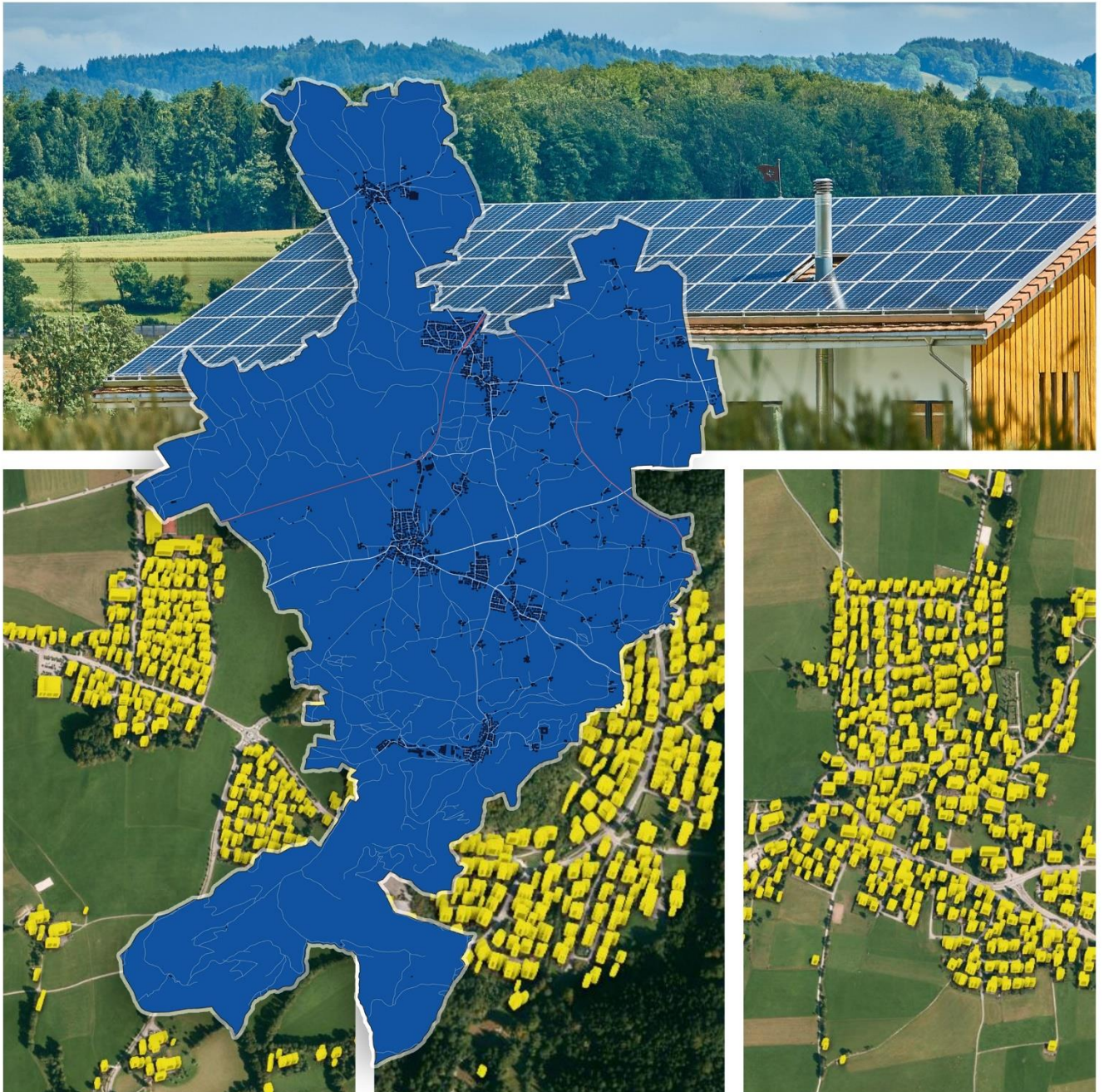




ENERGIENUTZUNGSPLAN

GEMEINDE WAAKIRCHEN



Auftraggeber

Gemeinde Waakirchen

Auftragnehmer

EWO-Kompetenzzentrum Energie EKO e.V., Penzberg
In Zusammenarbeit mit dem Energiebüro am Tegernsee, Helmut Jaki

Dank

Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Rathauses, die umfangreiches Datenmaterial sowie Hintergrundwissen zu den Liegenschaften der Gemeinde Waakirchen zur Verfügung stellten.

Bei der Erstellung des Energienutzungsplans haben dankenswerter Weise sowohl Handwerker und Planer als auch das für Waakirchen zuständige Forstrevier Tegernsee mitgewirkt.

Titelbild

Stefan Drexlmeier

Impressum

EWO-Kompetenzzentrum Energie EKO e. V.
Am Alten Kraftwerk 4
82377 Penzberg

Tel.: 08856 80536-0

Fax: 08856 80536-29

E-Mail: info@kompetenzzentrum-energie.info

Web: www.kompetenzzentrum-energie.info

Vertretungsberechtigter Vorstand: Stefan Drexlmeier

Registergericht: Amtsgericht München

Registernummer: VR 204261

Autoren:

Andreas Scharli, Christiane Regauer

Jahr: 2020

Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie



Inhalt

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungen	XI
Vorwort.....	XII
1 Einleitung	13
1.1 Ausgangslage	14
1.1.1 Übersicht Waakirchen.....	14
1.1.2 Demographie	15
1.1.3 Wirtschaft und Flächennutzung	15
1.1.4 Natur und Landschaftsschutz	17
1.1.5 Klima	18
2 Bestandsanalyse	20
2.1 Strom.....	21
2.2 Wärme	24
2.3 Gebäudebestand und Wärmekataster	26
2.4 Kommunale Liegenschaften – Energie-Benchmarking	27
2.4.1 Spezifischer Stromverbrauch	27
2.4.2 Gesamter und spezifischer Heizenergieverbrauch	28
2.5 Primärenergiebedarf.....	29
2.6 CO ₂ - Bilanz	30
2.7 Vergleichende Betrachtung.....	31
3 Potenzialanalyse.....	32
3.1 Energieeinsparpotenziale bis 2035.....	32
3.1.1 Einsparpotenziale Strom.....	33
3.1.2 Wärmeeinsparpotenziale im Gebäudebestand.....	33
3.1.3 Effizienz in der Energieerzeugung.....	36
3.2 Regenerative Energieerzeugungspotenziale.....	37
3.2.1 Solarenergie (Dachflächen)	38
3.2.2 Freiflächen-Photovoltaik	42

3.2.3	Bioenergie aus Land- und Forstwirtschaft.....	43
3.2.4	Windenergie.....	49
3.2.5	Wasserkraft.....	51
3.2.6	Oberflächennahe Geothermie	52
3.2.7	Tiefengeothermie	59
3.3	Abwärmepotenziale.....	60
3.4	E-Mobilität.....	61
4	Konzeptentwicklung	62
4.1	Handlungsbedarf und Handlungsoptionen	62
4.1.1	Strom.....	62
4.1.2	Wärme	64
4.1.3	Ausbauszenario Erneuerbare Energien	67
4.2	Wirtschaftliche Bewertung EE-Ausbau	71
5	Maßnahmenempfehlungen für Waakirchen.....	73
5.1	Kurzfristige Maßnahmen.....	74
5.1.1	Thermografie-Spaziergang in Waakirchen.....	74
5.1.2	LED-Technik in der Straßenbeleuchtung	75
5.1.3	Visualisierung der Energiewende	76
5.1.4	Photovoltaik für kommunalen Liegenschaften	77
5.1.5	Fortführung des kommunalen Energiemanagements	79
5.1.6	Altes Schulhaus Marienstein – Sanierung der Heizanlage.....	80
5.1.7	Klimaschutz im Gemeindebote.....	80
5.1.8	Klimaschutz in der Bauleitplanung.....	81
5.1.9	Heizungstausch-Offensive – welches Heizsystem ist das richtige?	81
5.2	Mittelfristige Maßnahmen.....	84
5.2.1	PV-Freiflächen entlang von Bahnlinien und auf Konversionsflächen	84
5.2.2	Besichtigung Wärmeverbundnetz Krottental	87
5.2.3	Kleinstwasserkraft im Wasserversorgungsnetz	87
5.3	Langfristige Maßnahmen	88
5.3.1	Biologische Wasserstofferzeugung	88
5.3.2	Standort Umspannwerk	89

5.3.3	Waakirchener Dorfmitte	90
5.4	Übersicht der Maßnahmen.....	93
6	Fördermittel und Finanzierung für Energieprojekte	95
6.1	Verbraucherzentrale Bayern	95
6.2	PV-Speicher Programm	96
6.3	KfW-Programm 151/152 Energieeffizient Sanieren – Kredite.....	96
6.4	KfW-Programm 430 Energieeffizient Sanieren - Investitionszuschuss.....	98
6.5	Programme für Unternehmen.....	99
6.6	BAFA-Zuschuss für erneuerbare Energien (Marktanreizprogramm)	101
6.6.1	Biomasse-Anlagen	102
6.6.2	Solarkollektoranlagen (thermisch)	102
6.6.3	Wärmepumpen (bis 100 kW Nennwärmeleistung)	103
6.6.4	Gas-Hybridheizungen	103
6.6.5	„Renewable Ready“ Gas-Brennwertheizungen	103
6.7	BAFA Impulsprogramm Mini-KWK-Anlagen (BAFA)	104
6.8	BAFA Heizungsoptimierung	105
7	Anhang	106
8	Literaturverzeichnis.....	108

