Variante hat aufgrund der Material-, Temperatur- und Stromanforderungen unterschiedliche Kostenfaktoren und Wirkungsgrade³⁴.

Im Jahr 2023 wurde in der Gemeinde Forstinning nur 57 % des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt (vgl. Abbildung 2). Im Optimalfall wird die Wasserstoffelektrolyse mit überschüssigem grünem Strom durchgeführt. Die selbstständige Produktion von Wasserstoff über Elektrolyseure ist aus diesem Grund momentan in Forstinning nicht klimaneutral durchführbar.

Grüner Wasserstoff stellt aufgrund der Möglichkeit zur Speicherung mindestens zur Spitzenlastdeckung vermutlich zukünftig eine sichere und flexible Wärmeerzeugungsvariante dar. In Leistungsklassen und Flexibilität werden Wasserstoffkessel den heutigen Gaskesseln entsprechen.

Wasserstoff stellt sich aktuell noch nicht als wirtschaftlicher oder klimaneutraler Wärmeerzeuger dar. Da das Thema Wasserstoff Gegenstand der aktuellen Forschung ist, der Ausbau von erneuerbaren Stromerzeugern weiter voranschreitet und bereits Pläne zum Ausbau der Wasserstoffnetze in Deutschland angekündigt worden sind, ist es wahrscheinlich, dass sich diese Situation in den kommenden Jahren stark ändert. Die Gemeinde Forstinning ist nicht über ein Erd-

³⁴ Elektrolyse von Wasser zur Herstellung von Wasserstoff. TÜV-Nord, verfügbar auf <https://www.tuev-nord.de/de/unternehmen/energie/wasserstoff/herstellung/elektrolyse-von-wasser/>

gasnetz versorgt, weswegen die zentrale Versorgung über ein Wasserstoffnetz in naher Zukunft höchst unwahrscheinlich ist.

Eine Meta-Analyse von 54 unabhängige Studien³⁵ liefert sehr kritische Ergebnisse. Keine der 54 Studien ergibt Vorteile durch die Benutzung von Wasserstoff in privaten Heizungen. Einzelne Studien erkennen jedoch potenzielle synergetische Effekte bei der Benutzung in der Fernwärme. Für private Endkunden lagen der Median der simulierten Kosten vom Heizen mit Wasserstoff in den Studien bei +86 % im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugern. Daher zeichnet sich für Forstinning eine klare Strategie ab, wenn es um die Thematik Wasserstoff geht. Der Fokus sollte auf andere nachhaltige Wärmeerzeuger gesetzt werden.

4.9 (Groß)Wärmespeicher

Wärmespeicher gibt es heutzutage in zahlreichen Varianten. In diesem Kapitel wird zuerst kurz auf die verschiedenen Varianten und Möglichkeiten eingegangen.

4.9.1 Pufferspeicher

Pufferspeicher speichern Wärme (oder Kälte) über kurze Zeiträume. Im Normalfall sind hiermit einige Stunden bis maximal Tage gemeint. Pufferspeicher bestehen aus einem wassergefüllten Stahlbehälter, der außenseitig mit einer Wärmedämmung versehen ist. Pufferspeicher werden oberirdisch gebaut. In Fernwärmenetzen können Pufferspeicher für die kurzfristige Spitzenlastabdeckung genutzt werden. Pufferspeicher werden von sehr klein ($< 1 \text{ m}^3$ für Einfamilienhäuser) bis sehr groß (8.000 m^3) hergestellt. In Wärmenetzen werden normalerweise Pufferspeicher zwischen ca. 50 und 500 m^3 eingesetzt. Zudem werden oft, z. B. aus Platzgründen, mehrere kleinere Pufferspeicher gebaut.

4.9.2 Saisonalwärmespeicher / Langzeitwärmespeicher

4.9.2.1 Behälter

Behälter-Wärmespeicher (TTES) werden zum Großteil in den Boden integriert und aus Ortbeton gegossen. Die Innenseite des Behälters besteht aus Edelstahl- oder Schwarzstahlblech. Neuere Behälter gibt es mittlerweile auch ohne Beton und Stahlblech in GFK- oder Stahlkonstruktion. Der Boden, das Dach und die Wände eines Behälters sind mit Schaumglasschotter (Boden) oder Blähglasgranulat (Wand und Dach) gedämmt. Behälter-Wärmespeicher verfügen über Schichtbeladeeinrichtungen, um eine Abkühlung aufgrund von einer Durchmischung der Temperaturschichten zu vermeiden.

³⁵ Rosenow, J. (2023). A meta-review of 54 studies on hydrogen heating. Cell Reports Sustainability.

Das Medium von Behälter-Wärmespeicher ist Wasser. Behälter-Wärmespeicher können für drucklosen Konditionen oder für Innendruck-Konditionen angefertigt werden. Drucklose Behälter können Temperaturen bis etwa 95 °C aushalten. Zusätzlich befestigte Behälter können über 100 °C aushalten.

Behälter-Wärmespeicher werden erst ab einer Größe von 1.000 m³ energetisch effizient. Bereits errichtete Anlagen reichen bis zu ca. 12.000 m³. GFK-Konstruktionen reichen nur bis ca. 6.000 m³. Die Anlagen können in die Landschaft integriert werden, indem sie mit Bewuchs (z. B. Gras) versehen werden. Der aus dem Boden herauschauende Teil wird so nur als Grashügel wahrgenommen und ist für Personen begehbar. Der Boden soll eine hohe Belastbarkeit und einen tiefen Grundwasserstand (am besten unterhalb der Baugrubensohle) aufweisen.

Behälter-Wärmespeicher mit dem Medium Wasser weisen eine geringe Trägheit auf. Sie eignen sich somit gut für die schnelle Abdeckung von Spitzenlasten. Die Wärmespeicherkapazität von Behälter-Wärmespeichern liegt zwischen 60 und 80 kWh/m³ ³⁶.

4.9.2.2 Erdbecken

Erdbecken (PTES) sind im Vergleich zu Behälter-Wärmespeicher flacher und mit einer größeren Oberfläche. Erdbecken werden, wie der Name schon sagt, ebenfalls in den Boden eingebaut. Werden die Seitenwände mit einem Verbau (z. B. Spundwand, Berliner Verbau, Bohrpfahlwand) versehen, so kann der Boden ggf. flach sein. Lässt die oberflächennahe Geologie es zu, sind jedoch geböschte Varianten billiger in der Herstellung. Der Boden und die Wände des Erdbeckens werden entweder durch Blähglasgranulat oder durch Membranschalung gedämmt. Erdbecken der Übergrößen können sogar ohne Dämmung hergestellt werden. Das Dach des Erdbeckens wird entweder durch einen gedämmten schwimmenden oder durch einen gedämmten aufliegenden Deckel abgeschlossen.

Das Medium von Erdbecken besteht entweder aus reinem Wasser oder aus einer Mischung von Wasser und Kies, oder Wasser und Erdreich. Zwar ist die Wärmespeicherfähigkeit von reinem Wasser höher als von den gemischten Varianten, jedoch ist die Tragfähigkeit von Wasser geringer (wichtig für das Dach und deren Nutzbarkeit), und die entstehende Temperaturschichtung höher. Umso höher der Mischanteil ist, desto niedrigere Temperaturen werden erreicht, und umso mehr Trägheit bekommt das Medium (und somit weniger geeignet für eine schnelle Spitzenlastabdeckung). Für eine vergleichbare Wärmekapazität ist ein Erdbecken mit einem ge-

³⁶ *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

mischten Medium somit viel größer auszulegen, wofür die Baukosten jedoch geringer sind³⁷. In Erdbecken können Temperaturen von 80 - 95 °C erreicht werden^{38 39}.

Erdbecken können indirekt (Wasserkreislauf kommt nicht in direkte Berührung mit dem Medium) oder direkt beladen werden. Bei der direkten Beladung und Entnahme sind, je nach Mischanteil, Filter einzusetzen. Wird nur reines Wasser benutzt, können auch bei Erdbecken Schichtbeladeeinrichtungen eingesetzt werden.

Auch für Erdbecken gilt eine Mindestgröße von 1.000 m³. Bestehende Erdbecken reichen bis zu 230.000 m³. Der Boden soll wie bei den Behälter-Wärmespeicher eine hohe Belastbarkeit und einen tiefen Grundwasserstand (unterhalb der Baugrubensohle) aufweisen.

Die Wärmespeicherleistung von Erdbecken ist abhängig von der Mischung des Mediums. Erdbecken mit einer Wasser-Kies-Mischung erreichen Wärmespeicherkapazitäten von 30 – 50 kWh/m³ (1,3 – 2 Wasseräquivalent)⁴⁰.

4.9.2.3 Erdsonden

Erdsonden können sowohl als direkte Wärmequelle (vgl. Kapitel 4.3.1) als auch als Wärmespeicher fungieren. Voraussetzungen für Erdsonden sind unter anderem ein geeigneter geologischer Bodenaufbau. Der Wärmespeicherkapazität der Erdwärmesonden ist abhängig von den geologischen und hydrogeologischen Bedingungen. Grundwasserbewegungen können hohe Wärmeverluste verursachen. Je nach den Bedingungen kann der Untergrund bis ca. 80 - 90 °C erwärmt werden⁴¹. In Deutschland gibt es hierfür jedoch strenge Regeln (gemäß VDI 4640). Bei Speichertemperaturen über 40 °C sind Einflüsse auf konkurrierende Grundwassernutzungen bei der Anlagenplanung auszuschließen.

Erdwärmespeicher (BTES) werden in den Sommermonaten normalerweise durch Solarthermieanlagen oder ähnlichem mit Wärme befüllt. Die Wärme wird über das Medium Wasser durch die Erdsonden geführt, an das Verfüllmaterial abgegeben und nachfolgend an den Untergrund weitergegeben. Für die Wärmeentnahme wird die Strömungsrichtung umgedreht. Erdsondenfelder können von der Oberseite mit einer Deckschicht versehen werden, die das Eindringen von Oberflächenwasser verhindert. Eine Wärmedämmung kann zur Oberfläche hin eingerichtet werden, jedoch nicht in andere Richtungen.

³⁷ Ebd.

³⁸ Addous, M. A. *Berechnen der Größe von Wasserspeichern zum saisonalen Speichern von Wärme bei der abschließlichen Wärmeversorgung von Häusern mit Solarkollektoren* (Doctoral dissertation, Freiberg (Sachsen), Techn. Univ., Diss., 2006).

³⁹ *Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling*. 03/2020, IEA DHC

⁴⁰ *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

⁴¹ *Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling*. 03/2020, IEA DHC

Erdsondenfelder sind ab einem Speichervolumen von ca. 20.000 m³ sinnvoll, und erreichen Wärmedichten von ca. 15 – 30 kWh/m³ (3 – 6 Wasseräquivalent)⁴².

Der Untergrund von Erdsondenwärmespeicher zeigen eine hohe Trägheit auf, weswegen sie nicht für die Spitzenlastabdeckung geeignet sind. Die Vorteile von Erdsondenfeldern liegen vor allem in den geringeren Baukosten und den Erweiterungsmöglichkeiten.

4.9.2.4 Aquifer

Ein Aquifer-Wärmespeicher (ATES) ist abhängig von einem bereits bestehenden Aquifer im Untergrund, welcher mit Brunnenbohrungen erschlossen wird. Das Grundwasser, was geologisch eingeschlossen sein muss, dient als Speichermaterial. Nicht jeder Aquifer ist aufgrund seines Mindestvolumens und seiner Mindestschichtstärke als saisonaler Wärmespeicher geeignet. Für Aquifer-Wärmespeicher werden „kalte“ und „warme“ Brunnen eingesetzt. Für die Beladung des Aquifers wird das kalte Wasser entnommen, durch z. B. Solarthermieranlagen aufgeheizt, und in den warmen Brunnen eingeleitet. Es können sich im Untergrund horizontale und vertikale Temperaturschichten bilden⁴³. Der Großteil der geeigneten Aquifere liegt in Tiefen von mehr als 100 m, somit ist eine Wärmedämmung nicht möglich. Aufgrund der relativ hohen Wärmeverluste sind Aquifer-Wärmespeicher oft erst ab größeren Größen wirtschaftlich nutzbar.

Die Größe des Wärmespeichers ist komplett abhängig von der Größe des Aquifers. Von oben sind immer nur die Brunnen sichtbar. Die übrige Fläche ist weiterhin normal nutzbar. Die maximalen Speichertemperaturen sind von den lokalen Bedingungen (Wasserchemie) abhängig. Bei schlechten Bedingungen können Belagsbildung, Verstopfung, Korrosion und Lösungserscheinungen resultieren. Zudem sind die geochemischen und ökologischen Einflüsse von höheren Speichertemperaturen (70 – 120 °C) noch Teil der Forschung⁴⁴. In Bestandsprojekte wird bereits mit Temperaturen von bis zu 90 °C gearbeitet (Gouda)⁴⁵.

Tabelle 23: Übersicht der Eigenschaften der klassischen Saisonspeicheranlagen. Datenquelle: Saisonspeicher.de

Speichertyp	Medium	Max. Temperatur	Mindestvolumen	Trägheit	Wärmespeicherkapazität
-------------	--------	-----------------	----------------	----------	------------------------

⁴² *Saisonspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

⁴³ *Saisonspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

⁴⁴ Fleuchaus, P., Schüppler, S., Stemmler, R., Menberg, K., & Blum, P. (2021). Aquiferspeicher in Deutschland. Grundwasser, 26(2), 123-134.

⁴⁵ Addous, M. A. Berechnen der Größe von Wasserspeichern zum saisonalen Speichern von Wärme bei der ausschließlichen Wärmeversorgung von Häusern mit Solarkollektoren (Doctoral dissertation, Freiberg (Sachsen), Techn. Univ., Diss., 2006).

Behälter	Wasser	>100 °C	1.000 m ³	–	60 – 80 kWh/m ³
Erdbecken	Wasser / Wasser- Kies	95 °C	1.000 m ³	Wasser: – Wasser- Kies: +	Wasser: 60 – 80 kWh/m ³ Wasser-Kies: 30 – 50 kWh/m ³
Erdsonden	Unter- grund	90 °C	20.000 m ³	++	15 – 30 kWh/m ³
Aquifer	Grund- wasser	90 °C	Lokal zu bestim- men, meist sehr groß	+	30 – 40 kWh/m ³

4.9.2.5 Thermochemische Wärme- und Kältespeicher

Thermochemische Wärmespeicher basieren auf chemisch reversiblen Reaktionen sowie Ab- und Adsorptionsprozessen. Es können sehr hohe spezifische Wärmekapazitäten erreicht werden. Bei der Speicherbeladung werden chemische und / oder physikalischen Reaktionen durch zugeführte Wärme bewirkt. Die Entladung basiert auf der Umkehrbarkeit dieser Reaktionen. Je nach Medium können Temperaturen zwischen ca. 50 und 500 °C, oder sogar bis 1450 °C, erreicht werden. Diese Speichermethode ist somit gut geeignet für den Einsatz in Fernwärmenetzen.

Thermochemische Wärmespeicher können die Wärme über einen langen Zeitraum mit nur sehr wenigen Verlusten speichern. Es gibt jedoch noch sehr wenig thermochemische Wärmespeicher in Betrieb, da sie noch Bestandteil der aktuellen Forschung sind⁴⁶.

4.9.2.6 Latentwärmespeicher

Zu den Latentwärmespeichern gehören Eisspeicher und Phasenwechselmaterialien-Speicher (PCM-Speicher). Aufgrund von sehr geringen Betriebstemperaturen⁴⁷ eignen sich große Eisspeicher generell nur für den Einsatz in kalten Nahwärmenetzen.

PCM-Speicher werden zurzeit noch nicht in größeren Größenordnungen eingesetzt und sind für Wärmenetze Teil der aktuellen Forschung. PCM-Speicher basieren auf einer Speicherung und Freigabe von Wärme bei einem Phasenwechsel des Speichermediums. Je nach Medium werden sehr hohe spezifische Wärmespeicherkapazitäten erreicht. Es können Temperaturspannen zwischen -50 und 600 °C abgedeckt werden. Bei den etwas gängigeren Salzhydraten und Paraffinen werden Temperaturen zwischen 0 und 100 °C erreicht.

⁴⁶ *Thermische Energiespeicher für Quartiere*. 2021, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

⁴⁷ Ebd.

4.9.2.7 Power-to-Heat-Anlage (Elektrodenheizkessel)

Das Prinzip Power-to-Heat (PtH) basiert auf einer Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme. Dies kann zum Beispiel mit einem Widerstands-Heißwasserkessel oder mit einem Elektroden-Heißwasserkessel geschehen. Eine Kombination von Wasserspeicher und PtH-Anlagen kann unter Umständen die Wirtschaftlichkeit erhöhen und ist generell gut geeignet für die Abdeckung von Spitzenlasten. Diese Methode ist jedoch stark abhängig von (erneuerbarem) Strom und in welchen Mengen dieser kurzfristig vorhanden ist. Diese Elektrodenheizkessel sind für Anschlüsse zwischen 5 und 20 kV ausgelegt. Aktuelle Projekte zeigen Leistungsklassen zwischen 550 kW_{th} und 100 MW_{th}. Sie eignen sich bei Wärmenetzen mit Vorlauftemperaturen zwischen 80 und 130 °C⁴⁸.

⁴⁸ Ebd.

4.9.3 Potenzialflächen Wärmespeicher

Die Dimensionierung eines Wärmespeichers wird unter anderem durch den Wärmeerzeuger, die gesamte zu speichernde Wärmemenge sowie die Wärmeabnahme bestimmt. Dies, sowie die Sinnhaftigkeit eines Wärmespeichers, die abhängig ist von den aktuellen und zukünftigen Erzeugern und Verbraucherprofilen, wird erst in späteren Planungsschritten im Detail betrachtet und ist nicht Bestandteil der Potenzialanalyse.

Die Platzanforderungen der jeweiligen Wärmespeichermethoden können sehr unterschiedlich ausfallen. Wichtig ist jedoch, dass die Wärmespeicher nah am Wärmenetz, und optimalerweise nah am Betriebsstandort, platziert sind.

Erdsondenwärmespeicher können lediglich in den in Kapitel 4.3.1 erwähnten Flächen errichtet werden. Da Erdsondenfelder auch relativ gut in grüne Infrastruktur integriert werden können, ergeben sich hier auch Park- und Sportflächen (ohne Baumbewuchs) als Potenzialflächen. Der Platzbedarf ist abhängig von der Dimensionierung des Wärmespeichers.

Pufferspeicher und kleinere Behälterwärmespeicher können sehr gut auf Betriebsgeländen aufgebaut werden, solange ausreichend Platz zur Verfügung steht. Werden größere Behälterwasserspeicher oder Erdbeckenspeicher errichtet, so sind baumfreie Freiflächen notwendig. Je nach Ausführung können diese Anlagen ebenfalls gut in die grüne Infrastruktur integriert werden, wie es zum Beispiel in Augsburg oder Eggenstein gemacht wurde.



Abbildung 34: Kies-Wasser Erdbecken in Eggenstein. Bildquelle: Universität Stuttgart, Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung.

Die Kosten für Wärmespeicher richten sich nach der Komplexität der Herstellung sowie der Größe des Speichers. In Abbildung 35 werden die Kosten für verschiedene Saisonspeicher pro m³ anhand von Projekten dargestellt. In der Regel sind Saisonspeicher für eine Lebensdauer von 30 bis 50 Jahren ausgelegt⁴⁹

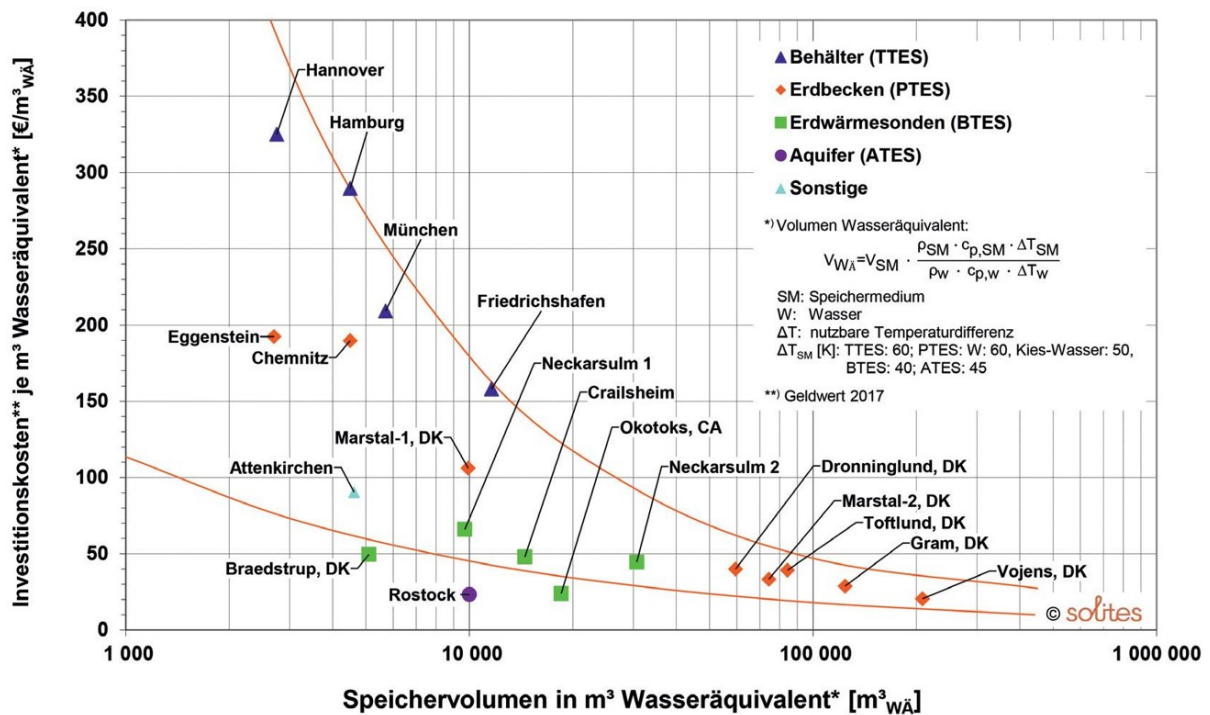


Abbildung 35: Investitionskosten verschiedener Saisonspeichervarianten in Abhängigkeit des Speichervolumens. Quelle: Saisonspeicher.de

⁴⁹ Saisonspeicher. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

4.10 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Die Verwendung von Elektrizität gewinnt auch in der Wärmeversorgung immer mehr an Bedeutung. Durch den zunehmenden Anteil privater Wärmepumpen steigt der Strombedarf an. Aber auch Großwärmepumpen, welche die Wärme von beispielsweise Boden, Grundwasser/Abwasser/Flusswasser oder Umgebungsluft nutzbar machen, benötigen beträchtliche Mengen an Strom für den Carnot-Kreisprozess. Die klassischen Medien der Stromgewinnung durch regenerative Energien sind Wind, Sonnenenergie und die Wasserkraft. Die Potenziale und Regularien dieser EE werden in diesem Kapitel analysiert.