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Lage der Gemeinde Waakirchen.....	14
Abbildung 1-2: Bevölkerungsentwicklung der Gemeinde Waakirchen (LfStat 2018b, 2020).....	15
Abbildung 1-3: Verteilung der Altersgruppen 1987 und 2018 im Vergleich (LfStat 2018b).	15
Abbildung 1-4: Aufteilung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten nach Wirtschaftssektoren (LfStat 2018f).....	16
Abbildung 1-5: Flächennutzung in Waakirchen (LfStat 2018a).....	16
Abbildung 1-6: Entwicklung der Wohnfläche zwischen 1987 – 2018 in Waakirchen.....	17
Abbildung 1-7: Darstellung aller Schutzgebietskategorien in Waakirchen.....	18
Abbildung 1-8: Klimaveränderungen im Oberland dargestellt anhand langjähriger Klimaveränderungen gemessen am meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg (DWD 2018).....	19
Abbildung 2-1: Endenergieverbrauch nach Sektoren: Mobilität, Strom, Wärme.	20
Abbildung 2-2: Endenergiebilanz nach Verbrauchssektoren in Waakirchen.....	21
Abbildung 2-3: Aufteilung des Netzabsatzes in Waakirchen nach Verbrauchssektoren im Jahr 2017 (Bayernwerk AG 2018b).	22
Abbildung 2-4: Entwicklung des Gesamtnetzbezugs und des Pro-Kopf-Verbrauchs in Waakirchen von 2015 – 2017 (Bayernwerk AG 2018b).	22
Abbildung 2-5: Gegenüberstellung von Stromverbrauch (links) und -erzeugung im Jahr 2017 (Bayernwerk AG 2018b, 2018c).	23
Abbildung 2-6: Räumliche Darstellung der bestehenden erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen in Waakirchen. Die Höhe der Balken orientiert sich an der installierten Anlagenleistung.....	23
Abbildung 2-7: "Heatmap": Darstellungsweise der Wärmebedarfsdichten in Waakirchen.....	24
Abbildung 2-8: Ermittelter Energiemix Wärme (Endenergie) in Waakirchen im Jahr 2019 (Kaminkehrerdattei).	25
Abbildung 2-9: Exemplarische Ausschnitte aus dem gebäudescharfen Wärmekataster [kWh/m ²] (oben) und der Wärmedichtekarte von Waakirchen [MWh/(ha*a)] (unten).	26
Abbildung 2-10: Spezifischer Stromverbrauch der Nicht-Wohngebäude der kommunaler Liegenschaften 2019 im Vergleich zu den Grenz- und Zielwerten.	28
Abbildung 2-11: Primärenergiebilanz der Gemeinde Waakirchen für das Jahr 2019.	29
Abbildung 2-12: CO ₂ -Bilanz nach Verbrauchssektoren in Waakirchen.....	30
Abbildung 3-1: Übersicht der Betrachtungsebenen von Energiepotenziale (StMUG u. a. 2010).	32
Abbildung 3-2: Mögliche Wärmebedarfsentwicklung bei Sanierungsquoten von 1 % und 2 % bis zum Jahr 2035 in Waakirchen.....	36
Abbildung 3-3: Ausschnitt des LoD2-Gebäudemodells in Waakirchen (Basiskarte: https://geodatenonline.bayern.de/).	38
Abbildung 3-4: Durch Korrektur der Globalstrahlungsdaten nach Neigung und Ausrichtung ist für jede Dachfläche die verfügbare Globalstrahlung bekannt (Hofer u. a. 2016).	39
Abbildung 3-5: Potenziell mögliche Standorte für PV-Freiflächenanlagen (hellblaue Ellipsen).....	42

Abbildung 3-6: Forstliche Übersichtskarte mit Eigentumsverhältnissen in Waakirchen.	44
Abbildung 3-7: Bereits genutztes und zusätzlich nachhaltig nutzbares Potenzial nach derzeitiger Sortierungspraxis in den Privat-/Körperschafts und Staatswärdern auf dem Gemeindegebiet von Waakirchen.	45
Abbildung 3-8: Die sich aus dem Nutztierbestand Waakirchen ergebenden Biogaspotenziale.....	47
Abbildung 3-9: Beispiele für alternative Biogassubstrate: Sida (1) und Riesenweizengras (2), mit denen jeweils hohe Biogaserträge erzielt werden können (Biogas Forum Bayern 2017).....	48
Abbildung 3-10: Der Anbau von KUP ist nicht nur eine Möglichkeit Hackschnitzel als Bioenergieträger zu gewinnen, sondern kann außerdem Bodenerosionen verhindern und für vielfältigere Anbaustrukturen sorgen.	49
Abbildung 3-11: Gebietskulisse Windkraft.	50
Abbildung 3-12: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 130 m Höhe über Grund.	50
Abbildung 3-13: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 10 m Höhe über Grund.	51
Abbildung 3-14: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmekollektoren im Gemeindegebiet Waakirchen.	55
Abbildung 3-15: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden im Siedlungsgebiet von Waakirchen.	56
Abbildung 3-16: Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen im Siedlungsbereich von Waakirchen.	57
Abbildung 3-17: Aufbau einer Wärmepumpenanlage mit Eisspeicher (IKZ 2015).	58
Abbildung 3-18: Das Prinzip von Energiepfählen (www.baunetzwissen.de).	58
Abbildung 3-19: Beispielansicht eines Erdwärmekorbs.....	59
Abbildung 3-20: Gebiete in Bayern mit günstigen geologischen Verhältnissen zur Energiegewinnung.	60
Abbildung 3-21: Die Verknüpfung von Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen wie Sonne und E-Mobilität kann zukünftig einen Beitrag leisten, um die verkehrsbedingten Emissionen in der Region zu senken.	61
Abbildung 4-1: Anteil des in Waakirchen erneuerbar erzeugten Stroms am Gesamtstromverbrauch und des Netzbezugs im Jahr 2017.	62
Abbildung 4-2: Ist-Stand (2017) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in Waakirchen.	63
Abbildung 4-3: Erneuerbarer und fossiler Anteil der Wärmeversorgung im Jahr 2019 in Waakirchen.	64
Abbildung 4-4: Ist-Stand (2019) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in Waakirchen.	65
Abbildung 4-5: Ausbaupfad bis 2035 für eine zukünftige Stromversorgung in Waakirchen.	67
Abbildung 4-6: Ausbaupfad für eine zukünftige Wärmeversorgung in Waakirchen.	68
Abbildung 4-7: Möglicher Beitrag zum Klimaschutz im Wärme- und Stromsektor bei Realisierung der oben dargestellten Szenarien in Waakirchen.	69
Abbildung 4-8: Summe der Gesamtkosten für Wärme und Strom heute in Waakirchen.	71

Abbildung 4-9: Regionale Wertschöpfung heute und 2035 durch erneuerbare Energien unter Annahme gleichbleibender Energieverbräuche.....	72
Abbildung 5-1: Ablaufschema bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen.....	74
Abbildung 5-2: Energiemonitor: Darstellung von Energieerzeugung- und -verbrauch in Echtzeit (Bayernwerk AG 2018a).....	76
Abbildung 5-3: PV-Anlage auf dem Pumpwerk Piesenkam.....	77
Abbildung 5-4: Simulation einer PV-Freiflächenanlage am Pumpwerk Fuchsloch (links). Ansicht des Geländes Richtung Nordwesten (rechts).....	78
Abbildung 5-5: PV-Freiflächenanlage nördlich der Bahnlinie für das Pumpwerk Fuchsloch.....	78
Abbildung 5-6: PV-Anlage auf dem Feuerwerhgebäude Piesenkam.....	79
Abbildung 5-7: Die Heizanlage im Alten Schulhaus Marienstein.....	80
Abbildung 5-8: Energiestandards von Gebäuden [kWh/m ² *a].	83
Abbildung 5-9: Standorte für mögliche PV-Freiflächenanlagen.....	85
Abbildung 5-10: Kostenaufteilung bei Freiflächenanlagen (nach: Kaltschmitt u. a. 2014, 434)	86
Abbildung 5-11 Rentabilität einer möglichen Freiflächenanlage in Abhängigkeit von Kosten und Vollsonnenstunden.	87
Abbildung 5-12: Das Prinzip "Power to Gas" (nach: dena 2015).....	89
Abbildung 6-1: KfW-Effizienzhaus-Standards (dena)	97

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Primärenergiebedarf in Waakirchen im Jahr 2016 nach Energieträgern und zugehörige Primärenergiefaktoren nach DIN V 18599-1:2011-12.	30
Tabelle 2-2: CO ₂ -Äquivalente der jeweiligen Energieträger [kg/MWh] (kea 2016; Umweltbundesamt 2018).	31
Tabelle 2-3: Einwohnerspezifischer Vergleich der Endenergie- und CO ₂ -Bilanz 2016 (E-Werk Tegernsee 2018; LfStat 2018d, 2018c).	31
Tabelle 3-1: Wärmedichtekarte mit den Sanierungsschwerpunkten (blaue Ellipsen) in den jeweiligen Ortsteilen.	34
Tabelle 3-2: Reduzierung des Netto-Heizwärmebedarfs pro Jahr je Baualtersklasse für Einfamilienhäuser nach unterschiedlichen Modernisierungszielen (Loga, T.; Stein, B.; Diefenbach, N.; Born 2015, 153 ff).	36
Tabelle 3-3: Übersicht über das PV-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Waakirchen.	40
Tabelle 3-4: Übersicht über das ST-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Waakirchen.	41
Tabelle 3-5: Berechnungsgrundlage zur Abschätzung des Biogaspotenzials in Waakirchen (FNR 2014).	46
Tabelle 5-1: Entscheidungsmatrix für Heizsysteme in Ein- und Zweifamilienhäusern.	82
Tabelle 5-2: Umfang der Förderungen im KfW-Programm 151/152.	83
Tabelle 5-3: Ausschreibungen für PV-Freiflächenanlagen (Bundesnetzagentur 2020).	84
Tabelle 5-4: Übersicht der Maßnahmenempfehlungen für Waakirchen.	93
Tabelle 6-1: Energieberatungsangebot der Verbraucherzentrale Bayern.	95
Tabelle 6-2: Staffelung des Förderumfangs im PV-Speicher Programm.	96
Tabelle 6-3: Umfang der Förderungen in den Förderprogrammen 151/152.	97
Tabelle 6-4: Umfang der Förderungen im Förderprogramm 430.	98
Tabelle 6-5: Umfang der Förderungen im Programm 276 für Sanierungsmaßnahmen.	99
Tabelle 6-6: Umfang der Förderungen im Programm 276 für Neubauten.	99
Tabelle 6-7: Basisförderung bei Mini-KWK-Anlagen.	105

Abkürzungen

ALKIS	A mtliches L iegenschafts k ataster i nformationssystem
LWF	B ayerische Landesanstalt für W ald und F orstwirtschaft
BAFA	B undesamt für Wirtschaft und A usfuhrkontrolle
BHKW	B lock h eiz k raft w erk
BImSchG	B undesimmissions s chutz g esetz
BSW	B undesverband S olarwirtschaft e.V.
BWE	B undesverband W ind E nergie
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
dena	D eutsche E nergie A gentur
DGS	D eutsche G esellschaft für S onnenenergie e.V.
DWD	D eutscher W etter d ienst
EKO	Energiewende Oberland – Kompetenzzentrum Energie EKO e.V.
EnEV	E nergie E inspar V erordnung
ENP	E nergienu t zungs p lan
EW	E in w ohner
EWO	E nergiewende O berland
Fm	F estmeter
GW	G igawatt
GWh	Gigawattstunde
INOLA	Innovationen für ein nachhaltiges Land- und Energiemanagement
KBA	K raftfahrt- B undesamt
KfW	K reditanstalt für W iederaufbau
kW	K ilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	K raft- W ärme- K opplung
LfL	Bayerische Landesanstalt für L andwirtschaft
LfU	Landesamt für U mweltschutz
LfStat	Bayerisches Landesamt für S tatistik
LMU	Ludwigs- M aximilians- U niversität München
m ²	Quadratmeter
MW	M egawatt
MWh	Megawattstunde
PV	P hotovoltaik
Srm	S chüttraum m eter
ST	S olar t hermie
TP	T ier p latz
TUM	T echnische U niversität M ünchen
VDI	V erein D eutscher I ngenieur e

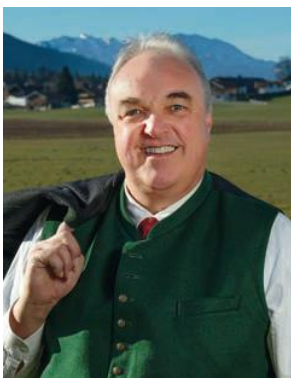
Vorwort

Sehr geehrte Mitbürgerinnen und Mitbürger,

Für die Energieversorgung im Oberland war unsere Region oftmals richtungsweisend. Wie in den Gemeinden Hausham, Großweil oder Peißenberg wurde auch bei uns bis in die 60er Jahre des letzten Jahrhunderts Kohle gefördert. Viele unserer Vorfahren arbeiteten dort und konnten sich so ihren Lebensunterhalt sichern. Die Nutzung der Kohle erfolgte vorwiegend in unserer Zementfabrik aber auch in Wohnhäusern, sofern man es sich leisten konnte. Mit Einführung von billigem Heizöl sowie dem Ausbau des Erdgasnetzes fielen nicht nur zahlreiche Arbeitsplätze weg, wir begaben uns bei unserer Energieversorgung in internationale Abhängigkeiten. Um dem entgegen zu wirken, setzte die Energiegenossenschaft Waakirchen-Schaftlach bereits vor 10 Jahren mit Ihren PV-Anlagen einen Meilenstein bei der Energiewende.

Der hier vorliegende Energienutzungsplan soll einen Weg aufzeigen, wie unsere Gemeinde mit den zahlreichen Ortsteilen und Weilern im Bereich Strom- und Wärmeversorgung einen höheren Grad an Eigenversorgung erreichen kann. Das EWO-Kompetenzzentrum Energie der Energiewende Oberland zeigt uns zum einen die Einsparpotenziale auf, zum anderen wird eine Strategie vorgestellt, wie wir verstärkt Solarenergie nutzen können.

Die Gemeinde Waakirchen unterstützte bereits im Jahr 2006 mit der Zustiftung die Bürgerstiftung Energiewende Oberland. Damit schloss sie sich auch deren Ziel an, bis zum Jahr 2035 unabhängig von fossilen Energieträgern zu werden. Allen Beteiligten war klar, dass es besonders für die touristisch geprägte Region eine große Herausforderung sein wird, Landschafts- und Ortsbild mit diesem Ziel zu vereinbaren. Um weitere Maßnahmen zur Umsetzung der Energiewende in der Gemeinde voran zu bringen, hat der Gemeinderat im Jahr 2018 das EWO-Kompetenzzentrum Energie mit der Erstellung eines Energienutzungsplanes für das gesamte Gemeindegebiet beauftragt. Zusammen mit unseren Mitarbeitern/-innen im Rathaus, ansässigen Firmen, Handwerksbetrieben, Bürger/-innen, sowie Vertretern der Forst- und Landwirtschaft wurden seitdem zahlreiche Ideen „gesammelt“ und Vorschläge erarbeitet wie die Gemeinde Waakirchen in Sachen Energie zukunftsfähiger gemacht werden kann.



Für uns besteht die Herausforderung, einen Weg einzuschlagen, der unsere Region zukunftsfähig erhält und die Vorteile einer modernen regenerativen Energieversorgung nutzt. Dazu möchte die Gemeinde mit diesem Energienutzungsplan beitragen.

Norbert Kerkel
1. Bürgermeister

1 Einleitung

Der vorliegende Energienutzungsplan stellt eine umfassende Analyse des Ist-Standes der Energiewende in der Gemeinde Waakirchen dar und erfasst zudem alle auf dem Gemeindegebiet vorhandenen und nach derzeitigem Stand der Technik nutzbaren Potenziale erneuerbarer Energieträger für eine nachhaltige Energieversorgung.

Mit diesem Energienutzungsplan erhält die Gemeinde einen Leitfaden, wie sie die lokale Energiewende weiter vorantreiben kann. Mit der Energiegenossenschaft Waakirchen-Schaftlach haben sich bereits engagierte Energiewende-Begeisterte und Experten zusammengefunden und wichtige Projekte ins Leben gerufen.

Die Region naturverträglich zu entwickeln, die attraktive Landschaft zu schützen und gleichzeitig die Energieversorgung durch den Ausbau der erneuerbaren Energien zu gewährleisten wird eine zentrale Herausforderung der Zukunft sein. Ein großer Vorteil der natürlichen Ressourcen im Vergleich zu den fossilen Energieträgern ist, dass deren Verwendung Hand-in-Hand geht mit Klima- und Umweltschutz. Zudem wird die Wertschöpfung vor Ort gesteigert und somit die Gemeinde wirtschaftlich gestärkt. Die Energiewende wird durch die zukünftigen Entwicklungen sichtbar werden. Allerdings kann dies positiv zur Identitätsstiftung sowie zum Image-Gewinn und der Zukunftssicherung der Gemeinde beitragen.

Um die mit der Energiewende einhergehenden Veränderungen abzustimmen wurden die Maßnahmenvorschläge im Gemeindegebiet in Zusammenarbeit mit zahlreichen lokalen Akteuren erstellt. Daraus entstehen besonders wichtige Bausteine bei der Konzeptentwicklung.

Ferner enthält dieses Konzept Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sowohl für den Ausbau erneuerbarer Energien in Waakirchen als auch für die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen. Dabei gilt es neben den betriebswirtschaftlichen Kriterien auch die Ausstrahlungseffekte auf die kommunale und regionale Wertschöpfung mit zu berücksichtigen, die bei der Umsetzung einer nachhaltigen Energieversorgung generiert werden. Immer dort wo möglich, wurden die Ergebnisse des Energienutzungsplanes durch Karten- oder Diagrammdarstellungen visualisiert, um die Ergebnisse anschaulich zu vermitteln.

1.1 Ausgangslage

Klimaschutz und Energiewende auf kommunaler Ebene sind eng verzahnt mit den naturräumlichen sowie den sozioökonomischen Gegebenheiten der Region. Eine wichtige Arbeitsgrundlage für den Energienutzungsplan der Gemeinde Waakirchen ist deshalb die Erfassung folgender Rahmendaten:

- Demographie
- Siedlungs- und Gebäudestruktur
- Natur- und Landschaftsschutz
- Klimatische Rahmenbedingungen

Diesen Kapiteln vorangestellt ist eine kurze Übersicht über Waakirchen.

1.1.1 Übersicht Waakirchen

Die Gemeinde Waakirchen befindet sich im Westen des Landkreises Miesbach auf dem Seitenmoränenzug zwischen dem ehemaligen Isar- und Tegernsee-Gletscher. Auf der westlichen Seite grenzt die Gemeinde an den Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen, bzw. an die



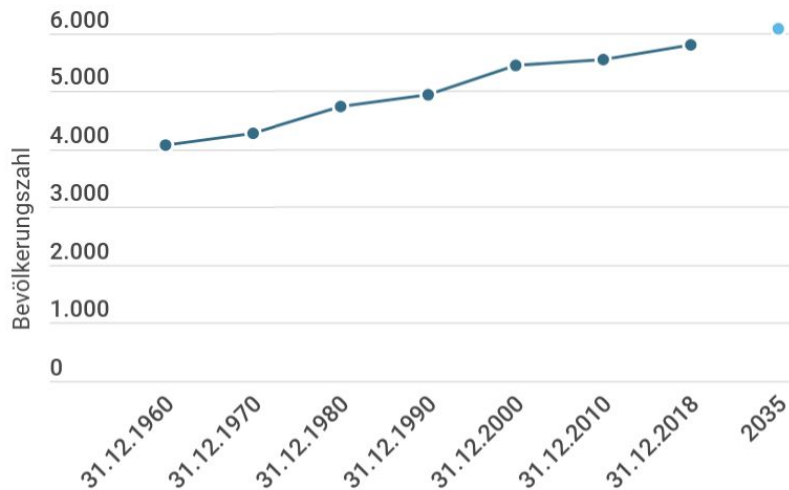
Gemeinden Sachsenkam und Reichersbeuern, innerhalb des Landkreises Miesbach wird sie von den Gemeinden Holzkirchen, Warngau, Gmund am Tegernsee und Bad Wiessee umgeben.