4.10.1 Windenergie

Das dominierende Hauptkriterium für einen geeigneten Standort von Windenergieanlagen (WEA) ist die vorherrschende Windgeschwindigkeit. Sie geht mit der dritten Potenz in die zu gewinnende Energie ein. Bei einer Verdoppelung der Windgeschwindigkeit verachtfacht sich somit der Stromertrag:

$$P_{\text{wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3 \cdot c_p \cdot t$$

Mit:

$$P_{\text{wind}} = \text{Erzeugbare Windleistung} [W]$$

$$\rho = \text{Luftdichte} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$S = \text{Vom Rotor überstrichene Fläche} [m^2]$$

$$v = \text{Windgeschwindigkeit} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$c_p = \text{Leistungsbeiwert} \text{ ⚡}$$

$$t = \text{Zeit} [s]$$

Diese naturwissenschaftlich-technischen Rahmenbedingungen gelten sowohl für große WEA mit Nabenhöhen über 140 m als auch für so genannte Kleinwindenergieanlagen (KWEA). Letztere sind 10 – 50 m hoch und weisen geringere Leistungszahlen und damit auch geringere Ertragspotenziale auf. Es ist also in beiden Fällen entscheidend, einen Standort mit hohen, konstanten Windgeschwindigkeiten auszuwählen. Die Potenzialanalyse der Windenergie basiert auf dem bayerischen Windatlas im Energieatlas Bayern, dessen Datengrundlage räumliche Interpolationen von Windmessdaten unter Berücksichtigung des Reliefs und weiterer naturräumlicher

Bedingungen sind. Die Unsicherheiten dieser Daten wachsen daher einerseits mit zunehmendem Abstand zu den Messpunkten und andererseits mit der Heterogenität der Oberflächenbedingungen. Daher ist es durchaus möglich, dass es lokal gut geeignete Standorte gibt, die im Windatlas nicht als solche gekennzeichnet sind.

Neben den natürlichen Rahmenbedingungen sind die rechtlichen Vorgaben für eventuelle Windenergieanlagen zu beachten. Für Großwindenergieanlagen sind zurzeit keine Vorrangflächen oder Vorbehaltsgebiete im Gemeindegebiet ausgewiesen. Im Folgenden wird das technische Potenzial der gesamten Gemeinde betrachtet. Kleinwindenergieanlagen dürfen bis zu einer Nabenhöhe von 10 Metern verfahrensfrei installiert werden, zwischen 10 und 50 m Höhe besteht eine bauaufsichtliche Genehmigungspflicht. Ab 50 m Gesamthöhe handelt es sich um eine raumbedeutsame Windkraftanlage, d. h. es besteht eine immissionsschutzrechtliche Genehmigungspflicht (4. BImSchV).

Potenzial von Kleinwindenergieanlagen (KWEA)

Bezüglich des technischen Potenzials bildet Abbildung 36 die mittleren Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe ab. In der Regel wird ein Betrieb von Kleinwindkraftanlagen wirtschaftlich sinnvoll bei mittleren Windgeschwindigkeiten ab ca. 4 m/s⁵⁰. Bei dieser Geschwindigkeit erzeugt eine 600-Watt KWEA etwa 548kWh/a⁵¹. Diese Geschwindigkeiten werden laut Energieatlas Bayern bei Weitem nicht erreicht. Die höchsten Windgeschwindigkeiten in Bodennähe werden im Norden von Forstinning mit knapp 3 m/s erreicht.

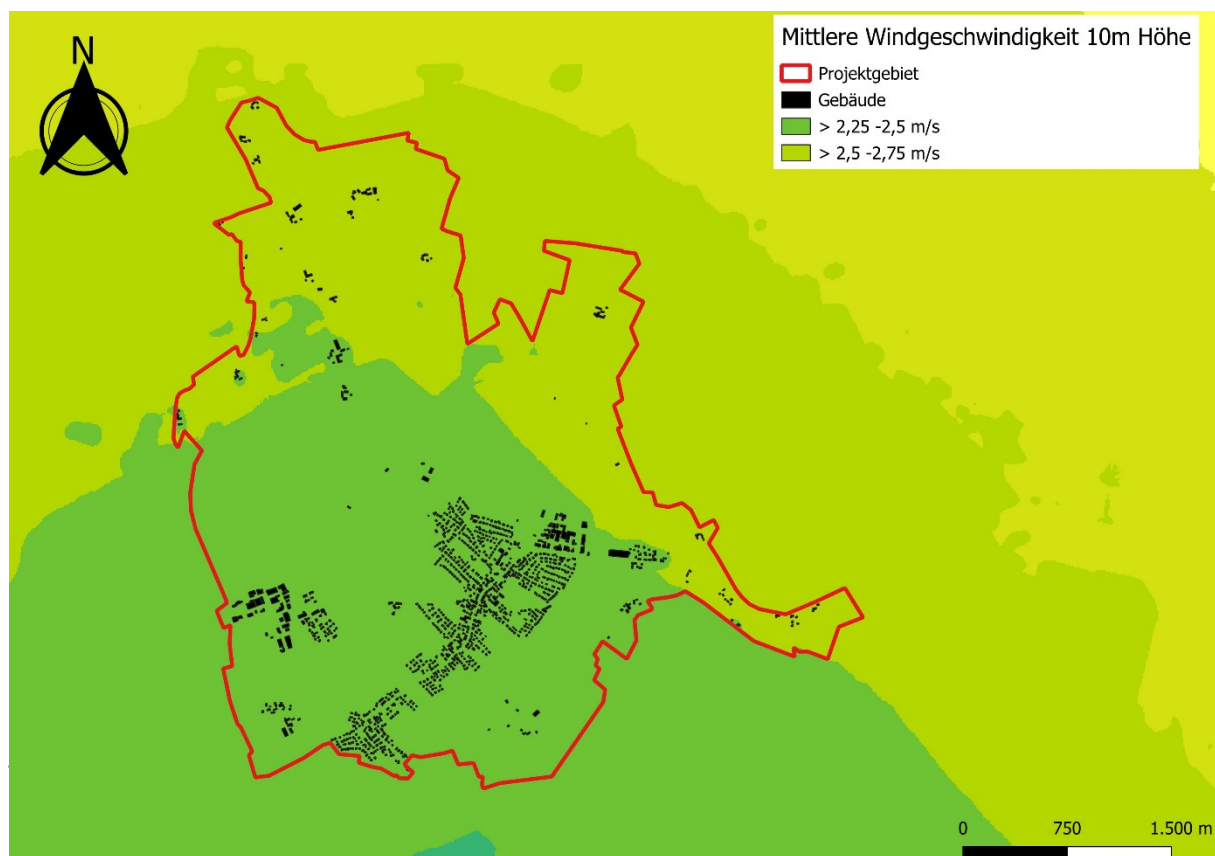


Abbildung 36: Mittlere Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe. Quelle: Energie-Atlas Bayern

KWEA sind daher in der Gemeinde Forstinning derzeit als nicht wirtschaftlich sinnvoll zu betrachten.

Potenzial von Großwindenergieanlagen (WEA)

Abbildung 37 stellt die mittleren Windgeschwindigkeiten in 140 Meter Höhe dar. Das Minimum für einen wirtschaftlichen Betrieb von Großwindenergieanlagen entspricht rund 5,5 m/s gemäß einer Studie des Umweltamtes der Stadt Wiesbaden⁵². Aus Abbildung 37 geht hervor, dass diese minimalen Anforderungen für wirtschaftlich attraktive Standorte in manchen Gemeindeteilen nur teilweise erreicht werden. Daher ist im Gemeindegebiet nur ein mäßiges Energiepotenzial für WEA erkennbar. Zudem wird dieses natürliche Potenzial durch rechtliche Vorgaben hinsichtlich der Abstände zur Wohnbebauung begrenzt.

Eine einzige Großwindkraftanlage mit 3 MW installierter Leistung liefert bei realistischen 1.800 Volllaststunden einen Ertrag von 5.400 MWh/a. Das entspricht 35,4 % des gesamten Strombedarfs. Damit wären 3 solcher Großwindkraftanlagen nötig, um den Stromverbrauch in Forstinning bilanziell vollständig über vor Ort erzeugten erneuerbaren Strom abzudecken. Der Flächenbedarf einer solchen Anlage mit einem Rotordurchmesser von ca. 100 m (z. B. Enercon E-101) liegt dabei im Bereich von ca. 117.810 m² ($\pi \times 2,5 \text{ Rotordurchmesser} \times 1,5 \text{ Rotordurchmesser}$)⁵³.

Für eine tatsächliche Potenzialabschätzung und Wirtschaftlichkeitsberechnung sind detaillierte und längere Messungen in der entsprechenden Höhe nötig. Derzeit nimmt der Ausbau der Windenergieanlagen in Bayern aufgrund der geänderten Abstandsregel zu. Wichtig bei der Planung sind eine breite Akzeptanz sowie die Einbeziehung der Bürgerschaft und der Nachbargemeinden.

Im Juni 2023 wurde festgelegt, dass in Wäldern, in der Nähe von Gewerbegebieten, an Autobahnen, Bahntrassen und Wind-Vorbehaltsgebieten der Abstand der Windräder zur Wohnbebauung lediglich 1000 Meter betragen muss. In Wind-Vorranggebieten wird dieser Abstand auf rund 800 Meter zur Wohnbebauung weiter verringert⁵⁴. In der Gemeinde sind solche Gebiete nur entlang der Autobahn A94 denkbar.

Die Gebietskulisse des Energie-Atlas Bayern auch entlang der A94 wenige bedingt geeignete Flächen, die besonders zu prüfen sind, oder in der Regel nicht geeignete Flächen (Ausschlussflächen) an.

⁵² *Windpotentialstudie Wiesbaden*. 20.02.2009, JH Wind, im Auftrag des Umweltamt der Stadt Wiesbaden

⁵³ *Überblick Windenergie an Land: Anlagenhöhe | Flächenbedarf | Turbinenanzahl*. 03.2019. Fachagentur Windenergie an Land e.V.

⁵⁴ Pressemitteilungen, 09.11.2022, Pressereferat Bayerische Staatsregierung: „Am 16. November treten die geänderten 10H-Regelungen in Kraft – Die Nachfrage nach neuen Windenergieprojekten ist bereits gestiegen“

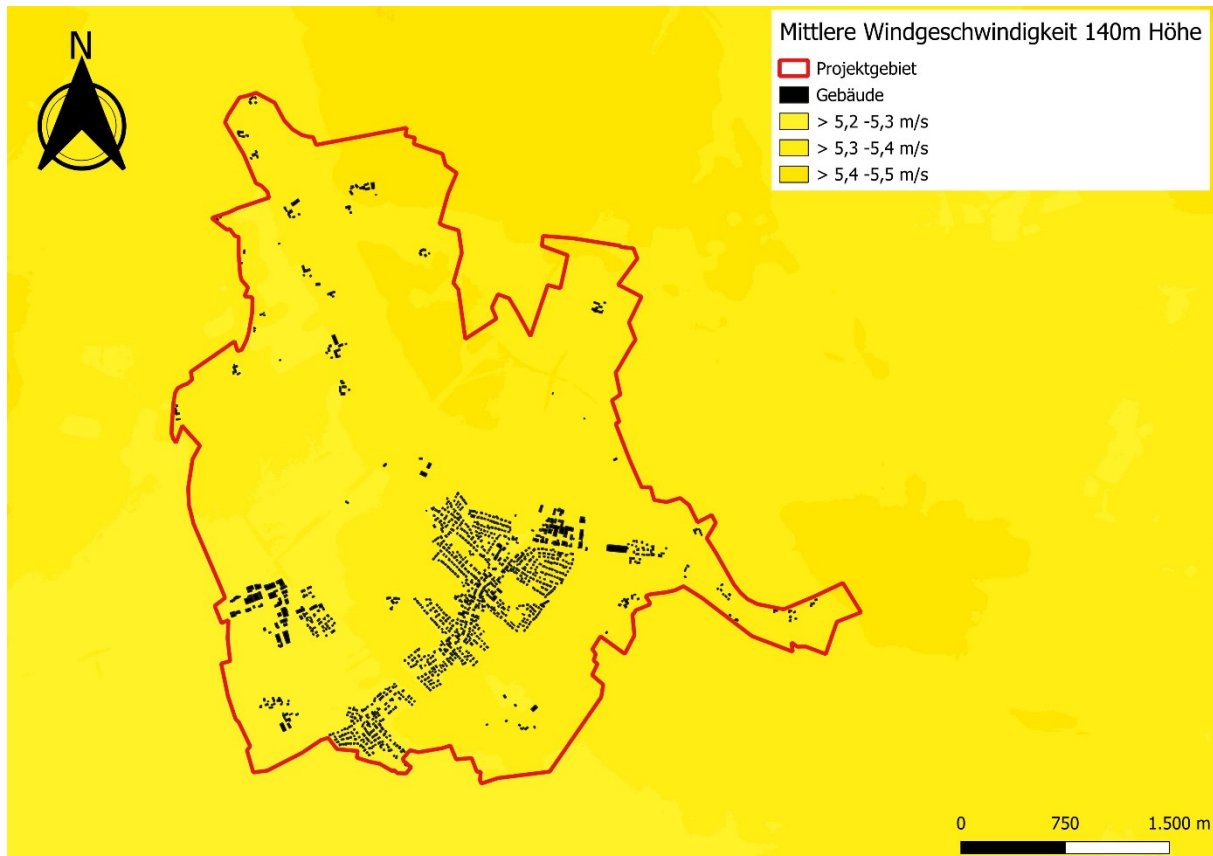


Abbildung 37: Mittlere Windgeschwindigkeiten in 140 m Höhe. Quelle: Energie-Atlas Bayern

4.10.2 Wasserkraft

Das Potenzial der Stromerzeugung durch Wasserkraft ist vor allem von der Durchflussmenge (Q) und der Fallhöhe (H) des Wasserkraftwerks abhängig. Die Durchflussmenge beschreibt die Wassermenge, die zu jeder Zeit durch die Turbinen fließt, und die Fallhöhe ist die Höhendifferenz zwischen Oberwasser und Unterwasser. Der Druck des Wassers steigt mit zunehmender Fallhöhe, und Wasserkraftwerke werden daher oft in drei Druckklassen eingeteilt. Bis 25 m wird das Kraftwerk als Niederdruckkraftwerk bezeichnet, bis 100 m als Mitteldruckkraftwerk und bei Fallhöhen über 100 m als Hochdruckkraftwerk⁵⁵. Abhängig von der Durchflussmenge und der Fallhöhe werden unterschiedliche Turbinenarten eingesetzt, deren Aufbau die optimale Ausnutzung des Wasserstroms sicherstellt. Die Kaplan-Turbine eignet sich bei niedrigen Fallhöhen (bis 40 m) und großen Durchflussmengen und wird hauptsächlich in Laufkraftwerken eingesetzt. Die Francis-Turbine wird sowohl bei Laufkraft- als auch Speicherkraftwerken verwendet und eignet sich für mittlere Fallhöhen (10-200 m) und Durchflussmengen. Die Francis-Turbine ist somit auch der am weitesten verbreitete Turbinentyp. Für die größten Fallhöhen (80-1000 m) und die geringsten Durchflussmengen eignet sich die Pelton-Turbine am besten⁵⁶.

⁵⁵ Funktionsweise und Technik eines Kraftwerks. Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke (BDW) e.V.

⁵⁶ Leistungen. WWS Wasserkraft.

Wie in Kapitel 4.3.2 beschrieben, verfügt die Forstinninger Sempt über einen mittleren Durchfluss von ca. $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Daher ist die kommerzielle Installation eines Wasserkraftwerks nicht sinnvoll.

4.11 Gegenüberstellung der Potenziale

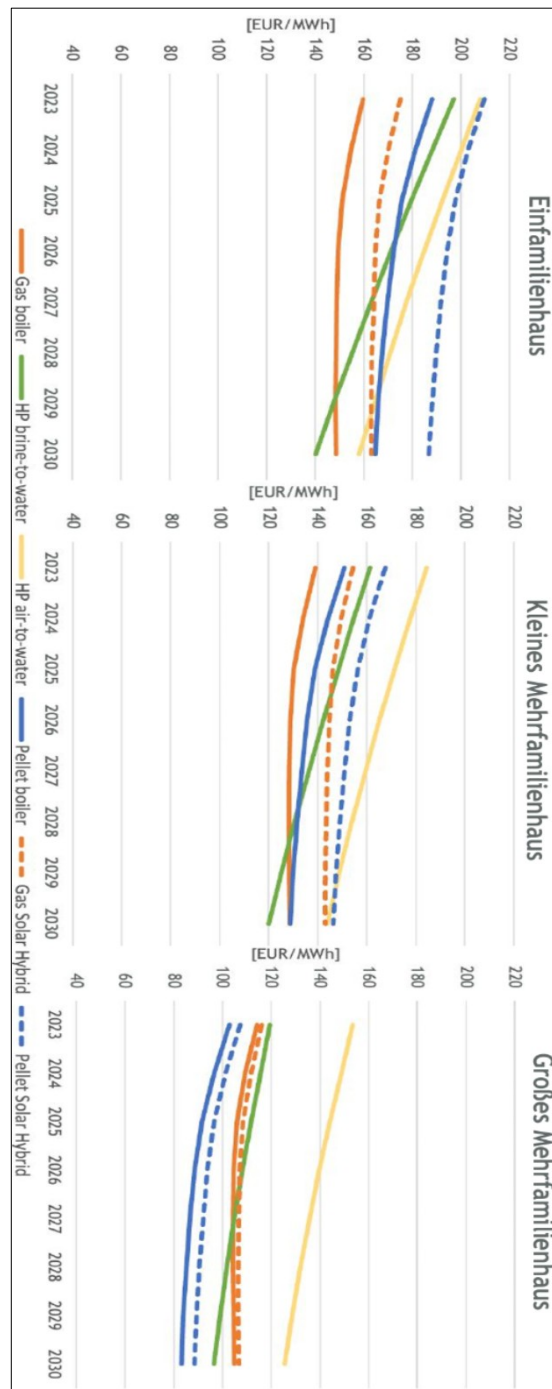
Die Vor- und Nachteile der jeweiligen Potenziale werden in Tabelle 24 kurz zusammengefasst.

Tabelle 24: Vor- und Nachteile der erneuerbaren Energieträger

Energieträger	Vorteile	Nachteile
Solarthermie/ Photovoltaik	- Nahezu CO₂-neutral - Langlebigkeit - Hohe Vorlauftemperaturen möglich (110 °C)	- Teure Installation - Wärme oft dann verfügbar, wenn nicht benötigt - Funktioniert meist nicht als Komplettversorgung
Biomasse	- Großflächig verfügbar und installierbar - Hohe Temperaturen - Günstiger Energieträger	- Zunehmende Nachfrage - Sinkende Qualität - Nur bei Einsatz von nachhaltiger Biomasse CO₂-neutral
Luftwärmepumpe	- Fast überall installierbar - Im Sommer: hoher COP	- Im Winter niedriger COP - Vorlauftemperatur < ca. 85 °C - Lärmpegel
Erdsonden/-kollektoren	- Hoher COP erreichbar - Konstante Quelltemperaturen	- Auskühlung des Bohrlochs - Viele Restriktionen für Installation - Hohe Investitionskosten
Grundwasserwärmepumpe	- Hoher COP erreichbar - Konstante Quelltemperaturen	- Viele Restriktionen für Installation - Hohe Investitionskosten
Flusswasserwärmepumpe	- Hoher COP erreichbar - Sehr hohe Leistungen möglich - Nahezu ganzjährig verfügbar	- Restriktionen für Installation - Kompliziertes Genehmigungsverfahren - Hohe Investitionskosten - Ggf. Ausfallzeiten bei niedrigen Temperaturen (Grundeisbildung)
Abwasserwärmepumpe	- Hoher COP erreichbar - Ganzjährig gut nutzbare Temperaturen	- Nur ab bestimmten Rohrdurchmesser und Abflussmengen installierbar - Evtl. hoher Reinigungsaufwand
Wasserstoff	- Weiternutzung des Großteils bestehender Infrastruktur (Gasnetz, Gastherme auf H₂-Ready) - Sehr flexibel - Hohe Temperaturen erreichbar	- Derzeit noch hohe Kosten für den Endkunden - Momentan noch nicht klimaneutral - Generell im Industriesektor mehr benötigt

Tiefengeothermie	- Evtl. hohe Temperaturen erreichbar - Im Betrieb sehr zuverlässig und kosteneffizient	- Sehr hohe Investitionskosten - Fündigkeitsrisiko
-------------------------	---	---

Nachfolgend werden die Wärmegestehungskosten für typische dezentrale Versorgungsfälle gemäß einer Studie des Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln dargestellt⁵⁷.



⁵⁷ Abbildung 38: Wärmegestehungskosten in einem mittleren Preisszenario nach Gebäudetypen in Deutschland gemäß Studie des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln

5. Zielszenario für Forstinning

In Abstimmung mit der Gemeinde Forstinning wurde für das Gemeindegebiet ein Zielszenario entwickelt. Die Bestands- und Potenzialanalyse bildet die Grundlage dieser Einteilung. Aus dem Wärmekataster der Bestandsanalyse wurden Wärmelinien-dichten ($\text{kWh}/(\text{m}^*\text{a})$) bei Anschlussquoten von 70 % erstellt. Die Wärmelinien-dichten (Wärmebedarf pro (Trassen-)Meter) liefern erste Erkenntnisse über die Wirtschaftlichkeit und die technische Eignung von potenziellen Wärmenetzen.

Wärmelinien-dichte [MWh/m*a]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0–0,7	Kein technisches Potenzial
0,7–1,5	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
1,5–2	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
> 2	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z. B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)

Abbildung 39: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit der Wärmelinien-dichte
gemäß KWW Handlungsleitfaden Wärmeplanung

menetzen.

Im Vorfeld der Wärmeplanung wurde für Gebiete, die auf den ersten Blick mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für die Versorgung durch ein Wärmenetz geeignet erscheinen, eine Eignungsprüfung durchgeführt. Dabei ist vor allem der nördliche Teil Forstinning nennenswert, wo die Siedlungsstruktur aus einzelnen Weilern besteht und so durch den niedrigen Wärmebedarf eine wirtschaftliche Nutzung von Wärmenetzen nicht gegeben ist. Da die verkürzte Wärmeplanung für das in Abbildung 40 dargestellte Gebiet nahezu keinen Aufwand einsparen würde, wurde dieses Teilgebiet wie das restliche Gemeindegebiet behandelt.