Waakirchen beheimatet auf seiner Fläche von 42,43 km² etwa 5.600 Einwohner, die sich auf die verschiedenen Ortsteile Waakirchen, Hauserdörfel, Marienstein, Schaftlach und Piesenkam und zahlreiche Weiler und Einöden verteilen. Die Einwohnerdichte beträgt 137 Einwohner je km².

Abbildung 1-1: Lage der Gemeinde Waakirchen.

1.1.2 Demographie

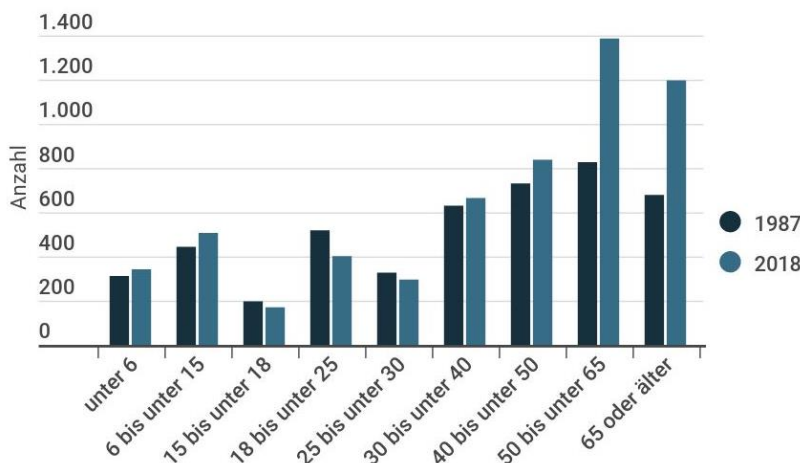
In Waakirchen leben mit Stichtag vom 31.12.2018 5.801 Einwohner (EW). Wie Abbildung 1-2 verdeutlicht, ist die Bevölkerungsanzahl in den vergangenen Jahrzehnten stark gewachsen.



Im Vergleich zu 1960 stieg sie von 4.082 EW um 42 % (LfStat 2018b). Unter Annahme der Bevölkerungsvorausberechnung des Landesamtes für Statistik für die Gemeinde Waakirchen ist bis zum Jahr 2035 mit einem weiteren Anstieg der Einwohnerzahlen um 5 % auf 6.080 EW zu rechnen (LfStat 2020).

Abbildung 1-2: Bevölkerungsentwicklung der Gemeinde Waakirchen (LfStat 2018b, 2020).

Auch in der Altersstruktur der Bevölkerung kann beim Vergleich der Jahre 1987 und 2018 ein Wandel festgestellt werden. Aus Abbildung 1-3 ist eine Abnahme der Altergruppe von 18 bis 30 zu erkennen, während die Altergruppen 6 bis 15 sowie älter als 30 eine leichte Zunahme verzeichnen. Ein starker Anstieg zeichnet sich bei den Altersgruppen ab 50 ab. Sowohl der zu erwartende Bevölkerungsanstieg als auch der demographische Wandel sind in Bezug auf die Entwicklung von zukünftigen Szenarien oder Kampagnen zu berücksichtigen.



Durch den Bevölkerungsanstieg wird sich nicht nur der Energiebedarf verändern, auch die Zielaltersgruppen und das Entscheidungsverhalten von Akteuren, beispielsweise bei der Gebäudesanierung oder beim Einsatz neuer Technologien, können sich verschieben.

Abbildung 1-3: Verteilung der Altersgruppen 1987 und 2018 im Vergleich (LfStat 2018b).

1.1.3 Wirtschaft und Flächennutzung

Die hohe Kaufkraft (27.553 €/EW) im Landkreis Miesbach zeugt von einer guten Wirtschaftslage in der Region. Deutschlandweit liegt der Landkreis damit an zehnter Stelle (GfK 2017). Über die Hälfte der sozialversicherungspflichtig gemeldeten Personen ist in

Waakirchen im Bereich produzierendes Gewerbe tätig (Abbildung 1-4). Auf den Bereich Handel, Verkehr und Gastgewerbe entfallen rund 37 %, während im Sektor Unternehmensdienstleister mit knapp 8 % der geringste Teil beschäftigt ist.

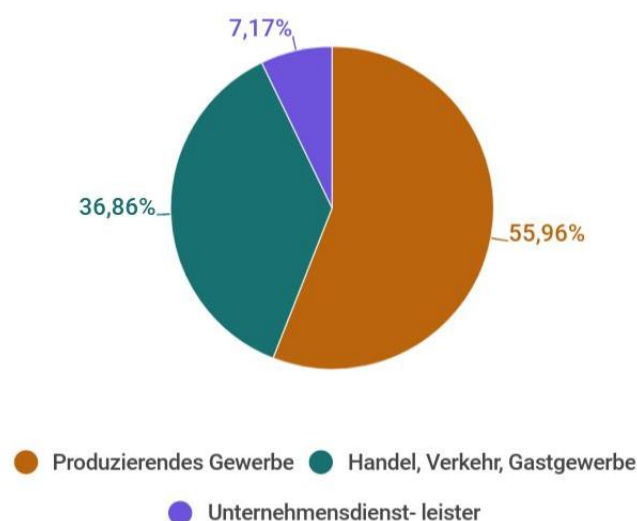


Abbildung 1-4: Aufteilung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten nach Wirtschaftssektoren (LfStat 2018f).

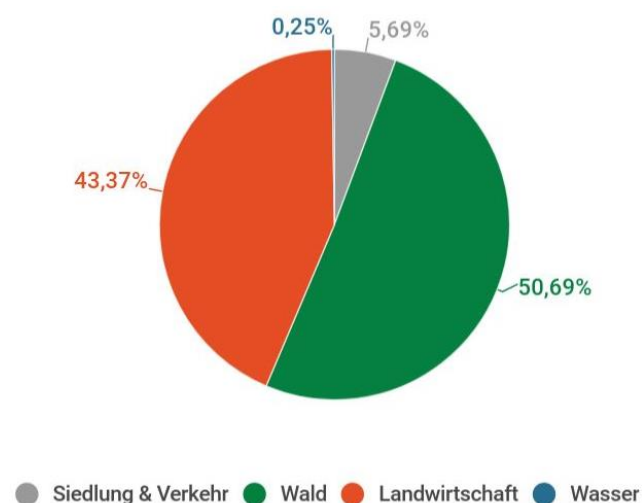


Abbildung 1-5: Flächennutzung in Waakirchen (LfStat 2018a).

Betrachtet man die Flächennutzung des gesamten Gemeindegebietes so zeigt sich, dass die Wald- und Landwirtschaftlich genutzten Flächen mit über 90 % dominieren. Knapp 6 % machen Siedlungs- und Verkehrsflächen aus, 0,25 % sind Wasserflächen. Auch in Waakirchen ist der allgemeine Trend hin zu weniger landwirtschaftlich genutzten Flächen zu erkennen. Im Zuge dessen entstehen möglicherweise Flächen, welche unter nachhaltigen Gesichtspunkten für die Erzeugung erneuerbarer Energien genutzt werden könnten (LfStat 2018a).

Die Wohnbebauung und damit auch die Wohnflächen nahmen in den letzten Jahrzehnten stetig zu (Abbildung 1-6). Gleichzeitig stieg die Wohnfläche pro Einwohner, was auf eine Zunahme der Einpersonenhaushalte und eine zunehmenden Versorgung mit Eigenheimen in Verbindung mit der Tendenz, diese auch im Alter bei schrumpfender Haushaltsgröße beizubehalten, zurückzuführen ist. Heute existieren in Waakirchen insgesamt 1.525 Wohngebäude mit einer Wohnfläche von 274.176 m². Unter Annahme einer weiter steigenden Bevölkerungszahl

ist ebenso von einer weiteren Zunahme des Verhältnisses der Wohnfläche zur Einwohnerzahl auszugehen. Prinzipiell ist damit auch eine Erhöhung des Heizwärmebedarfs pro Einwohner (EW) verbunden. Diese Größen sind für den vorliegenden Energienutzungsplan insbesondere bei der Ermittlung von Einsparmöglichkeiten im Wärmebereich relevant.

Durch die kommunalen Liegenschaften ergeben sich Handlungsmöglichkeiten, welche im unmittelbaren Wirkungsbereich der Gemeinde liegen. In Waakirchen zählen dazu u.a.:

- Grundschule
- Kindergärten und Kitas
- Mittags- und Nachmittagsbetreuung
- Feuerwehren
- vermietete Wohngebäude

Den gemeindeeigenen Liegenschaften wird bei der Erstellung des Energienutzungsplanes daher besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die Gemeinde hat dort die Umsetzung selbst in der Hand und kann so ihre Vorbildfunktion in Sachen Energieeinsparung und Klimaschutz wahrnehmen.