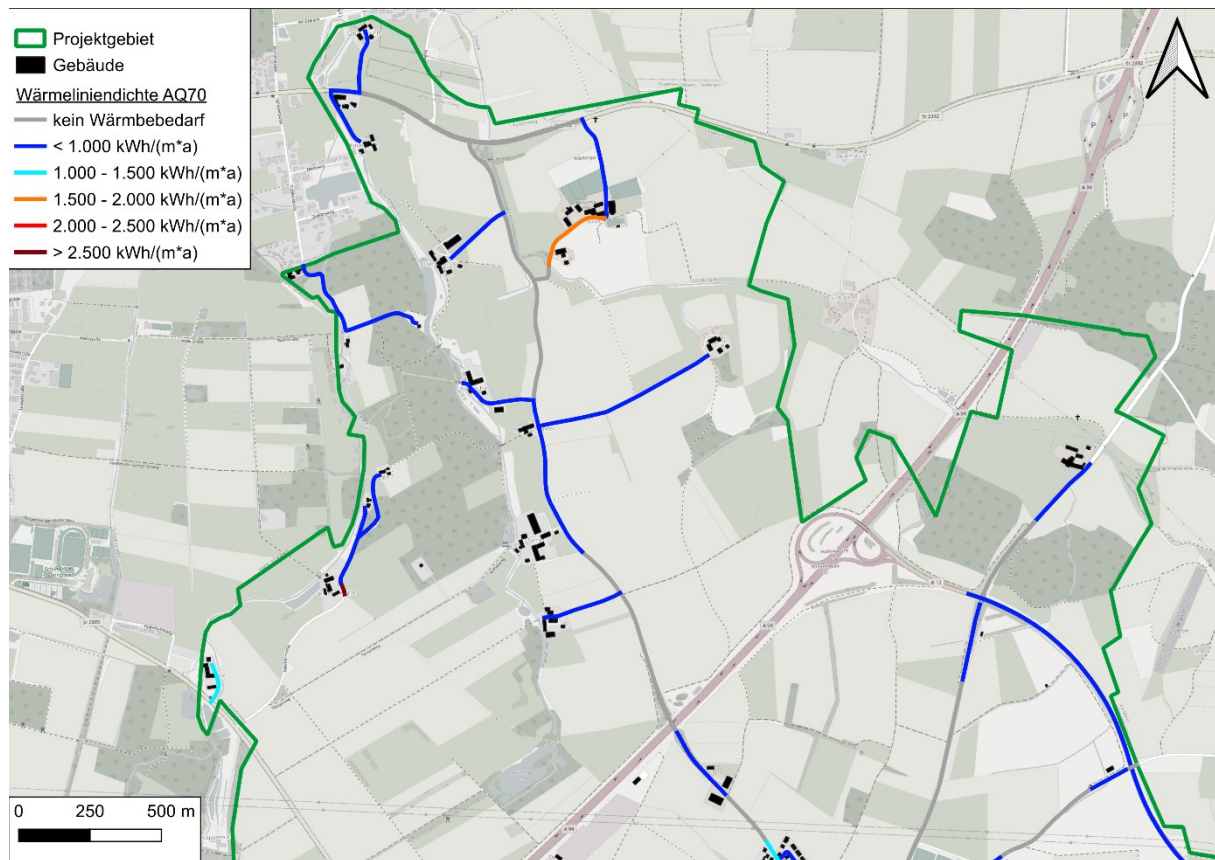


Abbildung 40: Wärmelinienindichten des nördlichen Gemeindeteils Forstinnings (Eignungsprüfung)

An den Wärmelinienindichten wird ersichtlich, dass im Nordteil von Forstinning kein Wärmenetz (> 16 Gebäude oder > 100 Wohneinheiten) wirtschaftlich betrieben werden kann. Jedoch sind Gebäudenetze (bis zu 16 angeschlossene Gebäude) möglich und erwünscht. Diese Gebäudenetze erfordern jedoch die Eigeninitiative der Anwohner. Neben den Gebäudenetzen ist die dezentrale Wärmeversorgung, also die Selbstversorgung mit Wärme durch die Eigentümer, die einzige Lösung.

Der südliche Teil Forstinning hingegen ist aufgrund seiner dichteren Siedlungsstruktur vielversprechend. Im Fokus sind der Ortskern Forstinning, die Gewerbegebiete Forstinning-Ost und Forstinning-Moos sowie der Gemeindeteil Schwaberwegen im Südwesten. Für Wärmenetze sind Anschlussquoten von 70 % (AQ70) sehr ambitioniert, diese Werte werden für gewöhnlich nur teilweise erreicht. Unter dieser ambitionierten Annahme wurde für den Südteil Forstinnings eine Karte mit den Wärmelinienindichten bei einer AQ70 auf Basis des Wärmekatasters entwickelt.

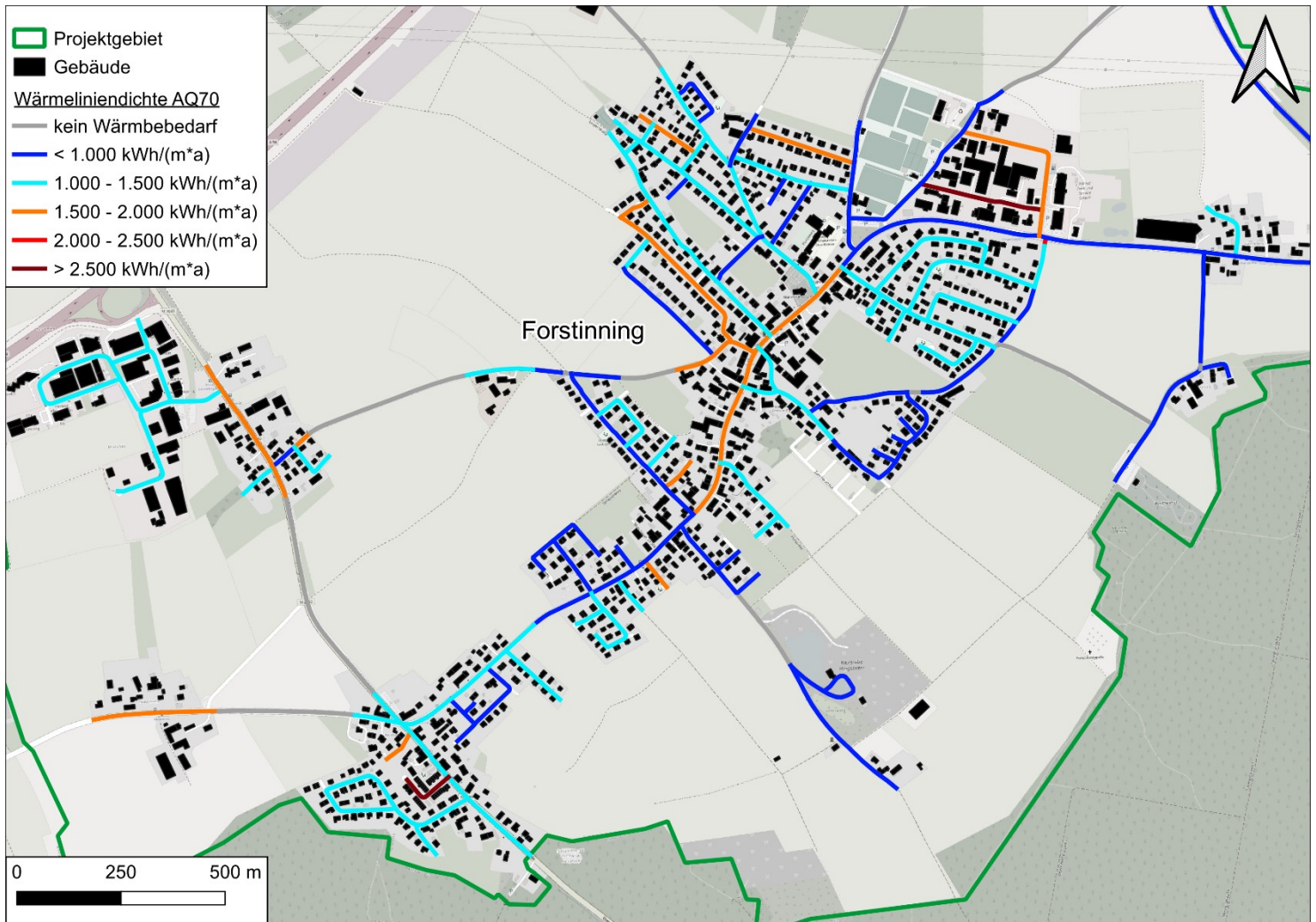


Abbildung 41: Wärmelinienendichten für Forstinning-Süd

Die Skalierung der Wärmelinien reicht von blau, hellblau über orange und rot schließlich zu den größten Werten in tiefrot ($> 2.500 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$). In Abbildung 41 wird deutlich, dass in Forstinning nur wenige Straßenabschnitte in rot oder tiefrot resultieren. Die Lindenstraßen in Schwaberwegen umfasst einige Mehrparteienhäuser und hat daher eine gute Wärmelinienendichte von ca. $2.800 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Die umliegenden Gebiete liefern mit niedrigen Wärmelinienendichten $< 1.500 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ keine überzeugenden Argumente für den Aufbau eines neuen Wärmenetzes.

Weitere mäßig gute Wärmelinienendichten befinden sich entlang der Münchener Straße (ca. $1.850 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) in Verbund mit der Von-Mezzi-Straße (ca. $1.600 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$). Die Münchener Straße ist eine neusanierte Kreisstraße mit diversen leerstehenden Gebäuden. Diese sind zwar über das Wärmekataster bereits in den Wärmelinienendichten integriert, wären aber mit Wärmebedarf im Rahmen der Wärmenetztauglichkeit von großer Bedeutung. Zudem benötigt die Verlegung der Rohre für das Wärmenetz einen gewissen Platzbedarf (Tiefbau, Schweißarbeiten), der aktuell aufgrund recht voller Sparten nicht gegeben ist. All diese Aspekte stellen zusätz-

liche Hürden dar, sodass die Errichtung eines Wärmenetzes hier nicht mehr empfohlen werden kann.

Das Gewerbegebiet Forstinning-Moos bietet nach erster Betrachtung keine ausreichenden Wärmelinienindichten für das bebaute Gebiet. Zudem versorgen sich hier bereits einige Unternehmen über Grundwasserwärmepumpen.

Am vielversprechendsten ist das Gewerbegebiet Ost. In diesem Gebiet konnten von einigen Firmen reale Wärmeverbrauchsdaten bezogen werden. Entlang der Jahnstraße summiert sich eine Wärmelinienindichte von ca. 2.700 kWh/(m²a), der Gewerbebogen unterstützt dieses Fokusgebiet mit einer Wärmelinienindichte von ca. 1.800 kWh/(m²a). Wenige hundert Meter entfernt befindet sich die stillgelegte Gärtnerei Plantaphilia, welche nun gewerblich umfunktioniert wurde und einen nennenswerten Wärmebedarf zu diesem Fokusgebiet beiträgt.

Zusammenfassend kristallisiert sich also im gesamten Gemeindegebiet Forstinning ein Fokusgebiet heraus, welches für die Errichtung eines Wärmenetzes technisch geeignet ist. Abbildung 42 löst diese Beschreibung räumlich und farblich auf.

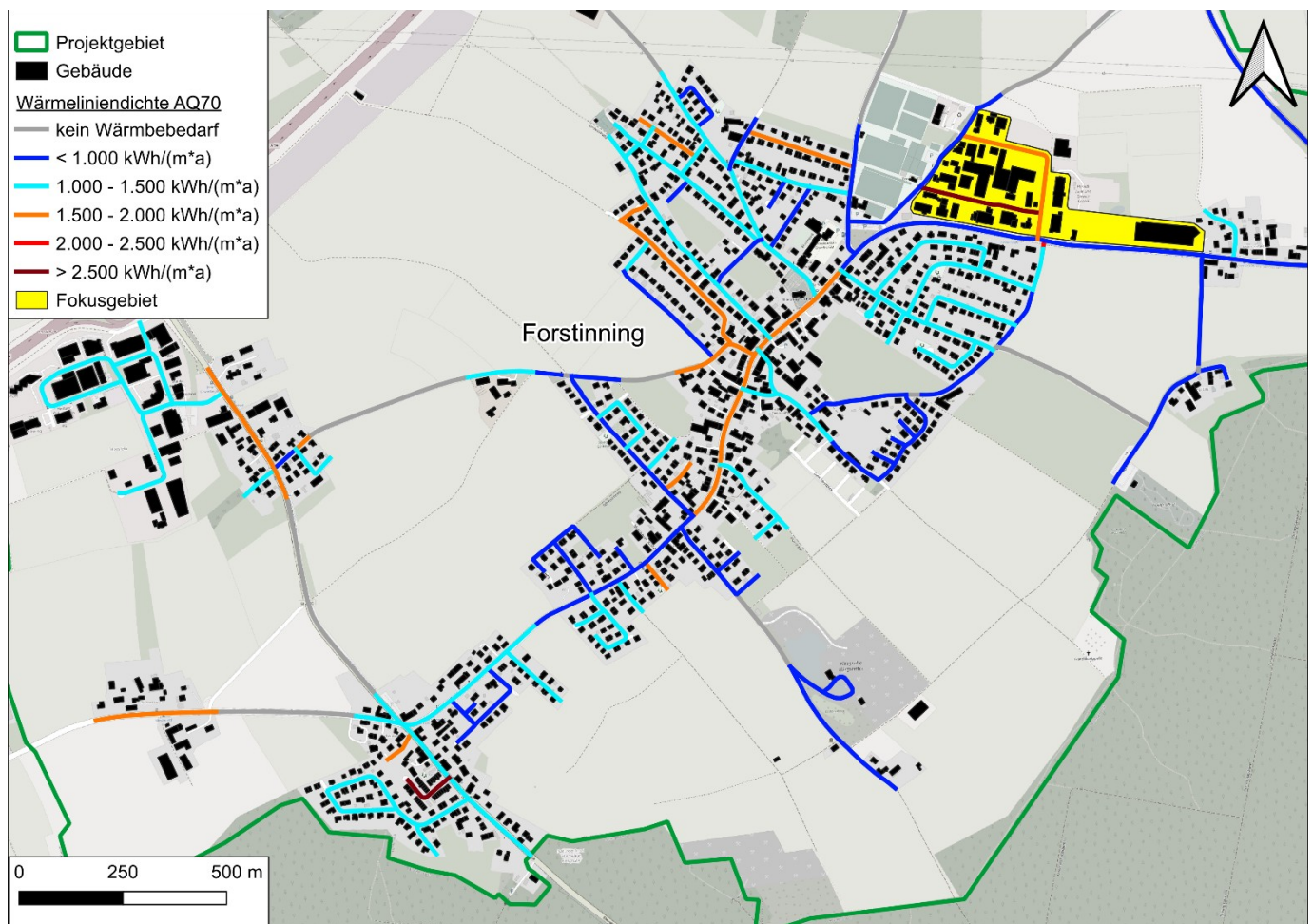


Abbildung 42: Fokusgebiet in Forstinning

Das Fokusgebiet im Gewerbegebiet Ost umfasst 40 Gebäude mit überwiegend gewerblicher Nutzung mit wenigen Betriebsleiterwohnungen. Der Wärmebedarf in dieser gelb markierten Fläche beträgt ca. 3.778 MWh/a. Energieträger für eine nachhaltige Versorgung dieses potenziellen Wärmenetzes sind z. B. Biomasse, Solarenergie (PV, PVT, Solarthermie) oder die Nutzung der Grundwasserwärme. Detailliertere Versorgungsstrategien sind Teil der Machbarkeitsstudie.

Für das gesamte Gemeindegebiet sind nach Bewertung der Wärmeliniendichten mit Ausnahme des Gewerbegebiets Ost Wärmenetze nicht wirtschaftlich. Die Eigentümer in Forstinning müssen sich also dezentral und selbständig mit Wärme versorgen.

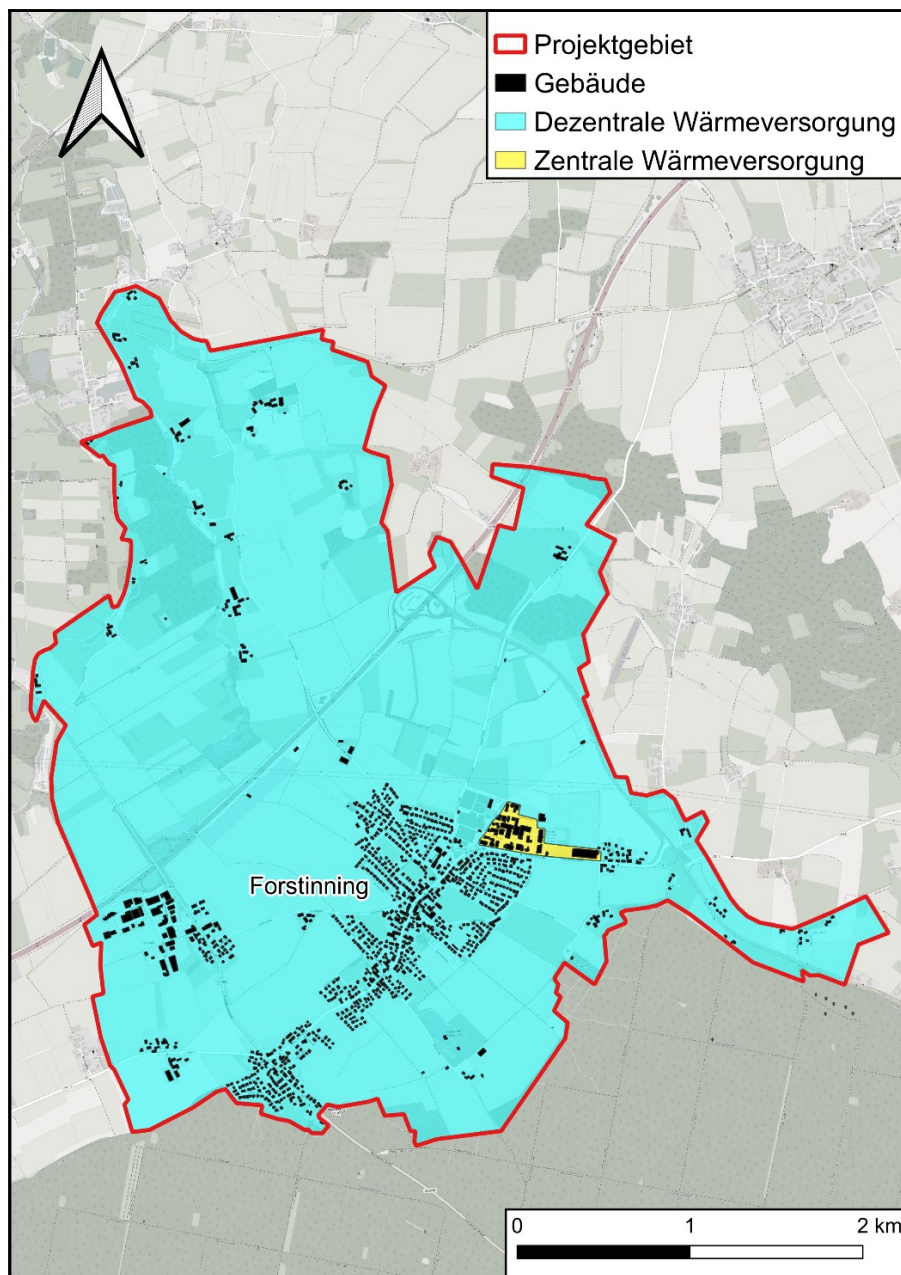


Abbildung 43: Überblick der Gemeindegebiete mit zentraler und dezentraler Wärmeversorgung

Für die dezentrale Wärmeversorgung gibt es diverse Möglichkeiten:

- Wärmepumpen:
 - Luftwärme (Luft-Wasser), Grundwasserwärme (Wasser-Wasser) oder Erdwärmekollektoren (Sole-Wasser)
 - Besonders effizient in Kombination mit erneuerbarem Strom
 - Auch zur Kühlung einsetzbar
- **Zentralheizungen auf Basis Holz** (z. B. Hackschnitzel, Pellets etc.)
- Stromdirektheizungen
- Solarthermie
 - Ideal für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung
 - Besonders effektiv in Kombination mit anderen Heizsystemen
- **Aufbau von Gebäudenetzen** (< 16 Gebäude, max. 100 Wohneinheiten): Zusammenschluss mehrerer Gebäude zur gemeinsamen Wärmeversorgung über eine zentrale Wärmequelle bzw. Heizungsanlage.