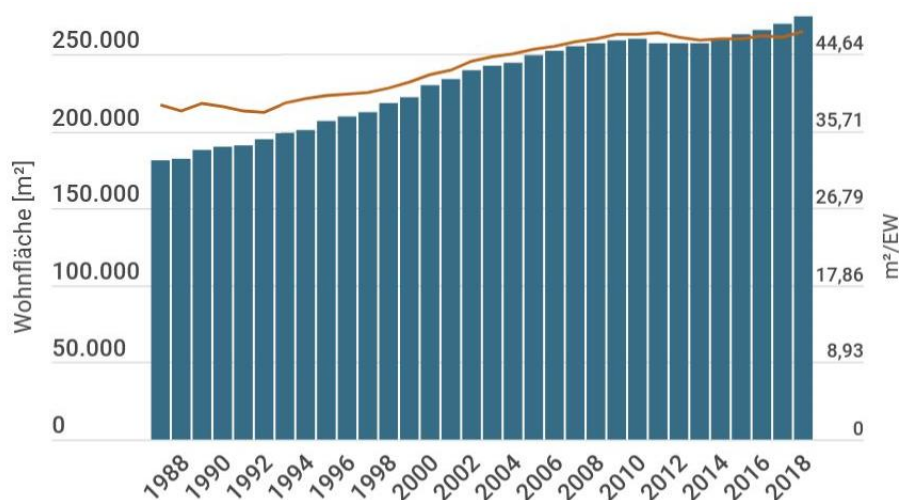


Abbildung 1-6: Entwicklung der Wohnfläche zwischen 1987 – 2018 in Waakirchen.

1.1.4 Natur und Landschaftsschutz

Der Ausbau erneuerbarer Energien benötigt i.d.R. Flächen und ist oftmals mit Eingriffen in das Landschaftsbild und in die Kulturlandschaft verbunden. Bei der Erarbeitung des vorliegenden Energienutzungsplanes wurde deshalb besonders Wert darauf gelegt, dass bei der Ermittlung von erneuerbaren Energiepotenzialen oder bei der Entwicklung von Maßnahmvorschlägen die Nutzungsrestriktionen in den verschiedenen rechtsverbindlichen Schutzgebietskategorien (z.B. Natur- oder Wasserschutzgebiete) berücksichtigt werden.

Wie die Übersicht über die Lage aller Schutzgebiete in Waakirchen in Abbildung 1-7 zeigt, existieren auf dem Gemeindegebiet zahlreiche und großflächige wertvolle und damit besonders schützenswerte Flächen. Die flächenmäßig bedeutendste Schutzgebietskategorie mit einer Fläche von insgesamt 9.274 ha ist das Landschaftsschutzgebiet „Schutz des Tegernsees und Umgebung“, welches den gesamten See und das gesamte Gemeindegebiet

umfasst. Die größte Dichte an Schutzgebieten umfasst der Bereich entlang des Rinnenbaches nördlich von Marienstein mit einem FFH-Gebiet und mehreren Moor- und Biotopflächen. Hinzu kommt das Trinkwasserschutzgebiet, ein weiteres FFH-Gebiete im Süden des Gemeindegebietes und ein paar kleineren Biotopflächen. An der südöstlichen Gemeindegrenze befinden sich zudem die Ausläufer eines Heilquellenschutzgebietes.

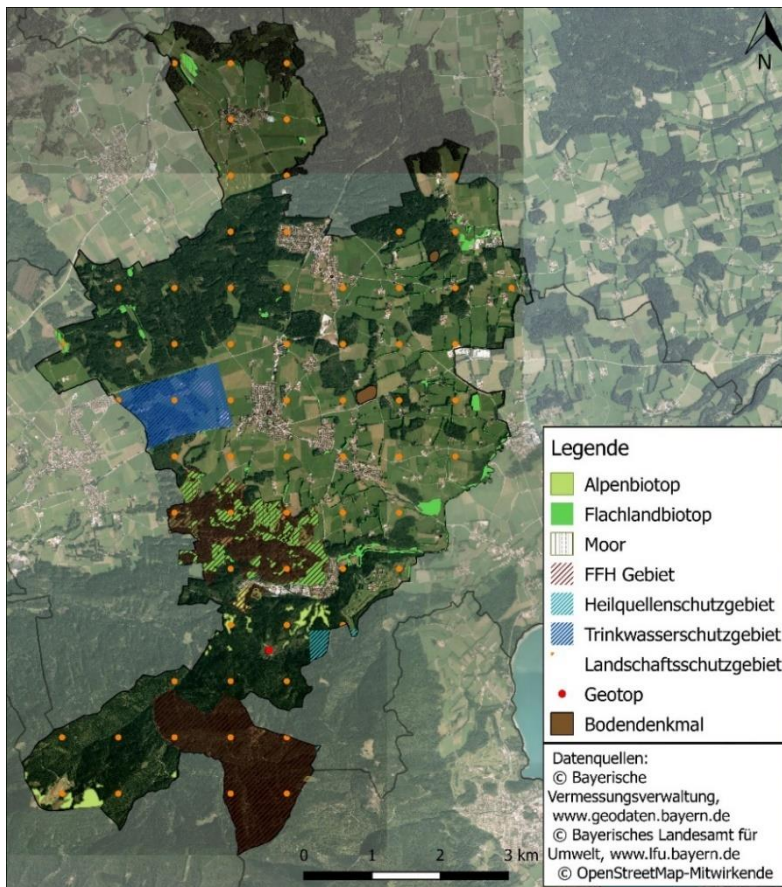


Abbildung 1-7: Darstellung aller Schutzgebietskategorien in Waakirchen.

Details zu den jeweiligen Flächenrestriktionen für Energieerzeugungsanlagen und Energieinfrastruktur in den rechtsverbindlichen Schutzgebietskategorien sind in den einzelnen Kapiteln zu den Erzeugungspotenzialen beschrieben.

1.1.5 Klima

Die klimatischen Rahmenbedingungen haben entscheidenden Einfluss auf den Heizenergiebedarf jeder Kommune sowie auf die meisten Potenziale für erneuerbare Energien, wie z.B. Sonne, Wind und Bioenergie. Im Folgenden werden deshalb die für den vorliegenden Energienutzungsplan wichtigsten Klimadaten und projizierten Klimaveränderungen dargestellt. Dafür wurden zunächst die Daten der am nächsten gelegenen Klimastation in Bad Tölz ausgewertet. Dort liegt das langjährige Mittel der Lufttemperatur bei 7,5 °C. Im Vergleich zum deutschen Mittel (9,3 °C) muss daher in Waakirchen entsprechend der Lage am Alpenrand mit einem etwas höheren Heizenergiebedarf gerechnet werden. Im Vergleich zur Messdatenreihe der Jahre 1961 bis 1990 kann ein Trend in Richtung höherer Jahresmitteltemperatur festgestellt werden. In den vergangenen Jahren lag die Jahresmitteltemperatur bereits über 8,0 °C (Bad Tölz 2017). Die Sonnenscheindauer in Waakirchen beträgt im Mittel rund 1.650 h/a, bei einer Globalstrahlung von bis zu 1.160 kWh/m² im Jahresmittel (LfU 2020a).

Den Trend zu höheren Temperaturen belegen auch die langjährigen Messungen an der nächstgelegenen Klimastation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) am Hohen Peißenberg (Abbildung 1-8). Bereits heute beträgt hier die gemessene Temperaturzunahme (1951-1980 vs. 1981-2010) + 0,9 °C. Die klimawandelbedingte Temperaturerhöhung lässt sich somit bereits heute auch im Oberland messtechnisch nachweisen.

Das Klima in Waakirchen wird als warm und gemäßigt klassifiziert. Der Niederschlag ist meist hoch, sodass im Jahr ca. 999 mm im Durchschnitt Niederschlag fallen. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 7,4°C. Aus Sicht der Klimaforschung wird in der Region durch den Klimawandel die Jahresmitteltemperatur und die Anzahl an Hitzetagen stark zunehmen. Gleichzeitig ist eine Abnahme der Sommerniederschläge und Frosttage prognostiziert, während mehr Starkregenereignisse und Winterniederschläge auftreten werden. Zudem ist damit zu rechnen, dass bestimmte Wettermuster länger andauern, wodurch es häufiger zu Dürreperioden und Hochwasserereignissen kommen kann.