Günstige Wärmequellen in Forstinning für Gebäudenetze sind:

- Wärmepumpen (Großluftwärmepumpen, Grundwasserwärmepumpe)
- Biomassekraftwerke
- Solarthermie-Anlagen

In Zusammenarbeit mit der Gemeinde und der Energieagentur Ebersberg-München wurde folgender Hochlauf der Energieträgeranteile sowie CO₂-Emissionen prognostiziert:

Tabelle 25: Zielszenario für Forstinning

Forstinning	2025		2030		2035		2040		2045	
	%	MW h	%	MW h	%	MW h	%	MW h	%	MW h
Wärmeverbrauch	100,0 %	39.58 0	100%	37.64 0	100%	35.79 6	100%	34.04 1	100%	32.37 3
<u>Dezentrale Wärmeversor- gung</u>	100,0 %	39.75 2	97%	36.51 1	96%	34.36 4	95%	32.33 9	94%	30.43 0
davon Wärme- pumpen/ Solarthermie	13,6%	5.406	25%	9.128	40%	13.74 5	50%	16.17 0	65%	19.78 0
davon Biomasse	8,7%	3.458	15%	5.477	20%	6.873	25%	8.085	30%	9.129
davon Fossil	71,9%	28.58 2	55%	20.08 1	35%	12.02 7	20%	6.468	0,00 %	-
davon Direktstrom	5,5%	2.186	5%	1.826	5%	1.718	5%	1.617	5%	1.522
davon Sonstiges	0,3%	119		-		-		-		-
<u>Zentrale Wärmeversor- gung</u>	0,0%	-	3%	1.129	4%	1.432	5%	1.702	6%	1.942
davon Wärme- pumpen	0,0%	-	40%	452	40%	573	50%	851	50%	971
davon Biomasse	0,0%	-	60%	678	60%	859	50%	851	50%	971
davon Fossil	0,0%	-		-		-		-		-
davon Sonstiges	0,0%	-		-		-		-		-
CO₂-Emissionen in Tonnen [t]	t	9.870	t	6.818	t	4.152	t	2.394	t	401

In Tabelle 25 wird der Hochlauf in Form eines Zielszenarios bis zum Zieljahr 2045 ersichtlich. Wichtig dabei ist, dass die Zielsetzung der CO₂-Neutralität durch fossile Brennstoffe erfüllt ist. Kann dieses Zielszenario erfüllt werden, können die CO₂-Emissionen bis 2045 um 96 % reduziert werden. Das neue potenzielle Wärmenetz im Gewerbegebiet Ost wird in diesem Szenario auf Basis von Biomasse (Hackschnitzel, Pellets) und Wärmepumpe (Grundwasserwärme) dargestellt. Biomasse-Heizwerke eignen sich hervorragend für die Aufbauphase eines Wärmenetzes, da der Bau der Heizwerke schnell und unkompliziert ist und aktuell die Wärmegestellungskosten nied-

rig sind. Wie in Tabelle 21 gelistet, kann die benötigte Menge an Biomasse für die zentrale Wärmeversorgung über das regional verfügbare Waldderbholz sowie Flur- und Siedlungsholz (ca. 1.400 MWh/a) abgedeckt werden. Da die Nutzung der Grundwasserwärme bzw. von Wärmepumpen in Zukunft bessere CO₂-Bilanzen als Biomasse aufweisen wird, kann der Versorgungsanteil über Grundwasserwärmepumpen optional bis 2045 noch stärker ansteigen als in Tabelle 25 dargestellt. Nach diesem Szenario würde die Anschlussquote 2045 im Gewerbegebiet Ost bei ca. 51,4 % (1.942 MWh/a von 3.778 MWh/a) liegen. Dieser Wert kann unter idealen Voraussetzungen deutlich höher liegen. Die Nutzung von Biomasse wird aber vor allem in der dezentralen Wärmeversorgung stark ansteigen, da die verfügbaren Potenziale im Gemeindegebiet mit Ausnahme von oberflächennaher Geothermie (Grundwasser, Kollektoren) überschaubar sind. Selbst unter Berücksichtigung des theoretischen Potenzials durch Ertragsholz für Pappeln (Kurzumtriebsplantagen) reicht die regional verfügbare Biomasse für den Biomassebedarf im Zieljahr 2045 nicht vollständig aus. Das erforderliche Material muss daher überregional gefördert werden. Durch Öffentlichkeitsarbeit bzw. Energieberatung zu den Vorteilen von Wärmepumpen kann der Anteil an Biomasse möglicherweise weiter gesenkt werden, wodurch die Gemeinde bzw. die Eigentümer weniger von anderen Gemeinden und Landkreisen abhängig sind und die Zukunft klimaneutraler gestaltet werden kann.

Der Anteil zentraler Wärmeversorgung steigt in den kommenden Jahren und Jahrzehnten durch den Aufbau des Wärmenetzes am Gewerbegebiet Ost etwas an. Der Anteil fossiler Energie soll optimalerweise bis 2045 auf 0 sinken.

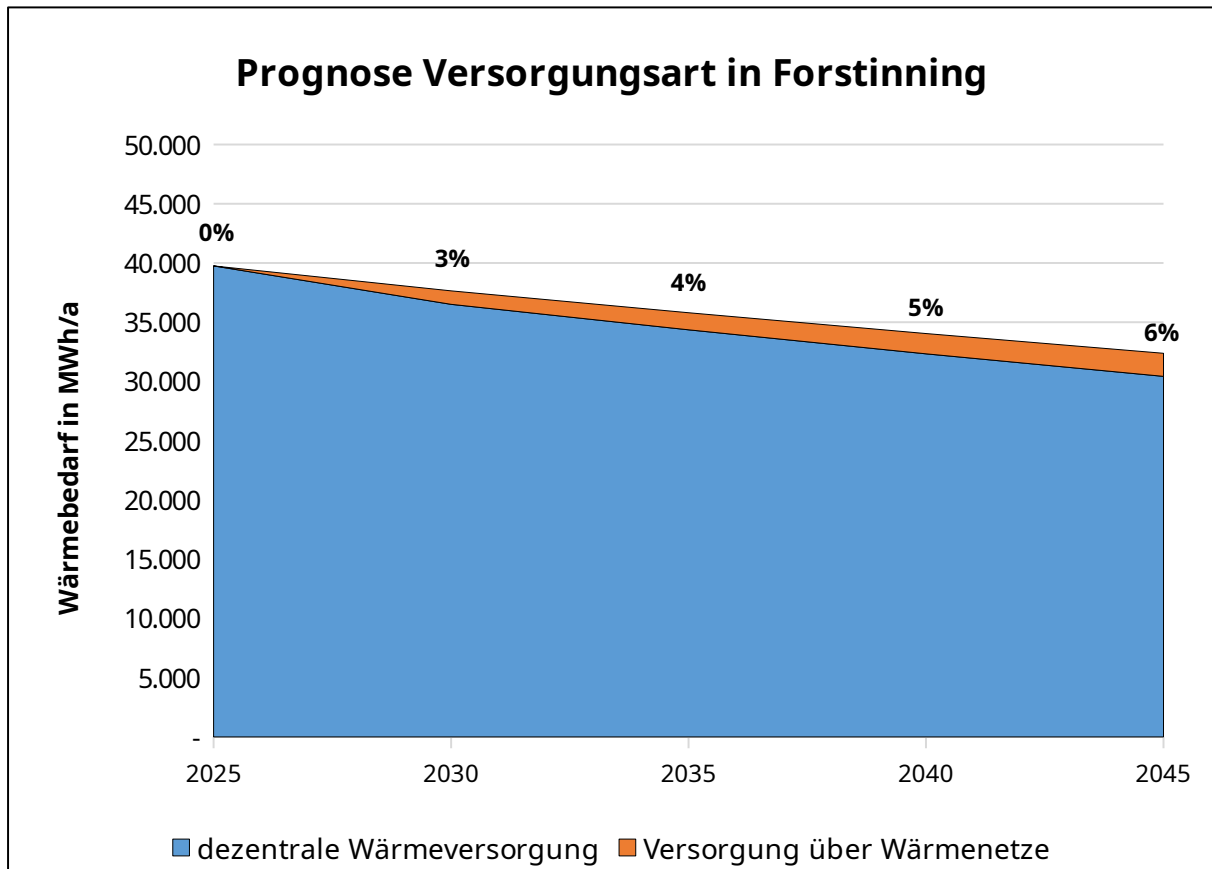
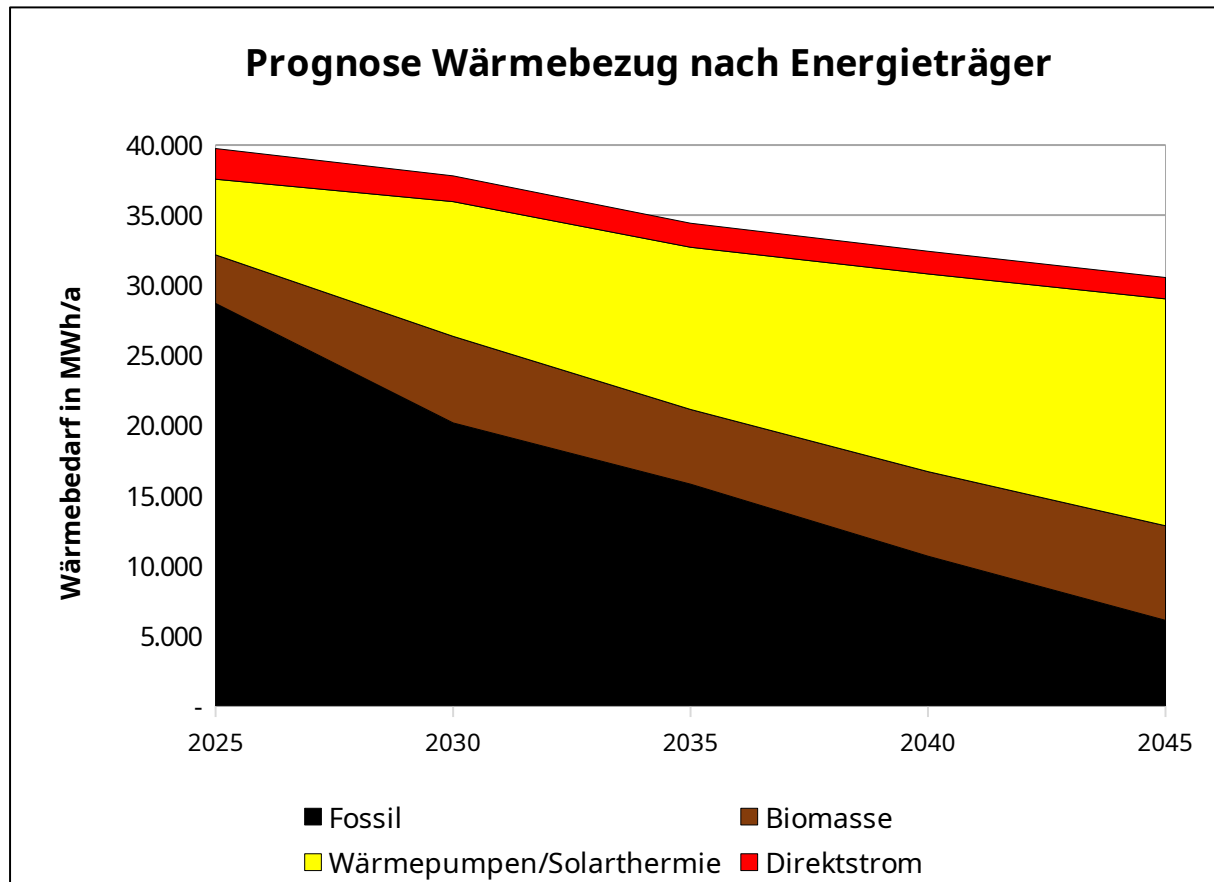


Abbildung 44 unterliegt einer jährlichen Sanierungsquote von 1 %. Dieser Wert resultiert aus der Differenz des Sanierungsziels von 1,5 % und dem jährlichen Anstieg des Wärmebedarfs durch Zuwanderung um 0,5 %.

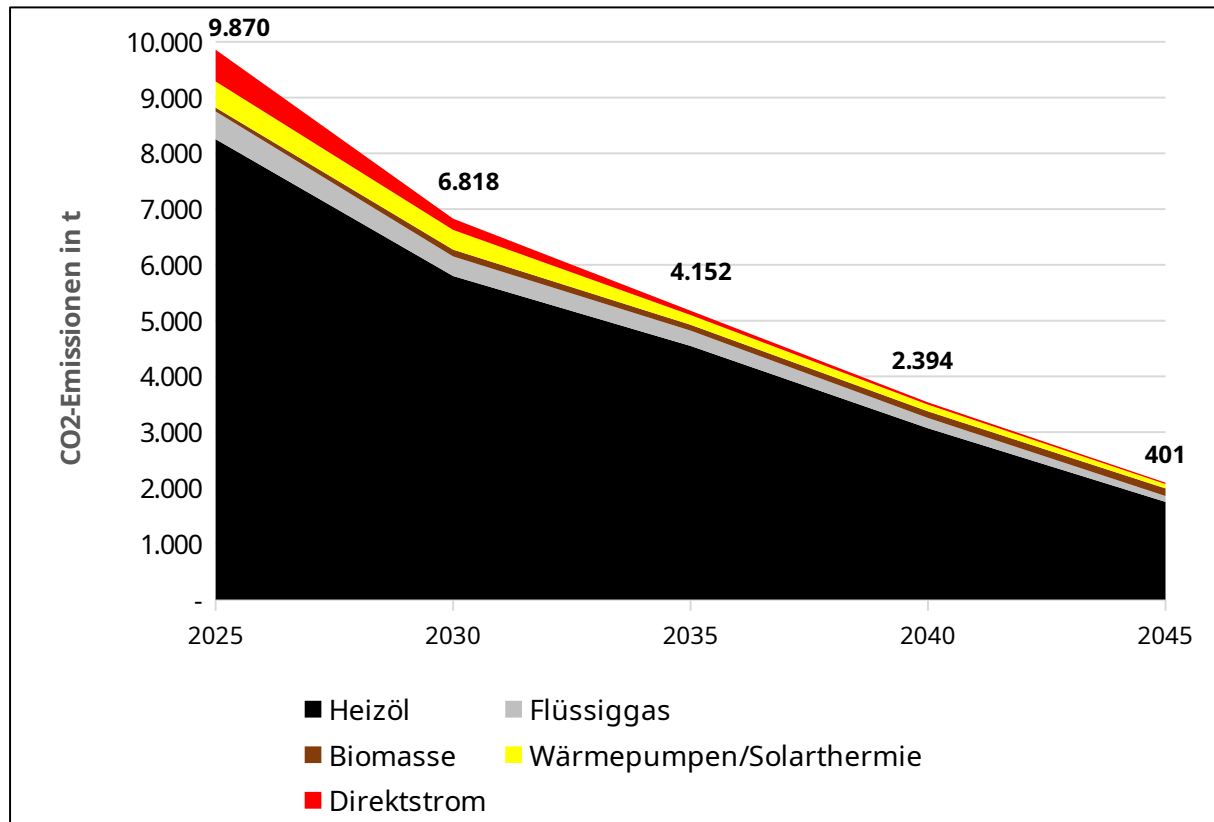
Aus den Zielszenarien in Tabelle 25 ergibt sich folgende Entwicklung der Energieträgerverteilung bis 2045:



Der Anteil fossiler Energieträger soll planmäßig bis zum Zieljahr 2045 kontinuierlich auf 0 fallen. Im Gegenzug erfahren vor allem die Wärmepumpen einen starken Anstieg. Durch die zunehmende Effizienz der Luftwärmepumpen wird die Anzahl an Neuinstallationen beträchtlich wachsen. Auch Grundwasserwärmepumpen und Erdwärmekollektoren haben hohe Potenziale im Gemeindegebiet und werden vor allem in der dezentralen Versorgung eine tragende Säule sein. Der Anteil an Biomasse nimmt aufgrund seiner beschränkten regionalen Verfügbarkeit nur leicht zu.

Die Dekarbonisierung bis zum Jahr 2045 ist wesentlicher Bestandteil des Zielszenarios in der Wärmeplanung. Aus Abbildung 45 kann nun eine Prognose der Entwicklung der CO₂-Bilanz generiert werden. Wie in Kapitel 2.5 erwähnt, werden auch hier die Emissionswerte des KWW-Technikkatalogs von 2025 herangezogen.

Auffällig ist, dass trotz des starken Anstiegs von Wärmepumpen der Ausstoß an CO₂ rückläufig ist. Das liegt daran, dass der Strom-Mix in Deutschland aktuell (2025) noch mit einem CO₂-Emissionsfaktor von 0,26 beziffert wird. Bereits im Jahr 2030 soll dieser Faktor auf 0,11 fallen und im Zieljahr 2045 nur noch 0,015 betragen soll. Der CO₂-Emissionsfaktor beschreibt, wie viele Tonnen CO₂ je verbrauchter MWh nach Energieträger emittiert werden. Der Faktor von nachhaltiger Biomasse wird hingegen bis 2045 konstant mit 0,02 angegeben. Bei Einhaltung dieses Zielszenarios würde die CO₂-Emission bis 2045 auf lediglich 401 t CO₂ reduziert werden können.



5.1 Alternative Szenarien

Zusätzlich zum Zielszenario wurden zwei weitere Szenarien ausgearbeitet.

- Sanierungsstau: Die 1,5 % Sanierungsquote pro Jahr wird nicht erreicht und der Bau von erneuerbaren Heizungen geht langsamer voran. Der Bau des Wärmenetzes und Dekarbonisierung finden unverändert statt.
- Dekarbonisierungsstau: Das Ziel der CO₂-Neutralität bis 2045 wird nicht erreicht. Der Anteil fossiler Energieträger sinkt bis 2045 nicht auf null. Der Bau des Wärmenetzes und Sanierung finden unverändert statt.

Im Sanierungsstau-Szenario wird davon ausgegangen, dass die Sanierungsquote bei 0,5 % pro Jahr liegt. Der Dekarbonisierungsstau beschreibt das Szenario, dass der Anteil fossiler Brennstoffe bis 2045 nur auf ca. 20 % reduziert werden kann. Dabei ist erkennbar, dass sowohl die Reduktion fossiler Energiequellen sowie das Vorantreiben der Sanierung in der Gemeinde essenzielle Schritte zur Minderung der CO₂-Emissionen im Wärmesektor darstellen, wobei ersteres einen größeren Einfluss hat.

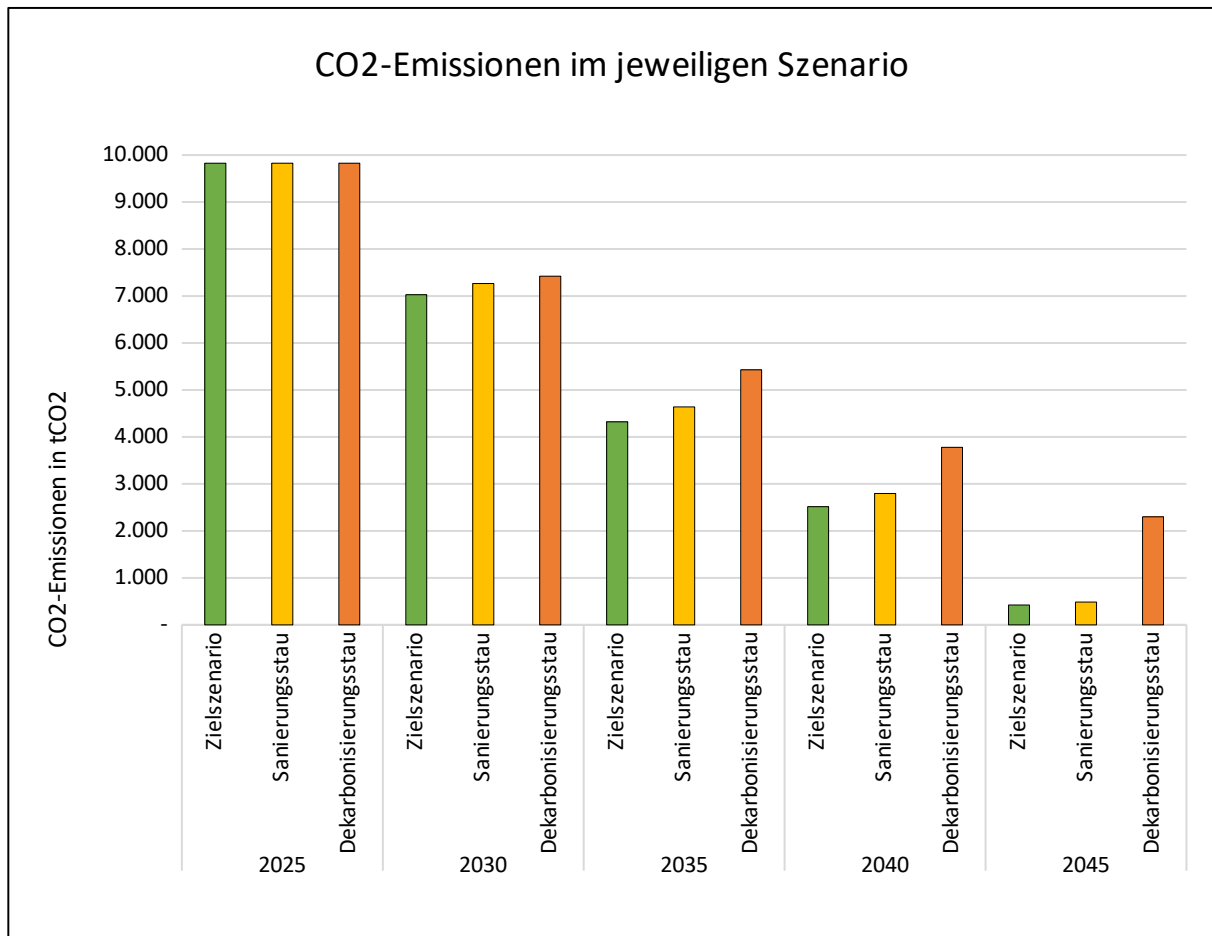


Abbildung 47: Vergleich der CO₂-Emissionen in den 3 Szenarien

In Abbildung 48 ist zu sehen, dass die Linien für das Zielszenario und das Sanierungsstauszenario sich zunächst distanzieren und dann wieder annähern. Dies liegt an dem überproportionalen Einfluss der verwendeten Energiequelle. Rechnerisch sind die Emissionen im Sanierungsstauszenario 2045 um ca. 15 % höher als im Zielszenario, grafisch dementsprechend nicht erkennbar. Die Emissionswerte des Szenarios Dekarbonisierungsstau sind mehr als 5-mal so hoch wie im Zielszenario.

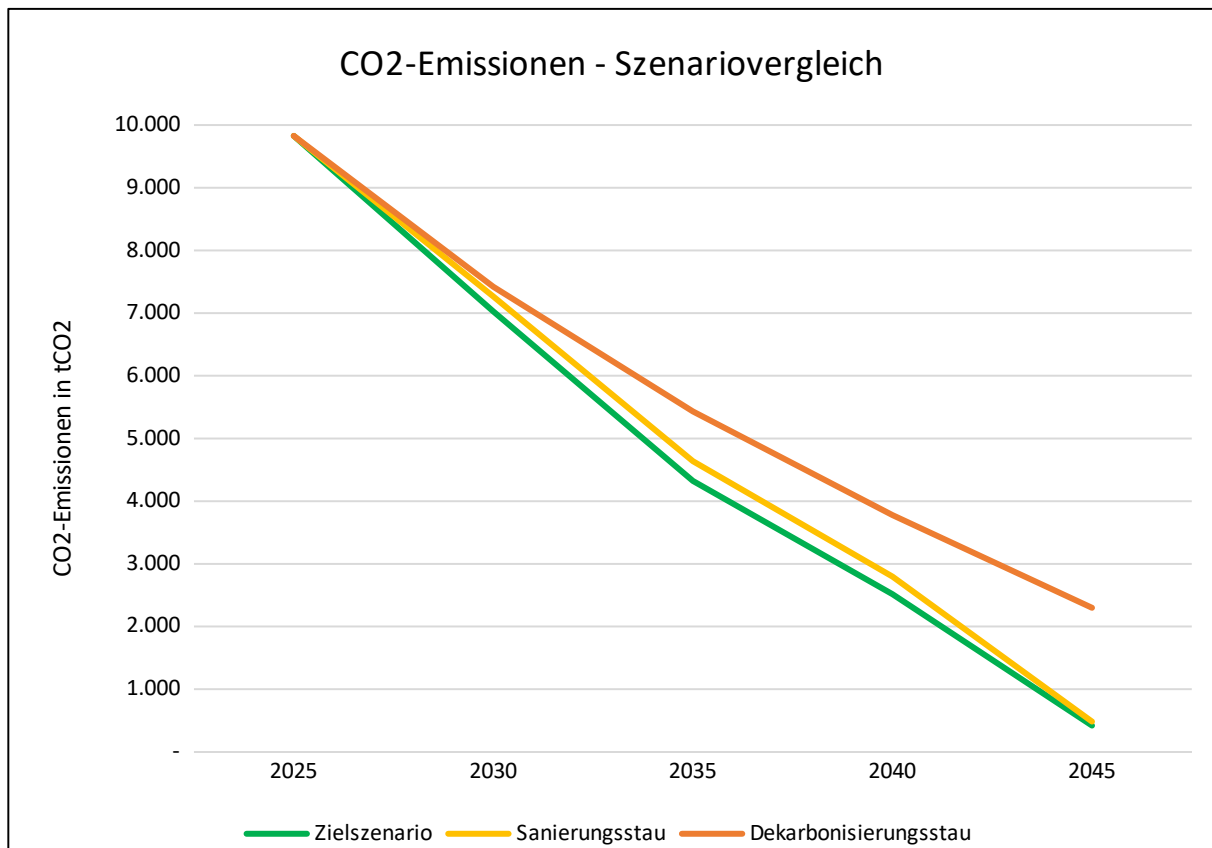


Abbildung 48: Zeitlicher Verlauf der CO₂-Emissionen im jeweiligen Szenario

Die folgenden Tabellen belegen die jeweiligen Szenarien mit Zahlen.