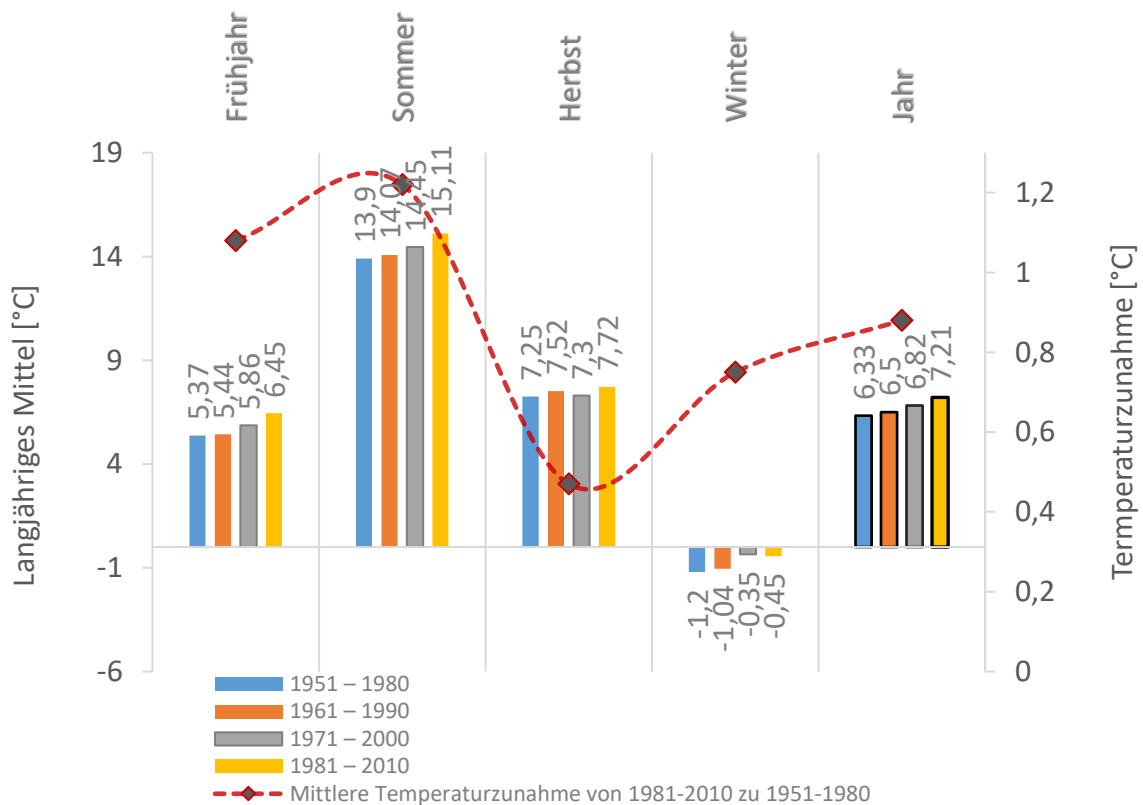
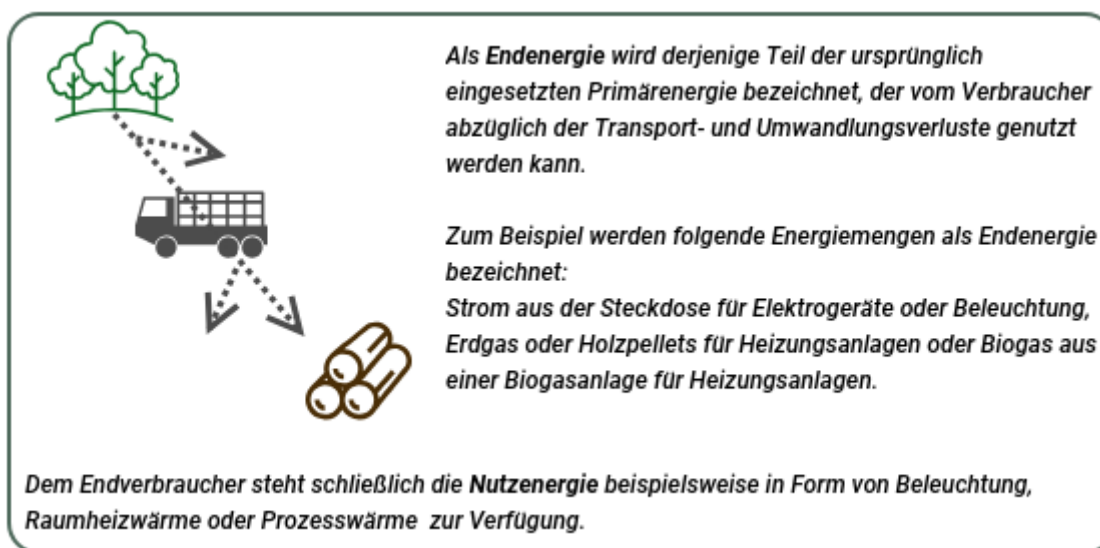


Abbildung 1-8: Klimaveränderungen im Oberland dargestellt anhand langjähriger Klimaveränderungen gemessen am meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg (DWD 2018).

2 Bestandsanalyse

Das Ziel des Energienutzungsplanes Waakirchen ist die Entwicklung eines ganzheitlichen und nachhaltigen Gesamtkonzepts für die Entwicklung einer Energiestrategie auf kommunaler Ebene. Ist bekannt inwiefern Energiebedarf und -erzeugung sowie die Energiepotenziale räumlich und zeitlich zusammenhängen, kann im nächsten Schritt ein ganzheitliches Konzept gestaltet werden, welches die Rahmenbedingungen, Handlungsmöglichkeiten und Erfordernisse der Gemeinde individuell berücksichtigt. Bei der Erstellung der Bestandsanalyse wurden insbesondere die Vorgaben aus dem „Leitfaden Energienutzungsplan“ berücksichtigt (StMUG u. a. 2010).



Die Analyse der Energieverbräuche nach Nutzungsart – Strom, Wärme und Treibstoffe - bildet eine wichtige Grundlage für die Priorisierung von Maßnahmen, welche anschließend in die Konzeptentwicklung einfließen. Die folgende Bestandsanalyse bezieht sich dabei stets auf Endenergieverbräuche bzw. die Bereitstellung von Endenergie.

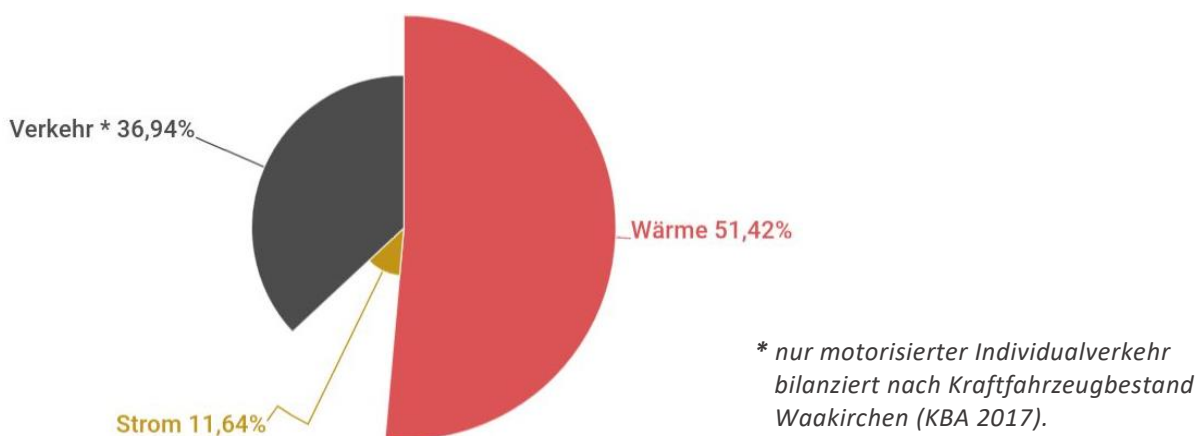


Abbildung 2-1: Endenergieverbrauch nach Sektoren: Mobilität, Strom, Wärme.

Aus Abbildung 2-1 wird deutlich, dass in Summe in Waakirchen mehr als die Hälfte der Endenergie zur Bereitstellung von Wärme benötigt wird. Rund 12 % entfallen auf den Verbrauch elektrischer Energie. Der zweitgrößte Anteil ist mit knapp 37 % am Gesamtendenergiebedarf durch den Verbrauch von Treibstoffen (Benzin und Diesel) dem Sektor Verkehr zuzuordnen.

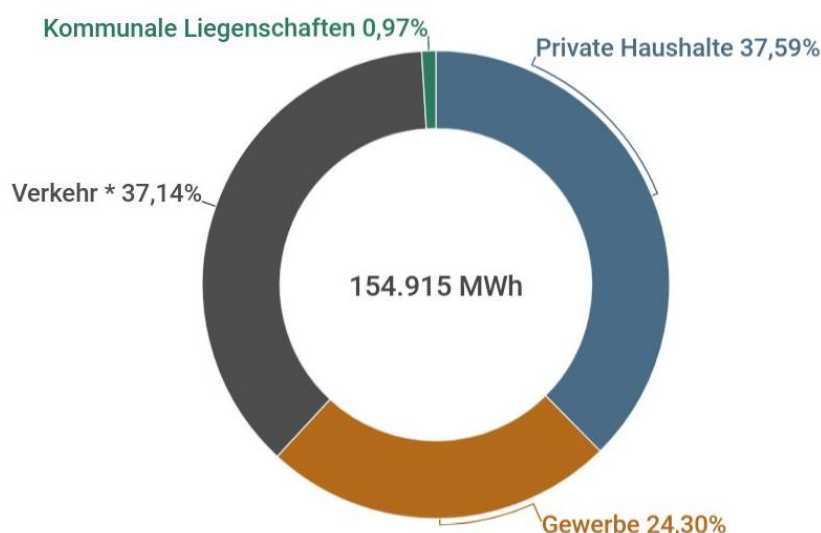


Abbildung 2-2: Endenergiebilanz nach Verbrauchssektoren in Waakirchen.

Bezogen auf die Verbrauchssektoren von Wärme und Strom stellen die privaten Haushalte mit knapp 38 % die größte Verbrauchergruppe (Abbildung 2-2). Die Gewerbebetriebe verbrauchen 24 % Endenergie. Rund 1 % des Endenergieverbrauchs entfallen auf die kommunalen Liegenschaften. Der gesamte Endenergieverbrauch in Waakirchen beträgt rund 154.915 MWh.

Bei einem gleichbleibenden Anstieg des motorisierten Individualverkehrs ist davon auszugehen, dass sich in Waakirchen der verkehrsbedingte Anteil am Endenergieverbrauch entsprechend erhöhen wird. Mit Stand vom 01.01.2017 waren in der Gemeinde Waakirchen insgesamt 3.751 PKWs und 292 LKWs gemeldet, die insgesamt 57.540 MWh Energie verbrauchten. Neben der Verkehrsvermeidung ist E-Mobilität derzeit eine vielversprechende Option den verkehrsbedingten Ausstoß von Treibhausgasen, Stickoxiden und Feinstaub zu reduzieren - vorausgesetzt, der Strom für die E-Fahrzeuge wird aus erneuerbaren Energien erzeugt. Weitergehende Analysen und Konzeptentwicklungen im Bereich Verkehr können durch die Erstellung von Mobilitätskonzepten erfolgen. Abgesehen von E-Mobilität in direkter Verbindung mit erneuerbaren Energien ist Mobilität nicht Teil dieses Energienutzungsplanes.