Tabelle 26: Szenario Sanierungsstau für die Gemeinde Forstinning

Sanierungsstau	2025		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh
Wärmeverbrauch	100,0%	39.580	100%	38.989	100%	38.408	100%	37.835	100%	37.271
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	100,0%	39.752	97%	37.820	96%	36.872	95%	35.944	94%	35.035
davon Wärmepumpen	13,6%	5.382	25%	9.747	40%	15.363	50%	18.917	65%	24.226
davon Biomasse	8,7%	3.443	15%	5.848	20%	7.681	25%	9.458	30%	11.181
davon Fossil	71,9%	28.458	55%	21.444	35%	13.443	20%	7.567	0,00%	-
davon Sonstiges	5,5%	2.176	5%	1.825	5%	1.920	5%	1.891	5%	1.863
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0,3%	118	3,0%	1.169	4%	1.536	5%	1.891	6%	2.236
davon Wärmepumpen	0,0%	-	40%	467	40%	614	50%	945	50%	1.118
davon Biomasse	0,0%	-	60%	701	60%	921	50%	945	50%	1.118
davon Fossil	0,0%	-								
davon Sonstiges	0,0%	-								
CO₂-Emissionen in Tonnen [t]		9.827		7.266		4.637		2.796		485

Tabelle 27: Szenario Dekarbonisierungsstau für die Gemeinde Forstinning

Dekarbonisierungsstau	2025		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh
Wärmeverbrauch	100,0%	39.580	100%	37.640	100%	35.795	100%	34.041	100%	32.372
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	100,0%	39.752	97%	36.511	96%	34.363	95%	32.339	94%	30.430
davon Wärmepumpen	13,6%	5.406	23%	8.657	32%	11.454	41%	13.956	50%	16.186
davon Biomasse	8,7%	3.458	10%	3.764	13%	4.653	16%	5.446	19%	6.150
davon Fossil	71,9%	28.581	59%	22.207	46%	16.465	33%	11.233	20,00%	6.474
davon Sonstiges	5,5%	2.186	5%	1.882	5%	1.789	5%	1.702	5%	1.618
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0,3%	119	3,0%	1.129	4%	1.431	5%	1.702	6%	1.942
davon Wärmepumpen	0,0%	-	40%	451	40%	572	50%	851	50%	971
davon Biomasse	0,0%	-	60%	677	60%	859	50%	851	50%	971
davon Fossil	0,0%	-								
davon Sonstiges	0,0%	-								

CO ₂ -Emissionen in Tonnen [t]		9.827		7.421		5.430		3.778		2.300
--	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------

6. Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog

Die Wärmewendestrategie der Gemeinde Forstinning stellt sich wie folgt dar:

- Vorantreiben von Sanierungen in der gesamten Gemeinde
- Intensivierung der Installation von Wärmepumpen und geringfügig von nachhaltigen Biomasseheizungen in der dezentralen Versorgung der Gemeinde
- Öffentlichkeitsarbeit und Energieberatung zu den Vorteilen der Wärmepumpentechnologie in der dezentralen Versorgung
- Aufbau eines Wärmenetzes zur Versorgung des Gewerbegebiets Ost
- Dekarbonisierung bis 2045

Nachfolgend werden auf Basis der Kapitel Bestands- und Potenzialanalyse und dem Zielszenario sinnvolle Maßnahmen für die Umsetzung der Wärmewendestrategie in der Gemeinde Forstinning konzipiert. Die nachfolgenden 12 Maßnahmen wurden in Abstimmung mit der Gemeinde festgelegt. Die Maßnahmen sind im Steckbriefformat dargestellt. Hierbei werden je nach Maßnahme die Zielsetzungen, die Inhalte der Maßnahmen, die Kosten und Fördermöglichkeiten, die spezifischen Herausforderungen sowie die möglichen Abläufe beschrieben. Ziel des Maßnahmenkataloges ist es, eine Übersicht sinnvoller Schritte für die Wärmewende in der Gemeinde anzufertigen und damit die Strategie der Umsetzung für einen problemlosen Ablauf der Realisierung auf den Weg zu bringen. Folgende Maßnahmen sind für die Gemeinde Forstinning von Relevanz:

1. Übergreifende energetische Gebäudesanierung und Öffentlichkeitsarbeit
2. Bereitstellung von Energieberatung und aktueller Fördermittelberatung
3. Einbau von smarten Thermostaten mit ggf. künstlicher Intelligenz
4. Effiziente dezentrale Wärmeversorgung über Wärmepumpen o. Ä. vorantreiben und informationell unterstützen
5. Ausbau von PV-Anlagen auf kommunalen Liegenschaften
6. Installation weiterer Freiflächen-PV an der Autobahn A94
7. Förderantragstellung und Erstellung einer Machbarkeitsstudie mit anschließender Planungsleistung für ein Wärmenetzgebiet im „Gewerbegebiet Ost“
8. Bauleitplanung erneuerbarer Energien
9. Energiemanagementsystem für kommunale Liegenschaften
10. Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen
11. Synchronisierung der KWP mit dem Ausbau der Stromverteilnetze
12. Fortschreibung der Wärmeplanung

6.1 Maßnahme 1

Übergreifende energetische Gebäudesanierungen und Öffentlichkeitsarbeit	Gemeinde Forstinning	 Effizienz
Zielsetzung: – Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien sowie der Steigerung der Energieeffizienz – CO₂-Einsparung – Reduzierung von Wärmeverlusten durch Gebäudesanierung ➔ Kontinuierliche Umsetzung bis 2045		
Beschreibung:		

Das hohe Potenzial im Bereich der Energieeinsparung und -effizienz (siehe Potenzialanalyse) kann einen erheblichen Anteil zur Energiewende beitragen, was mit einer aktuellen Sanierungsrate in Deutschland von ca. 1 % des Gebäudebestandes pro Jahr nicht möglich sein wird. Gründe dafür sind mangelnde Markttransparenz und fehlende Informationen sowie Finanzierungsmöglichkeiten, fehlende Anreize („Pull-Faktoren“) und Notwendigkeiten („Push-Faktoren“) und vieles mehr. Das gibt Anlass, verstärkt Maßnahmen zur Beschleunigung der Sanierung einzuleiten. Vor allem im Bereich der Mehrfamilienhäuser lässt sich ein deutlicher „Sanierungsstau“ erkennen.

Eine mögliche Gegenmaßnahme bietet die Vernetzung von Sanierungstätigkeiten in homogenen Gebieten. Beispielsweise können über Geoinformationssysteme (GIS) Wohngebiete mit ähnlichen Gebäudeeigenschaften (Alter, Typ, Energieverbrauch) ausfindig gemacht werden (vgl. vorliegendes Wärmekataster). Mit diesem Tool kann der Gemeinderat und die Gemeindeverwaltung ein übergreifendes Sanierungskonzept anstoßen. Dabei ist es wichtig, sowohl die Gebäude- oder Wohnungseigentümer als auch die Mieter einzubinden und zu informieren. Eine gezielte siedlungs- oder quartiersbezogene Öffentlichkeitsarbeit ist in diesem Rahmen sehr effektiv, da viele Kernthemen oft nur einen lokal begrenzten Ortsteil betreffen. Das Ziel solcher übergreifender Sanierungskonzepte und Öffentlichkeitsarbeit ist daher die Nutzung von Synergieeffekten:

- Die Empfehlung konkreter Sanierungsmaßnahmen wirkt Problemen wie mangelnder Markttransparenz und fehlenden Informationen der Gebäude- oder Wohnungseigentümer etc. entgegen
- Finanzielle Entlastung der Gebäude- oder Wohnungseigentümer durch kostensenkende Effekte über Sammelbestellungen
- Gezielte Informationen zu relevanten Förderprogrammen
- Die übergreifende Betrachtung ermöglicht die Durchführung effizienter Konzepte (z. B. Nahwärmekonzepte)

Grundsätzlich sollte bei der Durchführung solcher Konzepte vor allem im Bereich der Mehrfamilienhäuser die Sozialverträglichkeit von Sanierungsmaßnahmen beachtet werden. Des Weiteren darf bei der Gebäudesanierung die Nachhaltigkeit, d. h. eine gesamtenergetische Betrachtung des Gebäudelebenszyklus, nicht außer Acht gelassen werden.

Auch die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs soll bei Heizungsanlagen, die älter als 2 Jahre sind, durchgeführt werden, um die Effizienz der Gebäudeheizung deutlich zu steigern und somit die Verbräuche zu reduzieren. Der hydraulische Abgleich ist einer der durch den Bund für effiziente Gebäude geförderten Maßnahmen.

Die Gemeinde kann durch Sanierung der eigenen Liegenschaften mit gutem Beispiel für die Bürgerinnen und Bürger vorangehen (Leuchtturmprojekt) und einen enormen Beitrag zur Energiewende leisten.

Gemeinde & Akteure:

Gemeinde Forstinning, Energieagentur Ebersberg-München gGmbH, eventuell Landkreis, Bauträger, Energieberater

Kosten & Förderung:

Kosten individuell je nach Umfang.

Beispiele gemäß Sanierungsleitfaden Baden-Württemberg:

- Dämmung der Fassade: 140 € / m²
- Dachdämmung (von innen): 100 € / m²
- Austausch der Fenster: 550 € / m²
- Dämmung der Kellerdecke: 50 € / m²

Förderprogramme:

- Bundesförderung für effiziente Gebäude (bis zu 20 %)
- Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude (50 %)
- Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (50 %)

Ablauf:

- 1) Analyse geeigneter Gebiete (z. B. über GIS): Gebiete im Wärmekataster, Auswertung der Baualtersklassen und Verbräuche
- 2) Entwicklung eines Sanierungskonzepts, z. B.:
 - a. Mustersanierung eines typischen Gebäudes durchrechnen lassen
 - b. Möglichkeiten des Austauschs alter Heizungen zusammenstellen
 - c. Optionen zur Optimierung der Heizanlage entwickeln
 - d. Gemeinschaftliche Bestellungen von Umwälzpumpen, PV-Anlagen, Solarthermieanlagen etc.
- 3) Handlungsempfehlungen an Gebäude- oder Wohnungseigentümer weitergeben
- 4) Sammelbestellungen zusammen mit ortsansässigen Firmen organisieren
- 5) Maßnahmen öffentlichkeitswirksam darstellen

Wirksamkeit:

- Reduzierung von Energieverbrauch, Wärmeverlusten und Treibhausgasemissionen
- Vorbildfunktion der Gemeinde
- Sozialverträgliche Quartierssanierung durch Einbindung aller Akteure
- Identifikation und Akzeptanz mit Baumaßnahmen

Herausforderungen:

- Beteiligungswille der Gebäude- oder Wohnungseigentümer
- Ressourcen der Gemeinde (Personal, Finanzen)
- Verfügbarkeit von Baufirmen und Materialien

6.2 Maßnahme 2

Bereitstellung von Energieberatung und aktueller Fördermittelberatung	Gemeinde Forstinning	
Zielsetzung:		
– Eigentümer zum richtigen Zeitpunkt auf Maßnahmen und Fördermittel hinweisen – Anreiz zum Sparen von Strom und Wärme ➔ Sofortmaßnahme		
Beschreibung:		
Fördermittelberatung durch die Gemeinde Die Komplexität der verschiedenen Fördermittel stellt für viele Bürgerinnen und Bürger eine Herausforderung dar. Die Gemeinde kann der Bevölkerung durch zusätzliche Öffentlichkeitsarbeit ein Beratungsangebot der Verbraucherzentrale oder Energieagenturen zu den zur Verfügung stehenden Förderprogramme anbieten, um die Energiewende schneller und kosteneffizienter voranzubringen. So können Einwohner nicht nur über ihre Pflichten, sondern auch über die finanzielle Unterstützung der verschiedenen Heizungsarten und Energieberatungen informiert werden. Energieberater für Eigentümer von Bestandsgebäuden Energieeinsparung durch verändertes Nutzerverhalten oder Steigerung der Effizienz durch sparsamere Geräte müssen stärker im Bewusstsein der Bevölkerung verankert werden. Nur auf diese Weise wird die Umstellung auf erneuerbare Energien und damit die Energiewende gelingen. Allerdings stellt speziell das Nutzerverhalten einen schwer zu beeinflussenden Parameter dar, da hier alltägliche Gewohnheiten mit angesprochen werden und die Angst vor Verzicht und Luxuseinbußen erheblich ist. Um diesem Problem zu begegnen, sind Energieberatungen in Privathaushalten hilfreich. Energieberater sind geschulte Fachleute, die Einsparmaßnahmen in Gebäuden analysieren und wichtige Tipps zur Effizienzsteigerung geben. Hier soll zum einen erklärt werden, durch welche Neuanschaffungen an Elektrogeräten und Wärmeerzeugern die Effizienz gesteigert werden kann. Zum anderen wird dabei gezielt das Nutzerverhalten optimiert und Vorschläge zum sparsameren Umgang mit der Energie im Haushalt gegeben, ohne dabei auf Komfort verzichten zu müssen. Zusätzlich kann auf mögliche Sanierungsmaßnahmen und deren Wirkung hingewiesen werden. Energieberater für Haus- und Grundstückskäufer		

Im Vorfeld eines Neubaus zeigen Energieberater Möglichkeiten der Bautechnik sowie Potenziale der Nutzung erneuerbarer Energien auf und geben Hilfestellungen zu Fördermöglichkeiten und zinsgünstigen Krediten. Die Integration von Energieberatern ist grundsätzlich immer sinnvoll; insbesondere bei einem Haus- oder Grundstückserwerb. In der Folge eines Immobilienkaufs stehen Planungen bzw. Umbaumaßnahmen an, die für den Energieverbrauch des Gebäudes in den nächsten 20 Jahren entscheidend sind. Dieser Zeitpunkt muss genutzt werden, um die richtigen Entscheidungen für die Zukunft zu treffen.

Akteure:

Energieagentur Ebersberg-München gGmbH, Energieberater, BAFA, Gemeindeverwaltung, Verbraucherzentrale, Bürgerinnen und Bürger

Kosten und Förderungen:
Kosten:

- Werbungskosten (Zeitungsanzeigen, Plakate, Flyer, etc.)
- Ggf. konkrete Förderkosten je nach Beratungspaket
- Personalkosten Fördermittelberatung

Förderung: Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude

- Für Ein-/Zweifamilienhäuser: 50 % des förderfähigen Beratungshonorars bis 650 €
- Ab mindestens drei Wohneinheiten: 50 % des förderfähigen Beratungshonorars bis 850 €

Ablauf:

- 1) Anstellen bzw. Beauftragen eines Fördermittelberaters
- 2) Auswahl qualifizierter Energieberater
- 3) Fixpreis für Beratung vereinbaren
- 4) Ggf. Fördersumme und -volumen festlegen
- 5) Werbung für die Beratung und das Förderprogramm über Newsletter, Presse, Homepage, Berater etc.
- 6) Presseartikel nach erfolgreicher Umsetzung mit Best-Practice-Beispiel usw.

Wirksamkeit:

- Unterstützung und Informieren der Einwohner über die komplexe Welt der Fördermittel
- Durch die finanzielle Förderung steigt der Anreiz für Immobilienkäufer und -besitzer, eine Energieberatung bzw. Heizungstausch durchführen zu lassen
- Bewusster Umgang mit Energie / Schärfung des Bewusstseins für das Thema Energiesparen sowie ökologische und ökonomische Wechselwirkungen
- Energie- und CO₂-Einsparungen vor allem in den privaten Haushalten

Herausforderungen:

- Finanzmittel der Gemeindeverwaltung
- Betroffene könnten das Angebot zu wenig nutzen

- Kostenvorteil für die Beratung darstellen

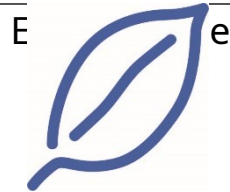
6.3 Maßnahme 3

Einbau von smarten Thermostaten mit ggf. künstlicher Intelligenz	Gemeinde Forstinning	 Effizienz
Zielsetzung:		
– Steigerung der Energieeffizienz – CO₂-Einsparung ➔ Umsetzung bis 2030		
Beschreibung:		
Die Beeinflussung von Nutzerverhalten zur Energieeinsparung gestaltet sich oftmals schwierig, kann jedoch einen erheblichen Unterschied des Wärmeverbrauches in Wohngebäuden bewirken. Anhand von smarten Thermostaten können Heizungen kontinuierlich überwacht werden und an das Verhalten der Nutzer angepasst werden. Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (KI) ist eine automatische Regelung möglich.		
Der Einbau von smarten Thermostaten liefert im Vergleich zu anderen Maßnahmen pro Euro einen der höchsten Wirkungsgrade der Energieeinsparung für einzelne Gebäude. Die Kosten unterscheiden sich je Anbieter und Anzahl gekaufter Einheiten. Werden von der Gemeinde z. B. große Mengen smarter Thermostaten bestellt, reduzieren sich die Preise pro Einheit für die Einwohner.		
Eine Alternative für Besitzer von PV-Anlagen stellen Smartphone-Apps dar, die eine effizientere Nutzung des selbst erzeugten Stroms ermöglichen. Mit diesen Apps können z. B. Leistungen von Wärmepumpen, Ladegeräte von E-Autos usw. intelligent an den aktuellen Energiefluss der PV-Anlage angepasst werden, um den Verbrauch aus dem Stromnetz zu reduzieren.		
Gemeinde & Akteure:		
Gemeinde Forstinning, Hauseigentümer, Installateure		
Kosten & Förderung:		
– Kosten individuell je nach Heizungsanlage und Hersteller ca. 1.000 € pro Anlage. – Monatliche Kosten für Apps, KI etc. zwischen 3 – 30 € pro Monat		
Wirksamkeit:		
– Reduzierung des Wärmeverbrauchs um 8 – 28 % gemäß Herstellerangaben – Erhöhte Effizienz ohne Heizungs Austausch bei geringeren Kosten – Einfache Installation ohne größere Baumaßnahmen		

Herausforderungen:

- Beteiligungswille der Gebäude- oder Wohnungseigentümer
- Ressourcen der Gemeinde/Hauseigentümer (Personal, Finanzen)

6.4 Maßnahme 4
**Effiziente dezentrale Wärmeversorgung über
Wärmepumpen o.Ä. vorantreiben
und informatorisch unterstützen**

 Gemeinde
Forstinning
**Zielsetzung:**

- Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien in der Wärmeversorgung
- CO₂-Einsparung
- Unabhängigkeit in der Wärmeversorgung
- ➔ Verstärkte Umsetzung bis 2035

Beschreibung:

Im privaten Wohnungsbau sowie im Sektor GHD ist der spezifische Wärmebedarf in kWh/(m²·a) in den letzten Jahren drastisch reduziert worden. Warme Nahwärmenetze sind aufgrund der geringen Wärmebedarfsdichten in Neubausiedlungen kaum noch wirtschaftlich umsetzbar. Für solche Siedlungen eignen sich vor allem Wärmepumpen und Solarthermieanlagen. Beide Technologien sind sowohl klimaschonend als auch meist wirtschaftlich. Durch technologische Fortschritte sind Wärmepumpen auch in jungen und alten Bestandsbauten mittlerweile wirtschaftlich einsetzbar. Durch einen großzügigen Einsatz von Wärmepumpen können zudem andere begrenzt verfügbare Ressourcen, wie nachhaltige Biomasse und wertvoller Wasserstoff, eingespart und nachhaltig eingesetzt werden. Bei Wärmepumpen wird zwischen Luft-, Wasser- und Sole-Wärmepumpen unterschieden. Alle drei Typen verfügen über spezifische Vor- und Nachteile, die im Folgenden beschrieben werden.

Luft-Wasser-Wärmepumpe

Die Luftwärmepumpe ist in der Anschaffung deutlich günstiger als die beiden anderen Typen. Es ist lediglich eine Außen- und eine Inneneinheit zu installieren. Als Wärmeträgermedium wird Luft angesaugt. Da Luft zum einen starken Temperaturschwankungen unterliegt und zum anderen über eine geringe spezifische Wärmekapazität (1,005 kJ/(kg·K)) verfügt, ist der Wirkungsgrad (COP) deutlich schlechter als bei den anderen Wärmepumpensystemen. Dadurch liegen der Stromverbrauch und die variablen Kosten deutlich über dem der anderen Typen. Luftwärmepumpen sind dennoch, z. B. im Anwendungsgebiet Einfamilienhaus, den anderen Technologien wirtschaftlich überlegen, da der Vorteil der geringeren Investitionskosten

ten gegenüber dem Nachteil der höheren Betriebskosten meist überwiegt. Aus energetischer Sicht ist in jedem Fall ein hoher COP-Wert anzustreben.

Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Wasser-Wasser-Wärmepumpen nutzen die konstante Temperatur des Grundwassers als Wärmequelle. Alternativ können auch andere Gewässer wie Fluss- oder Seewasser genutzt werden, jedoch ist dies in der dezentralen Versorgung nicht üblich. Im Sommer liegt die Grundwassertemperatur meist unter der Außentemperatur der Luft. Im Winter hingegen liegt die Grundwassertemperatur deutlich über der der Luft. Zudem verfügt das Wasser über eine deutlich höhere spezifische Wärmekapazität von 4,182 kJ/(kg*K). Der COP von Wasser-Wärmepumpen kann dadurch gegenüber der Luft-Wärmepumpe deutlich höher liegen. Größere Gebäude mit Flächenheizungen eignen sich somit hervorragend für den Einsatz von Wasser Wärmepumpen, da die höheren Investitionskosten durch die deutlich geringeren variablen Kosten schnell ausgeglichen werden.