2.1 Strom

Stromverbrauch

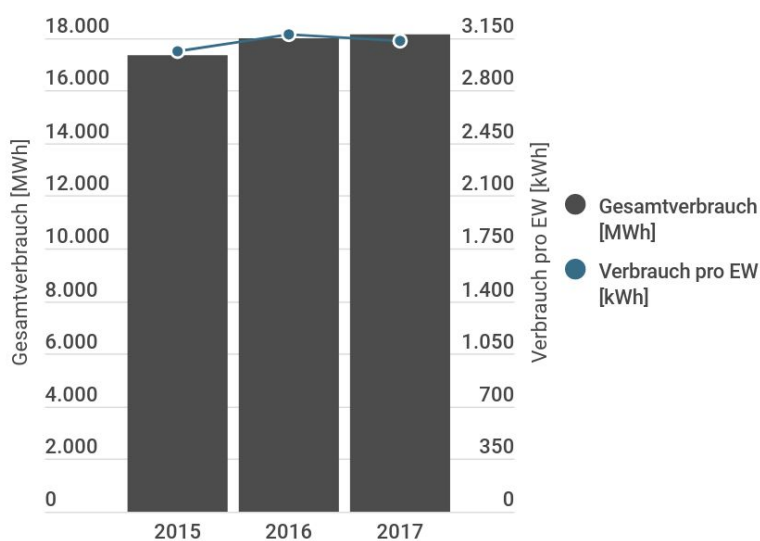
Die aktuellsten Zahlen zum Netzabsatz in Waakirchen liegen für das Jahr 2017 vor. Danach beläuft sich der Gesamtnetzabsatz insgesamt auf 18.130 MWh (Bayernwerk AG 2018b). Pro Einwohner (EW) entspricht dies einem Verbrauch von 3.125 kWh pro Jahr.

Der pro-Kopf Verbrauch liegt damit deutlich unter dem bayerischen Durchschnitt (vgl. Kapitel 2.7). Das mag daran liegen, dass in Waakirchen vergleichsweise wenig energieintensive Tourismus- und Industriebetriebe angesiedelt sind. Gelingt der von der Bundesregierung im Bereich der Mobilität angestrebte Umstieg vom Verbrennungs- zum E-Motor, muss perspektivisch mit einem steigenden Stromverbrauch gerechnet werden.



Abbildung 2-3: Aufteilung des Netzabsatzes in Waakirchen nach Verbrauchssektoren im Jahr 2017 (Bayernwerk AG 2018b).

Aus Abbildung 2-3 ist zu erkennen, dass die Gewerbebetriebe mit 52 % den Hauptanteil des Netzabsatzes ausmachen, gefolgt von den privaten Haushalten mit knapp 39 %. Der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften trägt zu 1 % und die Straßenbeleuchtung zu 0,5 % des Netzbezugs bei. Knapp 8 % des Strombezugs entfallen auf die Bereitstellung von Wärme durch Wärmepumpen oder Speicherheizungen.



Wie aus Abbildung 2-4 hervorgeht, stieg der Gesamtstromverbrauch zwischen 2015 und 2017 um 5 % und der Verbrauch pro-Kopf um 2 % an (Bayernwerk AG 2018b).

Abbildung 2-4: Entwicklung des Gesamtnetzbezugs und des Pro-Kopf-Verbrauchs in Waakirchen von 2015 – 2017 (Bayernwerk AG 2018b).

Stromerzeugung

Als einzige regenerative Energiequelle in Waakirchen ist die Photovoltaik vertreten. Durch PV-Anlagen wurden 2017 in der Gemeinde Waakirchen 3.079 MWh Strom erzeugt, was bilanziell rund 17 % des Netzabsatzes entspricht (Bayernwerk AG 2018c). Aufgrund von tages- und jahreszeitlich bedingten Schwankungen der solaren Einstrahlung bei der erneuerbaren Energieproduktion kann der Deckungsgrad allerdings stark variieren.

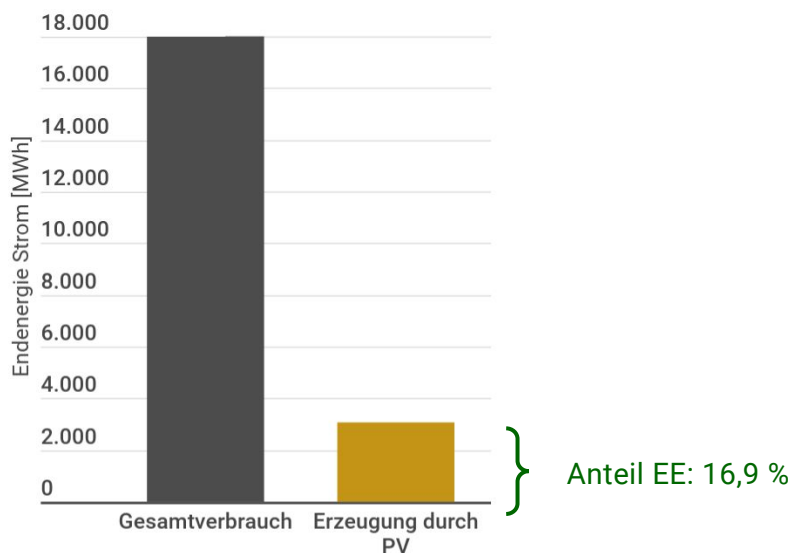


Abbildung 2-5: Gegenüberstellung von Stromverbrauch (links) und -erzeugung im Jahr 2017 (Bayernwerk AG 2018b, 2018c).

Zur räumlichen Verordung aller regenerativen Stromerzeugungsanlagen wurden zusätzlich die nach dem EEG-Anlagenregister veröffentlichten Zahlen der Bundesnetzagentur über die Einspeisung von regenerativen Stromquellen herangezogen (Abbildung 2-6). In diesem Register wurden bis 2015 alle Anlagen mit EEG-Vergütung adressgenau erfasst.

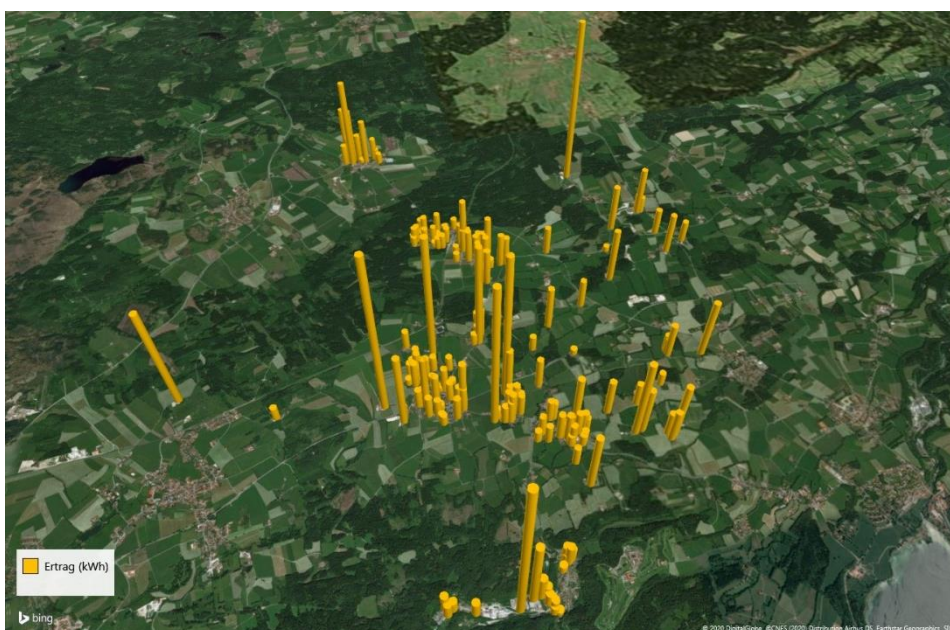


Abbildung 2-6: Räumliche Darstellung der bestehenden erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen in Waakirchen. Die Höhe der Balken orientiert sich an der installierten Anlagenleistung.

2.2 Wärme

Wärmebedarf

Zur Deckung des gesamten Wärmebedarfs in Waakirchen wurden 2019 79.245 MWh Endenergie benötigt. Damit ist dieser mehr als 4-mal so hoch wie der Endenergiebedarf in Form von Strom.

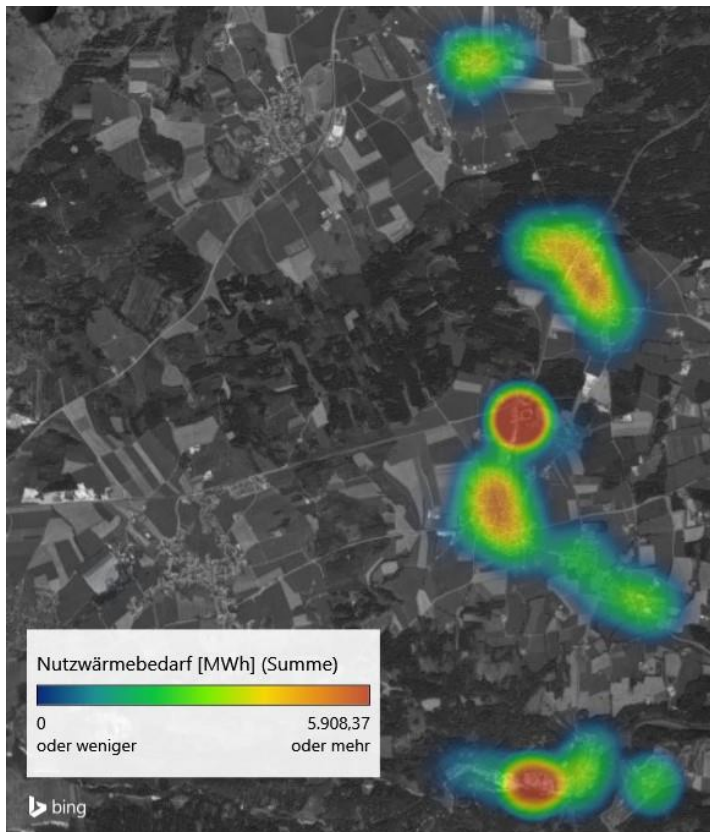


Abbildung 2-7: "Heatmap": Darstellung der Wärmebedarfsdichten in Waakirchen.