Sole-Wasser-Wärmepumpe

Die Sole-Wasser-Wärmepumpe (Erdwärmepumpe) nutzt die Wärmeenergie des Bodens. Entweder wird diese Wärme durch die Sonden aufgenommen, die 50 m bis 200 m tief in das Erdreich gebohrt werden, oder von Erdkollektoren, die auf einer größeren Fläche, dafür aber flach unter der Erde verteilt sind. Die Kollektoren liegen in etwa 1,2 m Tiefe im Erdboden unterhalb der Frostschutzgrenze. Im Boden herrschen je nach Tiefe und Jahreszeit Temperaturen von -5 °C bis 25 °C. Dabei sollte beachtet werden, dass für die Bohrungen der Erdsonden Mehrkosten entstehen.

Kühlen mit Erdwärme

Gebäudekühlung spielt im Zuge des Klimawandels eine immer größere Rolle. Mit geringem Mehraufwand bieten Sole-Wärmepumpen diese Möglichkeit. Hierfür wird das niedrige Temperaturniveau des Wassers in der Erdsonde nicht mit einer Wärmepumpe auf ein höheres Niveau gebracht, sondern über einen Wärmetauscher abgekühlt. Die gewonnene Wärme aus dem Heizkreislauf kann zur Regeneration der Erdsonde nutzbar gemacht werden. Diese Form der Raumklimatisierung funktioniert ausschließlich mit Flächenheizungssystemen. Wird eine höhere Kühlleistung benötigt, so kann dies über eine aktive Kühlung ermöglicht werden. Bei der aktiven Kühlung wird die Wärmepumpe als Kältemaschine verwendet, indem der Prozess der Wärmepumpe umgekehrt wird. Bei der aktiven Kühlung wird jedoch, wie beim Heizbetrieb mit der Wärmepumpe, Strom verbraucht. Aus diesem Grund ist diese Form der Kühlung generell nur bei Gebäuden mit hohem Kältebedarf rentabel.

Die Gemeinde Forstinning bietet, wie in der Potenzialanalyse dargestellt, teilweise sehr gute

Bedingungen für die Nutzung Grundwasserwärmepumpen und Erdwärmekollektoren. Bei der Planung von mehreren Wasser- oder Solewärmepumpen sollte eine gegenseitige Beeinflussung der Wärmeentnahme geprüft werden.

Vor allem in Verbindung mit PV-Anlagen können Wärmepumpen effizient, klimaneutraler und wirtschaftlich betrieben werden.

Für Gebäude, für die eine Wärmepumpe aus verschiedenen Gründen nicht möglich ist, können Heizungen auf Basis nachhaltiger Biomasse (z. B. Hackschnitzel, Pellets) eingebaut werden. Da nachhaltige Biomasse nur in begrenzten Mengen zur Verfügung steht, kommen solche Heizsysteme nur für Gebäude in Frage, bei denen keine (sinnvollen) Alternativen eingesetzt werden können.

Akteure:

Gemeinde, Anwohner, Nachbargemeinden, Genehmigungsbehörden, Bohrfirmen

Kosten & Förderung:

Investitionskosten:

- Luft-Wärmepumpe: ab ca. 16.000 € je nach Leistung
- Wasser-Wärmepumpe: ab ca. 27.000 € je nach Leistung
- Sole-Wärmepumpe: ab ca. 28.000 € je nach Leistung

Mit der aktuellen Bundesförderung für effiziente Gebäude können Förderquoten von 30 % bis zu 70 % erreicht werden.

Ablauf:

- 1) Öffentlichkeitsarbeit zu Wärmepumpen und Förderungen
- 2) Ermittlung der Gebietseignung und Wärmepumpenvarianten
- 3) Vorschreiben von Heiztechnik in Bauleitplanung, Gewähren finanzieller Anreize
- 4) Einsatz von Energieberater in wichtigen Zielgebieten

Wirksamkeit:

- Deutliche Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung
- Verringerung der Heizkosten
- Ggf. Möglichkeit der Gebäudekühlung
- Hohe CO₂-Einsparungen
- Autarkie in der Wärmeversorgung

Herausforderungen:

- Pflichten für entsprechende Heizsysteme in Bauleitplanung integrieren
- Maßnahme positiv vermarkten

6.5 Maßnahme 5

Ausbau von PV-Anlagen auf kommunalen Liegenschaften	Gemeinde Forstinning	 Erneuerbare
Zielsetzung:		
Erhöhung des Anteils erneuerbarer Stromerzeugung sowie Deckung eines Eigenbedarfsanteils → Sofortmaßnahme		
Beschreibung:		
Die Liegenschaften der Gemeinde sollen mit PV-Anlagen versehen werden. Die Gemeinde kann sich hiermit sowohl an der Entwicklung einer zukunftsgerechten Gemeinde beteiligen und zusätzlich als Vorbild für Ihre Einwohner auftreten. Durch den Einbau von Stromspeichern kann ein höherer Autarkiegrad erreicht werden. Über das Solarkataster für den Landkreis Ebersberg können geeignete Dachflächen problemlos identifiziert werden (www.solare-stadt.de/kreis-ebersberg/spk). Im nächsten Schritt soll die statische Eignung der Dachflächen geprüft werden.		
Akteure:		
Gemeinderat, Verwaltung, Installateure, Statiker		
Kosten:		
– Kollektoren: ~ 150 – 300 €/m² – Stromspeicher: ~ 600 – 800 €/kWh		
Ablauf:		
1. Statische Prüfung 2. Angebotsanfragen 3. Planung und Bau		
Wirksamkeit:		
– Voranbringen der Energiewende – Ausnutzung des Solarpotenzials – Keine THG-Emissionen des selbsterzeugten Stroms – Geringere Abhängigkeit von Strommarkt – Vorbildfunktion für andere Einwohner der Gemeinde		
Herausforderungen:		
– Statik und Denkmalschutz		

- Kosten

6.6 Maßnahme 6

Aufbau weiterer Freiflächen-PV an der Autobahn A94	Gemeinde Forstinning	 Erneuerbare
Zielsetzung: – Ausbau der regionalen erneuerbaren Energieerzeugung und Nutzung geeigneter Flächen zur Stromgewinnung – langfristige Stärkung der Energieautarkie und Beitrag zur Erreichung der Klimaziele → Umsetzung bis 2035		
Beschreibung: Die Gemeinde Forstinning gilt seit 2012 als Vorreiter beim Aufbau von Freiflächen-Photovoltaik, es existieren bereits drei Freiflächenanlagen im Gemeindegebiet. Aufbauend auf diesen positiven Erfahrungen sollen nun weitere geeignete Flächen entlang der Autobahn A94 erschlossen werden. Neue Anlagen entlang der A94 profitieren von einer erleichterten Genehmigung nach § 35 BauGB, da die Nähe zu Autobahnen als privilegiertes Kriterium gilt – ein entscheidender Vorteil gegenüber Projekten in anderen Gebieten. Die vorgesehenen Flächen befinden sich derzeit überwiegend in landwirtschaftlicher Nutzung mit mittleren bis guten Ertragszahlen. Daher ist ein sorgfältiges Vorgehen erforderlich, um Nutzungskonflikte zwischen Landwirtschaft und Energiewirtschaft zu vermeiden. In enger Abstimmung mit den betroffenen Landwirten soll eine Lösung gefunden werden, bei der möglichst wenig produktive Fläche beansprucht wird. Denkbar sind z. B. Agri-PV-Systeme oder eine gezielte Auswahl von Flächen mit geringerem Ertrag oder erschwerter Bewirtschaftung. Durch die Realisierung weiterer Anlagen entlang der A94 kann die Gemeinde Forstinning nicht nur ihren Anteil an der regionalen Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen steigern, sondern auch ihre Rolle als Impulsgeber in der Energiewende weiter festigen. Ein zentraler Baustein zur erfolgreichen Umsetzung ist die frühzeitige und transparente Einbindung der Bürgerinnen und Bürger. Um die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung zu stärken und die lokale Wertschöpfung zu erhöhen, sollen Beteiligungsmodelle wie Bürgerenergiegenossenschaften oder direkte finanzielle Beteiligungen an den Anlagen ermöglicht werden. So können Bürger nicht nur von den ökologischen Vorteilen, sondern auch wirtschaftlich profitieren.		

Akteure:
Gemeinderat, Verwaltung, Betreiber (z. B. Energiegenossenschaften), Planungsbüros, Netzbetreiber, Grundstückseigentümer
Kosten:
– Planung und Genehmigung: ~ 10.000 – 30.000 € je Projekt – PV-Anlage: ~ 600 – 900 €/kWp – Erschließung & Netzanschluss: abhängig von Standort
Ablauf:
1. Identifikation und Prüfung geeigneter Flächen 2. Beteiligung relevanter Akteure 3. Einholung der Genehmigungen 4. Umsetzung und Netzanschluss
Wirksamkeit:
– Deutlicher Zuwachs an lokal erzeugtem, erneuerbarem Strom – Beitrag zur Erreichung der regionalen Klimaschutzziele – Nutzung bislang ungenutzter Flächenpotenziale – Stärkung der kommunalen Energieversorgung
Herausforderungen:
– Genehmigungsverfahren (z. B. Raumordnung, Naturschutz) – Akzeptanz in der Bevölkerung – Netzanschluss und Einspeisekapazitäten

6.7 Maßnahme 7

Förderantragstellung und Erstellung einer Machbarkeitsstudie mit anschließender Planungsleistung für das Wärmenetzgebiet „Gewerbegebiet Ost“	Gemeinde Forstinning	 Erneuerbare
Zielsetzung:		
Antragstellung für Modul 1 der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) mit nachfolgender Erstellung von Machbarkeitsstudien. → Sofortmaßnahme		
Beschreibung:		
Die kommunale Wärmeplanung hat ein potenzielles Wärmenetzgebiet in der Gemeinde Forstinning entdeckt. Für das folgende Gebiet sollte prioritär ein BEW-Antrag für eine detaillierte Machbarkeitsstudie erstellt werden: – Gewerbegebiet Ost Mit den bereits bestehenden Daten der kommunalen Wärmeplanung kann der Förderantrag zügig und mit geringem Aufwand erstellt werden. Sobald ein Bewilligungsbescheid vorliegt, kann für das potenzielle Wärmenetzgebiet eine Machbarkeitsstudie erstellt werden. Diese Machbarkeitsstudie basiert auf der kommunalen Wärmeplanung und untersucht detailliert, welche Energieträger in welcher Dimensionierung eingesetzt werden können. Des Weiteren erfolgt eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der (favorisierten) Varianten, welche zeigen, ob und mit welchen Wärmepreisen das Wärmenetz voraussichtlich finanziell tragbar ist. Die Machbarkeitsstudie zeigt am Ende einen detaillierten Pfad zur Treibhausgasneutralität für das Projektgebiet auf. Nachdem die Machbarkeitsstudie abgeschlossen ist, können im Modul 1 der BEW-Förderung nachgelagert Planungsleistungen der HOAI-Phasen 2 – 4 gefördert werden. Nach dem Abschluss der Modul 1 Förderung können in der Modul 2 Förderungen der Planungskosten der HOAI-Phasen 5 – 8 sowie Investitionskosten gefördert werden. Nicht zuletzt können in Modul 3 Einzelmaßnahmen und in Modul 4 Betriebskosten gefördert werden. Die BEW-Förderung stellt aktuell eine vielversprechende Möglichkeit zur Errichtung von zukunftsfähigen Wärmenetzen und somit einer klimaneutralen Zukunft dar.		
Akteure:		
Gemeinderat, Verwaltung, Bürgerinitiative, Fachplaner, ggf. Projektentwickler (z. B. egis eG)		

Kosten:
– Je nach Größe und Komplexität sowie aktuelle Datenlage des Projektes Förderungen: – Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) – Modul 1: 50 % – Modul 2: 40 % – Modul 3: 40 % – Modul 4: Je nach COP der Wärmepumpen, 0,01€/kWh solarthermische Wärme
Ablauf:
1. Zusammenstellen der erforderlichen Unterlagen für den Modul 1 Antrag 2. Modul 1 Antragstellung 3. Beauftragung eines Ingenieurbüros zur Erstellung der Machbarkeitsstudien 4. Beauftragung der Planungsleistungen bei positiven Ergebnissen der Machbarkeitsstudie 5. Modul 2 Antragstellung 6. Planung und Bau des Wärmenetzes in Eigenregie, durch ein Kommunalunternehmen oder im Rahmen einer Konzessionsvergabe
Wirksamkeit:
– CO₂-Einsparungen – Kosteneinsparungen – Stabile Preise für Einwohner der Gemeinde
Herausforderungen:
– Personeller Aufwand – Kosten – Bürgerbeteiligung – Baubedingte Herausforderungen

6.8 Maßnahme 8

Bauleitplanung erneuerbare Energien	Gemeinde Forstinning	Öf  eit
Zielsetzung:		
Einbindung von Wärmeversorgung und Klimaschutz in Planungs- und Entwicklungskonzepten ➔ Frühzeitige Flächensicherung für erneuerbare Energie/Wärme ➔ Sofortmaßnahme		
Beschreibung:		
Der Wärmebedarf von Wohngebäuden hat sich durch Verbesserung der Dämmungen und der Gebäudetechnik sowie vor allem durch die staatlichen Vorgaben in den letzten Jahren deutlich verringert. Um diesen Trend fortzusetzen und zu unterstützen, hat die Gemeinde die Möglichkeit, über energieeffiziente Bauleitplanung den Energieverbrauch der Neubausiedlungen und damit die CO₂-Emissionen weiter zu verringern. Die Orientierung der Gebäude und die Lage zueinander beeinflussen die aktive sowie die passive Nutzung der Sonnenenergie. Die Gebäudegeometrie und festgelegte Baumpflanzungen sind weitere Einflussgrößen auf den Energieverbrauch. Der Heizwärmebedarf kann sich dadurch ohne Erhöhung der Baukosten um bis zu 10 % reduzieren. Zusätzlich bietet sich für die Gemeinde die Möglichkeit, bei der Ausweisung von Baugebieten die Nutzung erneuerbarer Energien oder effizienter Nahwärmeversorgung zu fördern und anzuregen, wobei bei Neubauten häufig die Kombination von Wärmepumpe und Solarthermie sinnvoll erscheint. Selbstverständlich sollten diese energetischen Vorgaben mit den architektonischen Elementen der Bauleitplanung abgestimmt werden, damit neue Siedlungen dem erwünschten Ortsbild entsprechen. Auch bei Gewerbeflächen sollte bei der Planung bedacht werden, ob beispielsweise eine zentrale Wärmeversorgung der Objekte sinnvoll und machbar ist. Damit können die Kosten für ein (kaltes) Nahwärmenetz gesenkt werden, wenn die Verlegung der Rohre direkt mit der Grundstückerschließung erfolgt.		
Mögliche Instrumente für die Gemeinde Forstinning: – Bauleitplanung, Flächennutzungsplan, neue Bebauungspläne – Aufstellung von Ökokriterienkatalog für Baugenehmigungen – Städtebauliche Verträge – Festlegung energierelevanter Maßnahmen in Kaufverträgen – Vergünstigungen beim Baugrundpreis / Förderungen energieeffizienter Bauweise – Spezielle Informationsmöglichkeiten zum Thema erneuerbare Energien, Wärmepumpen, Effizienz usw. für Bürgerinnen und Bürger, die einen Neubau oder Sanierungen		

im Bestand planen Zusätzlich soll sich die Gemeinde bereits bei der Ausweisung von Neubaugebieten oder bei der Planung von (Nah)Wärmenetze mit der Flächensicherung für die Erzeugung von erneuerbaren Energien auseinandersetzen. Hierbei kann es sich z. B. um Flächen für Solarthermieanlagen, saisonale Wärmespeicher, Flächenkollektoren etc. handeln.
Akteure:
Verwaltung, Gemeinderäte, Landkreis
Kosten:
– Keine direkten Kosten außer ggf. Rechtsberatung – Zeitlicher Aufwand für Beratungen – Finanzielle Förderung der Bauherren oder Vergünstigungen bei Einhaltung vorgegebener Richtlinien möglich
Ablauf:
1. Bauliche Optimierung durch Verschattungssimulation des Baugebietes, Firstausrichtung, Dachneigung, ... bei Ausweisung von Neubaugebieten 2. Optimierung der Baukörper 3. Vergleich unterschiedlicher Gebäudestandards bis zum Passivhaus 4. Untersuchung bzw. Vorgabe von effizienten Wärmeversorgungssystemen ((solare) Nahwärme, Wärmepumpen) 5. Berücksichtigung der klimatischen Situation bei der Auswahl von Baugebieten 6. Verbindliche Festlegung der Richtlinien in Bebauungsplan, städtebauliche Verträge usw.
Wirksamkeit:
– Energetische Verbesserung von Neubausiedlungen – Solare Wärmegewinne durch optimierte Gebäudestandorte – Verringerung der Wärmeverluste durch energetisch günstige Bauweisen – Einsatz effizienter Energieversorgungssysteme
Herausforderungen:
– kommunale Vorgaben müssen rechtlich abgesichert sein – Bereitschaft zur energetischen Bauweise, da diese auch ins Ortsbild passen sollte

6.9 Maßnahme 9

Energiemanagementsystem für kommunale Liegenschaften	Gemeinde Forstinning	Öf  eit
Zielsetzung:		
Monitoring der Erfolge durch umgesetzte Maßnahmen, Erkennen von Fehlentwicklungen zur frühzeitigen Optimierung → Umsetzung bis 2030		
Beschreibung:		
Um die Wirkung von energetischen Maßnahmen (z. B. Sanierungen, geändertes Nutzerverhalten, ...) und die Entwicklung des Energieverbrauchs überprüfen zu können, ist ein Energiecontrolling zwingend erforderlich. Unter Energiecontrolling werden das Messbarmachen und das Messen von Energieverbräuchen sowie das Bewerten der Ergebnisse und die nötigen Optimierungen verstanden. Oberste Priorität beim Energiecontrolling hat die Datensicherheit und Datenqualität. Aufgrund der gestellten Anforderungen an Datensicherheit und Aktualität sowie nicht zuletzt der großen Datenmengen, die über viele Jahre erfasst werden, stoßen die bisher meist verwendete Excel-Listen teilweise an ihre Grenzen. Die gestellten Anforderungen an die Datenerfassung lassen sich bestmöglich durch eine Energiecontrolling-Software in Verbindung mit einer webbasierten Datenbank realisieren. Auf eine webbasierte Datenbank kann mit den entsprechenden Zugangsdaten von jedem beliebigen Ort aus zugegriffen werden. So ist z. B. auch der Einsatz von Tablets und Smartphones ohne weiteres möglich und eine Installation und Wartung auf speziellen Rechnern nicht notwendig. Ein weiterer Vorteil ist, dass gleichzeitig mehrere Benutzer auf eine Datenbank zugreifen können und die Verwaltung von großen Datenmengen problemlos möglich ist. Grundlage eines Energiecontrollings stellt die Datenerhebung dar. Diese erfolgt durch das regelmäßige Ablesen bereits vorhandener Verbrauchszähler. Bei kommunalen Liegenschaften erfolgt die Datenerhebung gebäudescharf, bei privaten Haushalten ist dies aufgrund des hohen Aufwandes nicht zu realisieren, hier erfolgt die Datenerhebung über Hochrechnungen. Die Datenerhebung der kommunalen Gebäude erfolgt über die Gebäudeverantwortlichen durch monatliches oder jährliches Ablesen der Zähler für Strom und Wärme (evtl. Wasser). Anschließend werden die Zählerstände direkt in die Datenbank eingetragen (Tablets, Smartphones) oder dem Verantwortlichen in der Verwaltung übermittelt. Die Ernennung von zuständigen Personen ist entscheidend für eine erfolgreiche und qualitativ hochwertige Durchführung des Energiecontrollings. Die Gesamtverantwortung sollte bei		

einem Mitarbeiter in der Gemeindeverwaltung liegen sowie bei Gebäudeverantwortlichen für die kommunalen Liegenschaften. Zusätzlich ist ggf. die Einbindung eines externen Experten zur Einführung und Umsetzung des Energiecontrollings sinnvoll.

Um eine spätere Bewertung der erhobenen Daten zu ermöglichen, ist es erforderlich, Bezugsgrößen festzulegen. Die so ermittelten Kennwerte, z. B. Heizenergieverbrauch pro Quadratmeter und Jahr oder Stromverbrauch pro Einwohner und Jahr, müssen nach den jeweiligen Anforderungen ausgewählt werden. Das Bewerten der Ergebnisse erfolgt anhand der Entwicklung der gebildeten Kennwerte und wird durch den Gesamtverantwortlichen in Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren durchgeführt. Um diese Arbeit zu erleichtern, ist eine Software zu bevorzugen, die direkt Statistiken und Grafiken erzeugen kann. Außerdem lassen sich über eine derartige Software jedes Jahr automatisiert Berichte erzeugen, die über die umgesetzten Maßnahmen, die Entwicklung des Energieverbrauchs sowie die CO₂-Emissionen Aufschluss geben. Diese Berichte können zur Entwicklung von weiteren Maßnahmen dienen und sollten zur allgemeinen Information und zur Steigerung des Bewusstseins der Bürgerinnen und Bürger öffentlichkeitswirksam präsentiert werden.

In der Bestandsanalyse des kommunalen Wärmeplans wurden bereits verschiedene relevante Verbrauchsdaten erfasst, die in die Energiecontrolling-Software eingetragen werden und somit als Basisdaten dienen. Zudem sind genaue Daten über Verbrauch, Anlagen und Sanierungszustand der kommunalen Gebäude notwendig. Über die ersten drei Jahre des Messzeitraums wird dann ein Mittelwert gebildet, welcher die Startbilanz und Referenzwert abbildet, mit dem die zukünftigen Entwicklungen verglichen werden.

Akteure:

Gemeindeverwaltung, Gebäudeverantwortliche

Kosten:

- Kosten für die Energiemanagementsoftware inklusive Datenbank und deren Wartung
- Zeitaufwand für die Gemeindeverwaltungen und die Anlagenverantwortlichen
- Ggf. müssen noch Verbrauchszähler für eine detaillierte Erfassung nachgerüstet werden

Ablauf:

1. Beschluss zur Einführung eines Energiecontrolling durch die Gemeinde
2. Festlegen einer Energiecontrolling-Software
3. Festlegen der Zuständigkeiten
4. Schaffen einer Datenbasis: Eintragung aller kommunalen Verbrauchsposten
5. Eintragen der Verbrauchsdaten entsprechend dem Ableseintervall
6. Bewertung und Optimierung der umgesetzten Maßnahmen
7. Jährliche Berichterstattung über die aktuelle Entwicklung
8. Entwicklung und Umsetzung zusätzlicher Maßnahmen

Wirksamkeit:

- Ständig aktueller Stand über die Umsetzung der Energiewende in den eigenen Liegenschaften
- Konsequente Erhebung und Prüfung der kommunalen Energieverbräuche an einer zentralen Stelle
- Kontrolle umgesetzter Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit
- Frühzeitige Erkennung von Fehlerfällen direkte mögliche Behebung dieser

Herausforderungen:

- Ablesung durch die Anlagenverantwortlichen
- Investitionskosten, da durch das Energiecontrolling keine direkten Einsparungen erzielt werden
- Zusätzlicher Zeitaufwand für die Verantwortlichen in der Gemeindeverwaltung

6.10 Maßnahme 10

Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen	Gemeinde Forstinning	Öf  eit
Zielsetzung: – Finanzierungslösung – Ausbau der erneuerbaren Energien – Regionale Wertschöpfung – Identifikation und Akzeptanz mit Baumaßnahmen – Kapitalanlage ➔ Umsetzung bis 2045		
Beschreibung: Zum Ausbau der Anlagen erneuerbarer Energien können neben der Finanzierung über private Einzelinvestoren, Firmen oder Kommunen auch Gesellschaften gegründet oder genutzt werden, an denen sich die Bürger vor Ort finanziell beteiligen können. Dadurch werden zusätzliche private Finanzmittel zum Ausbau der Erneuerbaren akquiriert sowie Kosten, Risiken und Gewinne verteilt. Entscheidend sind hierbei eine strukturierte Planung und die Wahl der passenden Rechtsform. Im Idealfall sollten hierbei die ggf. vorhandenen und gewachsenen Strukturen in der Gemeinde mit einbezogen werden. In erster Linie zählen dazu bereits bestehende regionale Energiegenossenschaften wie z. B. die BEG Bürgerenergie Landkreis Ebersberg eG. Dies dient nicht nur der finanziellen Unterstützung, sondern auch der ideellen Förderung sowie des Austauschs von Erfahrungen und Know-how zwischen den beteiligten Akteuren der Gesellschaft. Eine erhöhte bürgerliche Beteiligung an den bestehenden Genossenschaften oder die Errichtung von neuen Genossenschaften bewirkt eine höhere Effektivität und Geschwindigkeit der Energiewende in der Kommune.		
Akteure:		
Vereine, Bürger, Bürgerinitiativen, existierende Genossenschaften, Planungsbüro, Banken, Gemeindeverwaltung, Kommunalunternehmen		
Kosten:		
Abhängig von der gewählten Rechtsform		

Ablauf:**Schritt 1: Akteursanalyse**

- Welche Akteure sind an einer Mitwirkung interessiert?
- Welche funktionale Rolle nehmen die jeweiligen Akteure ein? (Geldgeber, kaufmännische Verwaltung, Einbringung juristischen Know-hows etc.)
- Welche Unterstützung/Funktionen fehlen noch?
- Wer könnte dafür ins Boot geholt werden?
- Was sind Ziele und Motive der Akteure? (Energiewende, Rendite, Kundenbindung, langfristige Preisgarantie, regionale Identität, ...)

Schritt 2: Projektdimension: Einzelanlage, Anlagenpark, zukünftige Erweiterung**Schritt 3: Ausgestaltung des Projekts**

- Investoren: Bürger der Region, finanzkräftige auswärtige Partner, ...
- Mitbestimmung: umfassendes Mitspracherecht für Anleger?
- Einlagehöhe: Festlegung einer Mindestbeteiligung (geringerer Verwaltungsaufwand) oder Kleinbeteiligungen (breite Beteiligung)

Schritt 4: Wahl der Rechtsform

Anhand der in den vorgestellten Schritten festgestellten Sachverhalte kann nun die geeignete Rechtsform gewählt werden:

- eingetragene Genossenschaft (eG)
 - Haftung nur in Höhe der jeweiligen Einlage
 - Finanzierung verschiedener Projekte und Anlagen unter einem Dach
 - Risikoverteilung auf alle Anleger
 - Jeder Genosse hat gleiches Stimmrecht
- GmbH & Co.KG
 - Begrenztes Haftungsrisiko für Kommanditisten
 - Für jede neue Anlage wird unterhalb der GmbH eine neue Co.KG gegründet. Daraus resultiert eine direkte Identifikation der Anleger mit der Anlage und ein hohes Maß an Transparenz
 - Vorsicht: höhere Fixkosten (wegen hohem Verwaltungsaufwand) und kein Risikoausgleich mit anderen Anlagen möglich
- Gesellschaft bürgerlichen Rechts (GbR)
 - Hohes Haftungsrisiko, weil jeder Gesellschafter einer persönlichen Haftungspflicht unterliegt
 - Vorteil: geringe Gründungsanforderungen; ideal für kleine Projekte mit einem überschaubaren Risiko
- weitere Formen: AG, KG, Stiftung, Stille Beteiligung, ...

Schritt 5: Öffentlichkeitsarbeit zur Akquise von Beteiligungen**Wirksamkeit:**

- Akzeptanz von erneuerbaren Energiemaßnahmen steigt

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">– Geld bleibt in der Region– “Energie aus der Region – für die Region“– Steuereinnahmen für die Kommunen werden generiert |
|---|

Herausforderungen:
– hoher Anspruch an Fachwissen (wirtschaftlich, rechtlich, technisch, ...) – Vorschriften der Finanzaufsicht – Regelungen der Haftung / Prospekthaftung

6.11 Maßnahme 11

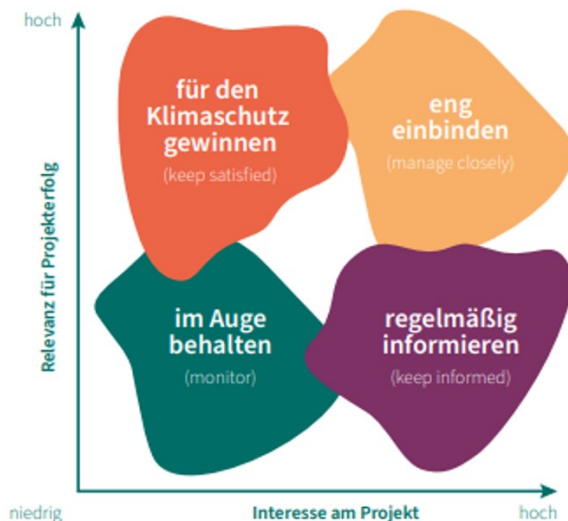
Synchronisierung der KWP mit dem Ausbau der Stromverteilnetze	Gemeinde Forstinning	Öffentl. 
Zielsetzung: Sicherstellung ausreichender Kapazitäten im Stromverteilnetz der Kommune für die in der KWP definierten Ziele zur Wärmewende. → Umsetzung bis 2030, spätestens 2035		
Beschreibung: In Gebieten ohne realistische Chance auf den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetz, sowie sonstige Haushalte, welche sich nicht an ein Wärmenetz anschließen wollen, wird in Zukunft in hohem Maß strombasierte Wärmegewinnung stattfinden. Auch wenn ein Teil davon durch lokale PV-Anlagen erzeugt werden wird, ergeben sich aus der Summe der Anlagen Herausforderungen für das örtliche Strom-Verteilnetz. Der Ausbau und die vielerorts notwendige Ertüchtigung des Stromnetzes muss umfassend und langfristig geplant werden. Die sich aus der KWP ergebende langfristige Prognose für den Ausbau von strombasierter Wärmegewinnung (hauptsächlich Wärmepumpen) muss in die Ausbau- und Sanierungspläne des örtlichen Stromverteilnetz integriert werden. Dies sollte frühzeitig und mit einem lange Planungshorizont erfolgen, um den Ausbau des Stromnetzes möglichst effizient und damit auch kostengünstig vorantreiben zu können.		
Akteure: Örtliche Strom-Verteilnetzbetreiber (VNB): Bayernwerk Netz GmbH, EBERwerk GmbH & Co. KG, SEW Stromversorgungs-GmbH, Gemeindeverwaltung, ggf. Ingenieurbüros		
Kosten: Keine direkten zusätzlichen Kosten, Personalaufwand für die Abstimmung mit den VNB		
Ablauf: 1. Klärung, inwiefern die Situation bereits in bestehenden Ausbaupfaden des VNB abgebildet ist 2. Abschätzung der Größenordnung und geographische Verteilung zusätzlicher elektrischer Lasten im Verteilnetz durch die Wärmewendestrategie der KWP 3. Sicherstellung der Einarbeitung entsprechender Erkenntnisse in die Ausbaupläne des VNB		
Wirksamkeit: – Ermöglichung privater Investitionen in Wärmepumpen, PV-Anlagen und Elektromobilität		

– Verringerung des Primärenergieeinsatz in der Wärmeerzeugung
Herausforderungen:
– Personeller Aufwand und Fachexpertise

6.12 Maßnahme 12

Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung	Gemeinde Forstinning	Öf  eit
Zielsetzung:		
Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung alle 5 Jahre als Monitoring-Maßnahme → Nächste Fortschreibung: 2030		
Beschreibung:		
Die regelmäßige (alle 5 Jahre) Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung wurde im Wärmeplanungsgesetz §25 festgelegt. Im Zuge der Fortschreibung soll für die Gemeinde die Entwicklung der Wärmeversorgung bis zum Zieljahr aufgezeigt werden. In der kommunalen Wärmeplanung werden Ziele für die Stützjahre definiert. Bei der Fortschreibung muss kontrolliert werden, ob die Ziele erreicht wurden. Ein frühzeitiger Abschluss der Zielszenarien ist erstrebenswert. Wurden die Zielszenarien nicht erreicht, müssen etwaige Fehlentwicklungen in der Wärmeversorgung identifiziert werden, damit diese Hürden in den darauffolgenden Jahren behoben werden können. Auf diese Weise stellt die Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung eine Controlling-Strategie dar.		
Akteure:		
Gemeinderat, Gemeindeverwaltung, Klimaschutzmanager, ggf. Ingenieurbüros		
Kosten:		
– Personalkosten – Ggf. Kosten für Ingenieurbüros		
Wirksamkeit:		
– Kontrolle umgesetzter Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit – Möglichkeit zur Anpassung der Wärmewendestrategie für mehr Effizienz und Geschwindigkeit in der Wärmewende		
Herausforderungen:		
– Personeller Aufwand – Ggf. Kosten		

7. Akteursbeteiligung



In einem Konzept im Ausmaß eines kommunalen Wärmeplans ist die Zahl der beteiligten Akteure enorm. Um diese in ein Schema aufzugliedern, kann die Einfluss-Interessen-Matrix nach Hansel et. al (Abbildung 49) herangezogen werden. Für das Projekt gibt es zum einen Akteure, die für den Erfolg des Projektes essenziell sind, zum anderen Akteure, die ein hohes informelles Interesse am Projekt haben. Die Gemeinde Forstinning beispielsweise verfügt über beide Eigenschaften und sollte, wie die Matrix schon beschreibt, eng in die Entscheidungen in der Konzeptionierung eingebunden werden. So können Akteure über dieses Bewertungsschema priorisiert werden.

Abbildung 49: Bewertungsschema zur Priorisierung von Akteuren (Nach Hansel et. al 2017, 8/9 & Mind Tools)

Alle Akteure, die in irgendeiner Form an der Erstellung dieses Konzepts beteiligt waren, sind in **Tabelle 28** aufgelistet. Dabei verfügt jeder Akteur über drei grundlegende Charakteristiken. Alle Beteiligten haben eine Kernkompetenz, für die sie im KWP zuständig sind. Im Gegenzug besteht bei den Akteuren ein Motiv, warum sie auf das Konzept Einfluss nehmen wollen. Oftmals sind dies rein finanzielle Interessen sowie die Erweiterung des Geschäftsfeldes und Kundenstammes. Andere haben das Ziel, die Energiewende im Ort voranzubringen, um in Zukunft davon profitieren zu können. Die Gründe sind vielfältig und individuell, weswegen jedem Akteur eine spezifische Rolle zugewiesen werden kann. Außerdem können die Mitwirkenden in zwei Gruppen des Beteiligungsformates untergliedert werden. Zum einen die partizipative Beteiligung, bei der die Akteure mit dem Konzeptersteller regelmäßigen Austausch haben, wie z. B. Einzelabstimmungen oder festgesetzte Online-Meetings. Ziel dabei ist die Findung von beidseitig akzeptierten Ergebnissen und die Aufstellung von Maßnahmen für die spätere Umsetzung. Zum anderen gibt es die informative Beteiligung, bei der die Akteure in Form von öffentlichen Runden oder Präsentationen der Zwischenstände informiert und zur Diskussion angeregt werden.

Tabelle 28: Beteiligte Akteure mit Beteiligungsart

Akteur	Rolle/Kompetenz	Einfluss/Interesse	Beteiligungsart
Gemeinde Forstinning	Planungsverantwortliche Stelle	Attraktives Stadtleben und Standort für Firmen, Klimaschutz	Partizipativ

energie.concept.bayern (ecb)	Dienstleister, Ersteller der kommunalen Wärmeplanung	Beitrag zur Wärmewende, Kundenerweiterung, Netzwerk	Partizipativ
Energieagentur Ebersberg München gGmbH	Beaufsichtigung des Projektes, Datenbereitstellung	Beitrag zur Wärmewende	Partizipativ
Abwasserzweckverband Erdinger Moos	Datenbereitstellung	Vermarktung ungenutzter Abwasserwärme	Partizipativ
Bayernwerk Netz GmbH	Datenbereitstellung Stromnetzdaten	Beitrag zur Wärmewende, Kundenerweiterung	Partizipativ
Landesinnungsverband für das Bayerische Kaminkehrerhandwerk (LIV)	Statistische Erfassung und Bereitstellung der Kehrdaten	Beitrag zur Wärmewende	Partizipativ
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie	Energie-Atlas Bayern, kontinuierliche Aktualisierung, Information und Beratung	Bereitstellung einer Datenquelle hoher Quantität und Qualität	Partizipativ
BürgerInnen	Anschlussnehmer, Energieverbraucher, Akzeptanz der Wärmewende, Geldgeber, Genossenschaften	Unabhängigkeit vom Gasnetz, stabile Wärmeversorgung in naher Zukunft, nachhaltige Investition, Preisstabilität	Partizipativ/ Informativ
Land- und Forstwirte	Bereitstellung von Biomasse/Biogas und Flächen für Energieerzeugung	Beitrag zur Wärmewende, Finanzielle Gründe, Einfluss	Informativ
Bayerische Vermessungsverwaltung (BVV)	Bereitstellung und Aktualisierung Geodaten wie LoD2-Daten, ALKIS oder TN-Daten, Beratung	Zentrale Anlaufstelle für Geodaten	Partizipativ
Wasserwirtschaftsämter Rosenheim und München	Beratung zu wasserrechtlichen Angelegenheiten	Gewässerschutz, Renaturierung	Partizipativ
Landesamt für Umwelt (LfU)	Datenbereitstellung	Beitrag zur Wärmewende	Partizipativ
Banken	Geldgeber, Beratung	Realisierung von Projekten, Kundenbindung	Informativ
Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)	Fördermittelgeber, Beratung	Beschleunigung der Wärmewende, Vollzug guter Planung und Ausführung der Projekte	Partizipativ/ Informativ
Bundesnetzagentur	Datenbereitstellung per Marktstammdatenregister	Öffentliche Daten kostenlos zugänglich machen	Informativ
Genossenschaften	Erfahrung, Kunden-	Finanzstarke Partner für	Informativ

	aquise, Folgeaufträge, Kundenbindung	den Bau von u.a. Wärme- netze, mögl. Wärmenetz- betreiber	
--	---	---	--

8. Kommunikationsstrategie

Die Kommunale Wärmeplanung ist ein Gemeinschaftsprojekt, das nicht nur von den Verantwortlichen der Gemeinde Forstinning, sondern auch von den Bürgerinnen und Bürgern sowie verschiedenen Akteuren vor Ort getragen wird. Eine erfolgreiche Umsetzung der Wärmeplanung setzt eine transparente und kontinuierliche Kommunikation voraus. Daher sollte großer Wert auf eine passende Kommunikationsstrategie sowie auf die Einbindung der Öffentlichkeit und relevanter Akteure (siehe Kapitel 7) gelegt werden.

Ziele der Kommunikationsstrategie:

Die Kommunikationsstrategie verfolgt mehrere zentrale Ziele:

1. **Transparenz schaffen:** Bürgerinnen und Bürger sollten von Anfang an über alle Schritte der Planung informiert werden. So soll klar sein, was die Kommunale Wärmeplanung beinhaltet, welche Schritte nötig sind und was dies langfristig für die Gemeinde bedeutet. Über verschiedenste, zur Verfügung stehende Kanäle wurde gleich zu Beginn der KWP-Erstellung über das Vorhaben informiert.
2. **Vertrauen aufbauen:** Durch offene und ehrliche Kommunikation schafft man Vertrauen in den Planungsprozess.
3. **Missverständnisse vermeiden:** Viele Bürgerinnen und Bürger haben möglicherweise Sorgen oder Missverständnisse über mögliche Kosten oder (bauliche) Maßnahmen. Die Kommunikation sollte sicherstellen, dass sie gut informiert sind und wissen, dass aktuell kein Handlungsbedarf besteht bzw. dass sie rechtzeitig informiert werden.
4. **Kontinuierliche Information:** Regelmäßig über den Fortschritt informieren ist wichtig – ob durch Informationsveranstaltungen, Flyer, Newsletter oder andere Kanäle. Neben ausgelegten Flyern und Plakaten wurden die Gemeinde-Homepage, Öffentlichkeitsveranstaltungen sowie der Gemeinderat als Informationsplattform genutzt.

Einbindung der Öffentlichkeit:

Eine breite Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger ist ein zentraler Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung. Nur durch aktiven Austausch und offene Kommunikation kann ein Plan entwickelt werden, der den Bedürfnissen und Interessen der gesamten Gemeinde gerecht wird.

Öffentliche Informationsveranstaltungen und Bürgerbeteiligung: Man sollte andenken, Informationsabende oder Workshops anzubieten, bei denen der Stand der Planungen vorgestellt wird. Diese Veranstaltungen bieten den Interessenten die Gelegenheit, Fragen zu stellen und eigene Anregungen einzubringen. Die ersten Ergebnisse der Bestandsanalyse wurden in einer ersten Öffentlichkeitsveranstaltung präsentiert, im gleichen Rahmen, sowie der Gemeinderatssitzung, fand auch die Abschlusspräsentation mit Vorstellung der Zielszenarien statt. In

den Bürgerversammlungen hatten die Bürgerinnen und Bürger die Möglichkeit, Fragen zu stellen und Einwände und Vorschläge zu äußern. Fachlich, seitens Energieberatung, wurden die Veranstaltungen von Herrn Heiko Bernhardt von der Energieagentur Ebersberg unterstützt.

Einbindung relevanter Akteure:

Neben der Bevölkerung gibt es auch weitere wichtige Akteure (Kapitel 7), die in den Planungsprozess eingebunden werden müssen, wie unter anderem:

- **Energieversorger:** Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der technischen Umsetzung und Bereitstellung der Wärmeversorgung.
- **Bau- und Handwerksunternehmen:** Diese Unternehmen werden in der späteren Umsetzung von Wärmeprojekten eine Schlüsselrolle einnehmen.
- **Immobilienbesitzer und Vermieter:** Sie sind direkt betroffen und müssen über den Planungsprozess und mögliche zukünftige Änderungen umfassend informiert werden.
- **Umwelt- und Naturschutzorganisationen:** Ihre Expertise fließt möglicherweise in die Erarbeitung nachhaltiger Lösungen ein.
- **Meinungsführer:** mögliche Arbeitsgruppen oder bekannte Personen im öffentlichen Bereich sollte man frühzeitig mit einbinden, da diese wichtigen Informationen gut in die Bevölkerung weitertragen können und womöglich soweit fachliches KnowHow haben, um erste Fragen oder Zweifel zu beantworten.

Die Auflistung der Akteure, mit denen im Laufe der Erstellung des Kommunalen Wärmeplans bereits gearbeitet und kommuniziert wurde, befindet sich in Kapitel 7.

Durch regelmäßige Treffen, Arbeitsgruppen und Workshops mit diesen und weiteren Akteuren kann sichergestellt werden, dass die Interessen und das Fachwissen aller Beteiligten berücksichtigt werden.

Kommunikationsmittel und -kanäle:

Um möglichst viele Bürgerinnen und Bürger zu erreichen, sollte man auf eine breite Palette an Kommunikationsmitteln setzen:

1. **Flyer und Broschüren:** Diese bieten kompakte Informationen in einfacher und verständlicher Sprache. Sie enthalten wichtige Fakten und beantworten häufige Fragen. Die Forstninger Bürgerinnen und Bürger wurden über einen A4 Flyer mit Inhalten wie Definitionen der Kommunalen Wärmeplanung und den häufigsten FAQ an verschiedenen Auslagestellen informiert.
2. **Gemeindeblätter und Newsletter:** Durch regelmäßige Beiträge in den Gemeindezeitungen und über E-Mail-Newsletter kann man auf dem Laufenden halten.

Dieses Medium eignet sich hervorragend ebenfalls für die Abschlussinformation sowie mögliche Pläne der späteren Umsetzung.

3. Digitale Plattformen: Auf der Website der Gemeinde Forstinning (www.forstinning.de) findet man aktuelle Informationen zur Wärmeplanung. Zusätzlich könnte man es in Betracht ziehen, die Möglichkeit zu geben, online Fragen zu stellen oder sich aktiv in den Planungsprozess einzubringen.

Phasen der Kommunikation:

Die Kommunikation verläuft parallel zu den verschiedenen Phasen der Kommunalen Wärmeplanung:

- **Phase 1: Informationsphase** – Hier werden die Bürgerinnen und Bürger grundlegend über die Ziele und Notwendigkeit der Wärmeplanung, ohne konkrete Maßnahmen anzukündigen, informiert.
- **Phase 2: Beteiligungsphase** – In dieser Phase wird die Öffentlichkeit aktiv einbezogen. Es werden Szenarien vorgestellt, Meinungen eingeholt und Diskussionen geführt.
- **Phase 3: Planungsabschluss und Umsetzung** – Sobald die Planung abgeschlossen ist, werden die Bürger erneut informiert. Alle geplanten Maßnahmen werden detailliert erklärt, und es wird klar kommuniziert, was für wen relevant ist.

Fazit:

Durch eine umfassende Kommunikationsstrategie und die frühzeitige Einbindung der Öffentlichkeit und relevanter Akteure kann sichergestellt werden, dass der Prozess der Kommunalen Wärmeplanung offen, transparent und für alle Beteiligten nachvollziehbar verläuft. Gemeinsam gestalten wir eine zukunftssichere, umweltfreundliche Wärmeversorgung, die den Bedürfnissen der Stadt oder Gemeinde entspricht.

9. Verstetigungsstrategie

Die Verstetigungsstrategie eines Kommunalen Wärmeplans (KWP) zielt darauf ab, dessen dauerhafte Realisierung und kontinuierliche Weiterentwicklung sicherzustellen. Dabei stellen sich zentrale Fragen: Wie kann ein KWP langfristig in der Kommune verankert werden und welche Beteiligungsmöglichkeiten für Bürgerinnen und Bürger, lokale Unternehmen sowie weitere Interessengruppen sind sinnvoll und wirksam?

Grundlegend ist zunächst die klare Formulierung von Wärmeeinsparungszielen und dem Pfad zur Treibhausgasneutralität. Diese Ziele sollten durch eine strategische Planung unterstützt werden, die konkret beschreibt, welche Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele beitragen. Ein zentraler Bestandteil dieser Planung ist ein solider Finanzierungsplan, der aufzeigt, wie die Maßnahmen finanziell abgesichert und langfristig umgesetzt werden können.

Für die erfolgreiche Realisierung eines KWP ist es zudem wichtig, Organisationsstrukturen zu schaffen, die die Umsetzung der Maßnahmen steuern und koordinieren. Dies könnte durch die Einrichtung von Klimaschutzmanagement-Positionen innerhalb der Kommune oder durch die Zusammenarbeit mit regionalen Versorgungsunternehmen geschehen. Diese Akteure übernehmen idealerweise die zentrale Verantwortung vor Ort und sorgen dafür, dass die Maßnahmen im Rahmen des KWP planmäßig umgesetzt und weiterentwickelt werden.

In den folgenden Abbildungen sind diverse Empfehlungen für eine erfolgsversprechende Verstetigung der KWP abgebildet.

EMPFEHLUNGEN FÜR DIE VERSTETIGUNG

PERSONAL	Die Einsetzung von Projektverantwortlichen (z.B. Klimaschutzmanagern) ist essenziell. Diese Personen koordinieren die Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung in Forstinning, organisieren Beteiligungsprozesse und steuern die vorgeschlagenen Maßnahmen. Sie arbeiten eng mit den Versorgungsunternehmen und anderen Akteuren zusammen. Zusätzlich können externe Fachkräfte, z. B. Energieberater, hinzugezogen werden.
STRATEGIE	Eine langfristig angelegte Wärmeplanungsstrategie, die regelmäßig überprüft und angepasst wird, bildet das Rückgrat der Verstetigung. Es ist wichtig, dass klare Ziele, Zwischenschritte und Meilensteine definiert werden. Diese Strategie sollte flexibel genug sein, um auf neue technologische und gesetzliche Entwicklungen zu reagieren.
KLIMASCHUTZZIELE	Die Festlegung ambitionierter, aber realistischer Klimaschutzziele (z. B. Treibhausgasneutralität bis 2040) bildet die Basis für die Maßnahmen. Diese Ziele müssen regelmäßig überprüft und gegebenenfalls angepasst werden, um den Klimawandel wirksam zu bekämpfen. Langfristige Ziele helfen, den Fokus auf Nachhaltigkeit zu legen.
FINANZIERUNG	Ein nachhaltiger Finanzierungsplan stellt sicher, dass die erforderlichen Investitionen langfristig abgesichert sind. Neben vorhandenen Mitteln könnten und sollten auch Förderprogramme sowie private Investitionen berücksichtigt werden. Zudem ist es wichtig, Finanzierungsmöglichkeiten für Bürgerbeteiligungen (z. B. Energiegenossenschaften) zu ermöglichen.
CONTROLLING	Ein systematisches Monitoring und Controlling ist entscheidend für den Erfolg der KWP in Forstinning. Durch regelmäßige Berichterstattung und Auswertung der Maßnahmen können Erfolge sichtbar gemacht und Optimierungsbedarf erkannt werden. Controlling sorgt dafür, dass die Pläne und Ziele eingehalten werden.
NETZWERKE	Der Aufbau und die Pflege eines guten Netzwerks aus kommunalen Akteuren, Versorgungsunternehmen, Bürgergruppen, Unternehmen und Forschungseinrichtungen ist entscheidend für die Verstetigung. Diese Netzwerke erleichtern den Austausch, die Kooperation und die gemeinsame Weiterentwicklung von verschiedenen Projekten.

Abbildung 50: Empfehlungen für die Verstetigung Teil 1. Quelle: ecb

MASSNAHMEN NACH AUSSEN	Die Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern und lokaler Akteure durch Informationskampagnen, Beteiligungsformate und öffentliche Veranstaltungen ist wichtig. Transparenz und Mitgestaltungsmöglichkeiten stärken die Akzeptanz und das Vertrauen in die Wärmeplanung. Ein steter Dialog mit der Bevölkerung der betroffenen Einzelgebiete über Fortschritte und Herausforderungen trägt zur Verstetigung bei.
WISSENSTRANSFER UND WEITERBILDUNG	Regelmäßige Weiterbildungsmöglichkeiten für Mitarbeiter sowie den Austausch von Best Practices zwischen Kommunen und Städten können die Qualität der Umsetzung verbessern. Die Etablierung von Wissensmanagement innerhalb der Gemeinde ist sinnvoll, um Erfahrungen aus Pilotprojekten nutzbar zu machen.
TECHNOLOGISCHE INNOVATION	Die Einführung und Nutzung innovativer Technologien (z. B. digitale Monitoring-Tools) muss kontinuierlich gefördert werden. Investitionen in Forschung und Entwicklung in bspw. Zusammenarbeit mit Hochschulen, Unternehmen und Instituten können die Effizienz der Maßnahmen verbessern.
ÖFFENTLICHKEITS-ARBEIT	Eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit, die über Fortschritte, Erfolge und Herausforderungen informiert, ist wichtig, um das Thema Wärmeplanung in den Köpfen der Bürgerinnen und Bürger zu festigen. Kampagnen zur Sensibilisierung für klimafreundliches Verhalten sollten dauerhaft betrieben werden.

Abbildung 51: Empfehlungen für die Verstetigung Teil 2. Quelle: ecb

Das Ziel der Verstetigungsstrategie ist die dauerhafte Überwachung und Begleitung des Kommunalen Wärmeplans. Dazu gehören die fortlaufende Umsetzung der Maßnahmen, die Einbindung von Beteiligungsprozessen, die Pflege und Betreuung von Netzwerken und der Kommunikation mit der Öffentlichkeit sowie das Monitoring und Controlling der Fortschritte. Um dies zu gewährleisten, müssen von Anfang an klare Grundlagen und erfolgsversprechende Rahmenbedingungen geschaffen werden. Nur so kann eine nachhaltige Verstetigung und Anpassung des KWP an zukünftige Entwicklungen sichergestellt werden.

Umsetzungsbegleitende Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikationsstrategie

Die Umsetzung von Maßnahmen-Vorschlägen des Kommunalen Wärmeplans ist der nächste Schritt in Richtung Energiewende. Dabei hat nicht nur die Gemeindeverwaltung eine wichtige Schlüsselrolle und Vorbildfunktion, auch die Bevölkerung trägt wesentlich zum Erfolg oder Nichterfolg des Wandels bei.

Das Konzept für Öffentlichkeitsarbeit dient der Bekanntmachung der erarbeiteten Inhalte des KWP nach dessen Fertigstellung.

Im Zuge der Erstellung des KWP wurden interessierte Bürger und Akteure eingebunden. In Öffentlichkeitsveranstaltungen, Gemeinderatssitzungen, auf der Gemeindehomepage und via

Druckprodukte wurden Zwischenergebnisse zur Grundlagenermittlung, Potenzialanalyse und Zielszenarien präsentiert.

Nun gilt es, den KWP inklusive dem fertigen Maßnahmenkatalog einer breiteren Öffentlichkeit zu präsentieren. Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten. Damit die Bekanntmachung des Wärmeplans und seiner Inhalte möglichst optimal abläuft, ist es sinnvoll, sich zunächst einen konkreten Plan zum Ablauf und den Zielen der Öffentlichkeitsarbeit zu überlegen.

Dieser könnte folgendermaßen aussehen:

Die grundlegenden Ansatzpunkte:

A. Welche konkreten Ziele sollen durch die Öffentlichkeitsarbeit erreicht werden?

Das erste übergeordnete Ziel der Öffentlichkeitsarbeit zum KWP ist es, die Ergebnisse und Erläuterungen der Bevölkerung zugänglich zu machen. Der KWP beinhaltet in Teilen große Maßnahmenvorschläge, die erklärungsbedürftig sind und dies ist eine wichtige Aufgabe der Öffentlichkeitsarbeit.

B. Welche einzelnen Arbeitsschritte und Aufgaben sind bis zur Zielerreichung zu erledigen?

Mögliche Arbeitspakete wären:

- Vorbereitung der Öffentlichkeitsarbeit
 - Einstimmigkeit im Gemeinderat gibt Sicherheit und Vertrauen
 - Kenntnis und Verständnis von Projektdetails samt Vorteilen und Antworten auf mögliche Fragestellungen und Gegenargumente
 - Ablauf der Kommunikationsstrategie und Anzahl der kommenden Termine definieren
- Informationsveranstaltungen
 - Planen und Bewerben der Veranstaltung (Termine, Referenten, Örtlichkeit, Einladungen an bestimmte Akteursgruppen, ggf. Druckprodukte, etc.)
 - Ablauf einer Veranstaltung – Grußwort, Fachvorträge, Diskussionsrunde mit dem Publikum, Hinweis auf weitere Veranstaltungen
- Exkursionen und Fachvorträge
 - Planen und Bewerben (Wahl eines geeigneten Themas/ Referenten/Ort, Termin und zeitlichen Ablauf definieren, Einladungen versenden, Ankündigung per Presse/Flyer/Internet, ggf. Transportmittel organisieren)
 - Ablauf einer Exkursion

- Hinfahrt für Informationsweitergabe und Einführung nutzen, Führung durch die Anlage, anschließende Dialogmöglichkeit schaffen, Aufbereitung des Tages mittels Fotos und Pressetexte
- Eigene Website bzw. Unterseite
 - Inhalte definieren: Wärmeplanung definieren, Analyse-Ergebnisse, FAQ-Bereich (gefüllt mit Fragen bspw. Aus Veranstaltungen), Maßnahmenvorstellung samt Definitionen, Wärmenetzgebiete inkl. Priorisierung, Veranstaltungshinweise, etc.
 - Umsetzung und Pflege: Programmierung und Verantwortlichen festlegen, Seiten-Struktur anlegen, Texte verfassen, Redaktionsplan erstellen, regelmäßige Aktualisierung prüfen
 - Bekanntmachen der Website: Verlinkung auf Startseiten, Veröffentlichung auf Druckprodukten (z.B. via QR-Code), Hinweis in Newslettern, Presseartikeln, etc.

C. Welche Personengruppen stehen in der Gemeinde als Multiplikatoren zur Verfügung (z.B. Arbeitskreise, Vereine etc.)?

- Bürgermeister
- Mitglieder des Gemeinderates
- Verwaltungsmitarbeiter
- Ingenieurbüros
- Arbeitskreise zum Thema Energie, Klimaschutz, etc.
- Lokale Umwelt- und Naturschutzgruppen
- Energieberater aus der Region
- Öffentliche Meinungsbildner (Presse, Kirchen, Gewerkschaften und betroffene Bürger)
- Unternehmer und Handwerker
- Land- und Forstwirte / Waldbesitzerverbände

D. Wer übernimmt welche Aufgaben?

Je nachdem, welche Form der Öffentlichkeitsarbeit gewählt wird, können die einzelnen Schritte in Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren durchgeführt werden. Die Vorbereitung der Kommunikation sollte über die Gemeinde laufen. Bürgermeister, Gemeinderäte und Verwaltungsmitarbeiter sind für die Bürger leicht ansprechbar und sollten einheitliche Kenntnisse über die Wärmeplanung haben. Im Idealfall gibt es eine Person, die den Überblick über die gesamte Öffentlichkeitsarbeit behält und die einzelnen Maßnahmen koordiniert und an Verantwortliche rückmeldet. Bei der konkreten Planung von Veranstaltungen, Exkursionen, oder Newslettern können auch Akteure aus der Bürgerschaft oder externe Dienstleister wie Kommunikationsagenturen und Ingenieurbüros hinzugezogen werden.

10. Controlling-Konzept

Wie beschrieben, ist das Thema Controlling ein wichtiger Bestandteil der Wärmewendestrategie. Der KWP ist eine Momentaufnahme. Das Konzept ist eine strategische und informelle Planung, die einmal aufgestellt, kontinuierlich - mindestens alle fünf Jahre - fortgeschrieben und evaluiert werden kann und sollte. Die Frage „Was muss geändert werden, um die Ziele planmäßig zu erreichen?“ kann nicht auf Anhieb gelöst, sondern muss über kleinere Einzelprojekte abgearbeitet und per Maßnahmenpakete fortlaufend aktualisiert werden.

Das Thema Controlling stellt die Grundlage für die Steuerung, Überwachung und Fortschreibung des Wärmeplans dar. Die Kommunale Wärmeplanung ist deswegen ein strategischer Leitfaden mit praxisorientiertem Umsetzungspotenzial.

Im Controlling besteht zum Beispiel ein klassischer PDCA-Managementprozess aus vier Stufen: **Plan** (Planen), **Do** (Umsetzen), **Check** (Überprüfen), **Act** (Nachsteuern).

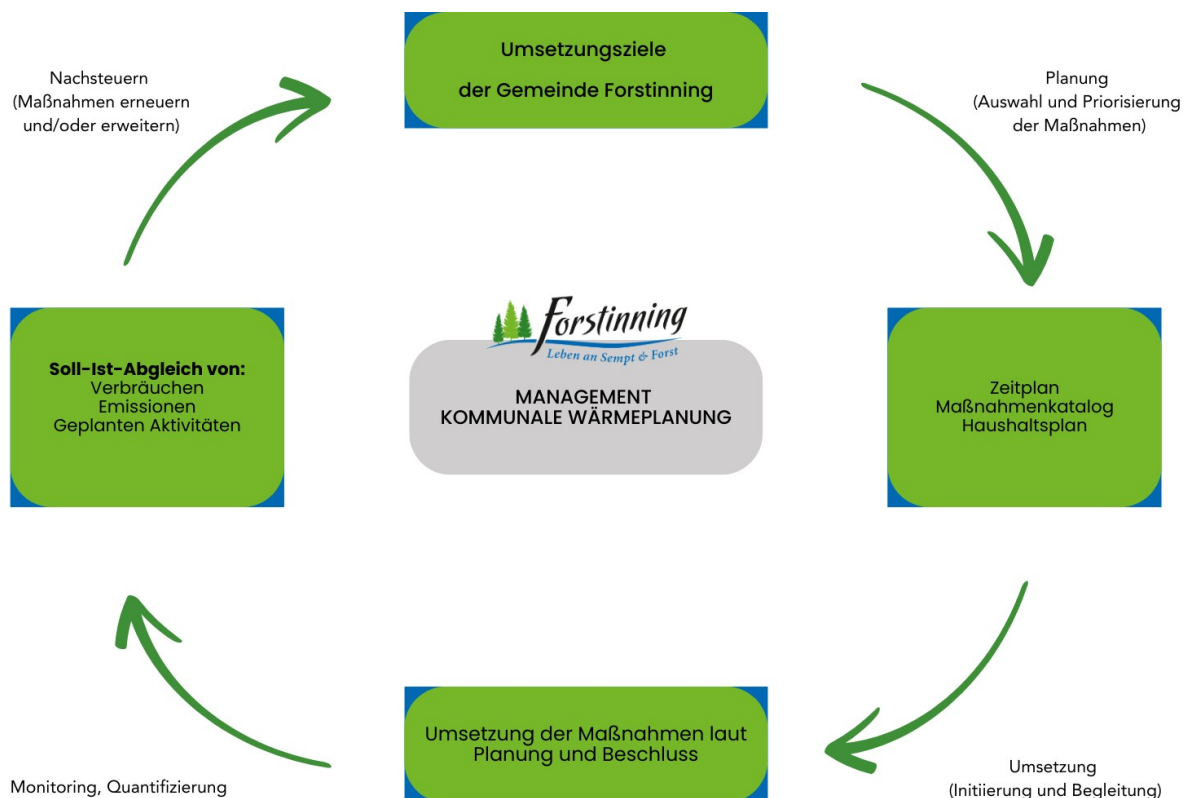


Abbildung 52: PDCA Prozess Kommunale Wärmeplanung Forstinning. Quelle: ecb, in Anlehnung an den Praxisleitfaden Klimaschutz in Kommunen

Im Idealfall kontrolliert und überprüft eine zentrale Leitstelle die Maßnahmen und übernimmt die Aktualisierung.

Aufgaben dieser Zentralen Leitstelle sind dann unter anderem:

- Einbindung aller relevanten Fachämter und externer Akteure in die Lösungsfindung und Entscheidungen
- Größtmögliche Transparenz und Mitwirkung aller Akteure → Konsenslösung
(Zum Beispiel: Energieverbund/Wärmebeirat)
- Interdisziplinärer Fachbeirat, Betrachtungsweise aus verschiedenen Blickwinkeln
- Kontinuierlicher Informationsfluss
- Beratung, hinterfragende und anregende Funktion
- Überwachung der fördertechnischen Veränderungen

Das Monitoring besteht aus zwei Ansätzen:

Beim **Bottom-up-Ansatz** werden die Maßnahmen von unten und zumeist detailliert evaluiert. Es werden Einzelmaßnahmen betrachtet und mit Indikatoren und einer Zeitschiene zur Erfolgsmessung versehen. Zusätzlich wird eine Vorgehensweise zur Datenerhebung erarbeitet und es wird über die Fortschrittsdokumentation eine Bewertung vorgenommen.

Ein Beispiel für den Bottom-Up-Ansatz ist die Bilanzierung einer einzelnen Maßnahme zusammen mit der Dokumentation der umgesetzten Schritte und der Ermittlung der damit verbundenen Wirkungen.

Top-down bezeichnet hingegen den Blick von oben – die Erhebung übergeordneter Daten. Das gesamte Gebiet des Marktes wird hier betrachtet. Beispiel dafür ist die Energie- und CO₂-Bilanz nach Bereichen und Energieträgern.

11. Hauptquellen

Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. 17.05.2023. Fraunhofer ISE, Dr. Harry Wirth

Analyse des wirtschaftlichen Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung. 08.2021 Beitrag zur Berichtspflicht EnEff-RL, Artikel 14, Anhang VIII. Umweltbundesamt. CLIMATE CHANGE 54/2021

Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung. 2011, Deutsches BiomasseForschungsZentrum gGmbH (DBFZ)

Bundesrat für Solaranlagen in Überschwemmungsgebieten. 31.03.2023, Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz — Gesetzentwurf — hib 242/2023. www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-941120

Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen. 09.2019, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Entwicklung des CO₂-Emissionsfaktors für den Strommix in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2022. 01.08.2023, V. Pawlik, Statista. Verfügbar auf: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strommix-in-deutschland-seit-1990/> Letzter Abruf: 13.11.2023

Erdwärme – die Energiequelle aus der Tiefe. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Stand: April 2016

Kommunale Wärmeplanung, Handlungsleitfaden. 12.2020. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Solarthermie und Holzenergie im Wärmenetz. 30.09.2020. C.A.R.M.E.N. e.V., verfügbar auf: <https://www.carmen-ev.de/2020/09/30/solarthermie-und-holzenergie-im-waermenetz/#:~:text=Meist%20deckt%20die%20Solarw%C3%A4rme%20allerdings,eine%20KWK%20Anlage%20oder%20W%C3%A4rmepumpen>. Letzter Abruf: 22.09.2023

Saisonalspeicher. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme. Verfügbar auf www.saisonalspeicher.de

Fleuchaus, P., Schüppler, S., Stemmle, R., Menberg, K., & Blum, P. (2021). *Aquiferspeicher in Deutschland.* Grundwasser, 26(2), 123-134.

Addous, M. A. *Berechnen der Größe von Wasserspeichern zum saisonalen Speichern von Wärme bei der ausschließlichen Wärmeversorgung von Häusern mit Solarkollektoren* (Doctoral dissertation, Freiberg (Sachsen), Techn. Univ., Diss., 2006).

Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling. 03/2020, IEA DHC (International Energy Agency Technology Collaboration Programme on District Heating and Cooling including Combined Heat and Power)

Thermische Energiespeicher für Quartiere. 2021, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Informationsblatt CO₂-Faktoren. 15.11.2021, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Ratgeber Energie aus Abwasser. 09.2019, Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung. 12.2021, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Klimaschutz im Landkreis Mühldorf a. Inn | Energie- und Treibhausgasbericht. 2019, Institut für nachhaltige Energieversorgung GmbH

FAQ zum Bau und Betrieb einer geplanten Klärschlammverbrennungsanlage in Köln-Merkenich. Stand: 01.12.2021, StEB Köln

Biogasausbeuten verschiedener Substrate. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Verfügbar auf https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/?sel_list=20%2Cb&anker0=substratanker#substratanker Letzter Abruf: 17.11.2023

Faustzahlen der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., verfügbar auf <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen> Letzter Abruf 17.11.2023

Infraserv Gendorf und E.on errichten Biomasse-Heizkraftwerk. 01.08.2022, CHEMIE TECHNIK, von Jona Göbelbecker. Verfügbar auf <https://www.chemietechnik.de/service-standorte/infraserv-gendorf-und-eon-errichten-biomasse-heizkraftwerk-662.html> Letzter Abruf 17.11.2023

Was leisten Biogasanlagen für den Klimaschutz? Landwirtschaftskammer Niedersachsen, verfügbar auf <https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/24157-Was-leisten-Biogasanlagen-fuer-den-Klimaschutz> Letzter Abruf 17.11.2023

Elektrolyse von Wasser zur Herstellung von Wasserstoff. TÜV-Nord, verfügbar auf <https://www.tuev-nord.de/de/unternehmen/energie/wasserstoff/herstellung/elektrolyse-von-wasser/> Letzter Abruf 17.11.2023

R(h)ein mit der Wärme. MVV Energie AG. Verfügbar auf: <https://www.mvv.de/ueber-uns/unternehmensgruppe/mvv-umwelt/aktuelle-projekte/mvv-flusswaermepumpe> Letzter Abruf: 05.01.2024

12. Anlagen

Anlage 1: Energieträger der Heizungen

Anlage 2: Verteilung der Heizungsart

Anlage 3: Verteilung Baualtersklassen (Wohnbau)

Anlage 4: Sanierungspotenzial (Wohnbau)

Anlage 5: Sektorverteilung der Gebäude

Anlage 6: Wärmedichtenkarte

Anlage 7: Wärmeliniendichte bei 70 % Anschlussquote mit Fokusgebiet