Den benötigten Wärmebedarf zu reduzieren und den verbleibenden Anteil durch erneuerbare Energien zu decken ist folglich entscheidend, um sich weiter in Richtung Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern zu entwickeln.

Abbildung 2-7 visualisiert die räumliche Wärmebedarfsdichte in Waakirchen. Dabei wird deutlich, dass der Wärmebedarf über das Siedlungsgebiet unterschiedlich verteilt ist. In den Ortsmitten werden größere Mengen an Wärme auf engem Raum benötigt als an Randlagen.

Wärmeerzeugung

Im Jahr 2019 konnten über 16 % des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden. Den größten Anteil mit rund 9.860 MWh (12 % des Wärmebedarfs) trug Energieholz bei, wovon wiederum Hackschnitzel den größten Teil ausmachten. Durch Wärmepumpen wurden 3 % der Wärme bereitgestellt, die Solarthermie machte mit 1 % nur einen geringen Teil der regenerativen Energieerzeugung aus.

Zum Zeitpunkt der Datenerhebung existierte in Waakirchen noch kein Blockheizkraftwerk (BHKW). Mittlerweile wird jedoch ein BHKW im Kindergarten und in der Schule Schaftlach zur Energieerzeugung eingesetzt. BHKWs erzeugen sehr effizient Energie, allerdings wird in der Regel der nicht erneuerbare Energieträger Erdgas genutzt.

Der verbleibende Anteil des Wärmebedarfs wird zum einen durch das Erdgasnetz (35 %) versorgt, welches in Waakirchen sehr gut ausgebaut ist. Lediglich im Ortsteil Piesenkam und den kleineren Weilern steht kein Erdgas zur Verfügung. Der größte Anteil mit 47 % des Wärmebedarfs wurde durch Heizöl gedeckt.

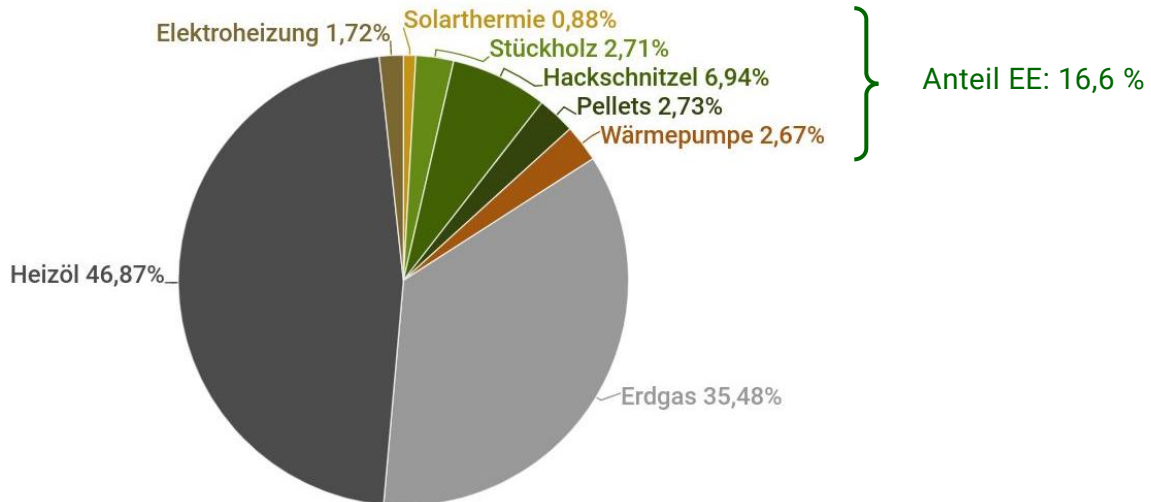


Abbildung 2-8: Ermittelter Energiemix Wärme (Endenergie) in Waakirchen im Jahr 2019.

Ist mein Heizölverbrauch zu hoch?

Mit wenigen Schritten kann jeder Hauseigentümer seinen Verbrauchswert über die eingesetzte Energie überschlägig selbst ermitteln:

- 1) Verbrauch von Liter Heizöl x 10 = Energieverbrauch in kWh / a.
- 2) Pro Person werden 1000 kWh für Warmwasserheizung abgezogen
- 3) Die verbleibenden kWh werden durch die Quadratmeter Wohnfläche geteilt.

Beispielrechnung: 4 – Personen – Haushalt, 160 m² Wohnfläche, 4000 l Heizöl:

- 1) 4.000 l Öl x 10 = 40.000 kWh/Jahr
- 2) 40.000 kWh/a – 4.000 kWh/ a = 36.000 kWh/a
- 3) 36.000 kWh/a : 160 m² = 225 kWh/m² a

So ergibt sich ungefähr ein Energieverbrauchswert für das jeweilige Gebäude. Nicht berücksichtigt wird dabei der Anteil, der ggf. durch Holz erzeugt wird. Genauer kann hier selbstverständlich ein Energieberater Auskunft geben. Sollte sich ein Verbrauchswert über 150 kWh/m²a ergeben, so besteht deutlicher Handlungsbedarf.

A+	A	B	C	D	E	F	G	H		
0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	>250

Effizienzhaus 40

MFH Neubau

EFH Neubau

EFH energetisch gut modernisiert

Wohngebäudebestand

MFH energetisch nicht wesentlich modernisiert

EFH energetisch nicht wesentlich modernisiert

2.3 Gebäudebestand und Wärmekataster

Kenntnisse über den Gebäudebestand und ein gebäudescharfes Wärmekataster sind eine wesentliche Grundlage des vorliegenden Energienutzungsplans. Die Energiebilanzen, die Ermittlung der Potenziale, sowohl zur Erzeugung erneuerbarer Energien als auch zur Energieeinsparung durch energetische Gebäudesanierung, basieren darauf. Zudem dient das Wärmekataster als Basis für die Entwicklung möglicher Umsetzungsprojekte, wie beispielsweise Nah- oder Fernwärmenetze.

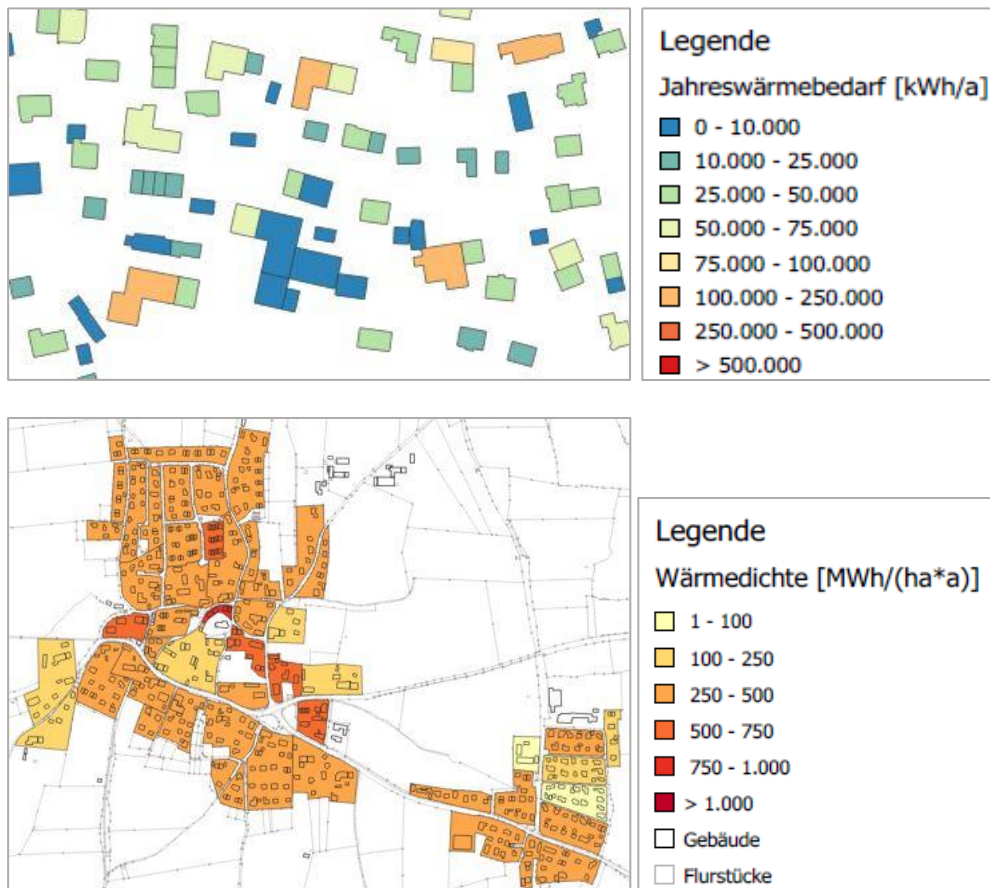


Abbildung 2-9: Exemplarische Ausschnitte aus dem gebäudescharfen Wärmekataster [kWh/m²] (oben) und der Wärmedichtekarte von Waakirchen [MWh/(ha*a)] (unten).

Im Hauptsiedlungsgebiet von Waakirchen gibt es rund 1.420 Wohngebäude und 750 Nichtwohngebäude. Für diesen Bereich wurde ein gebäudescharfes Wärmekataster erstellt. Abbildung 2-9 (oben) zeigt davon einen exemplarischen Ausschnitt. Mit Hilfe des 3D-Gebäudemodells der bayerischen Vermessungsverwaltung (LoD2) (Abbildung 3-3), Informationen zur Gebäudenutzung und der Baualtersstruktur wurde entsprechend dem „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG u. a. 2010) für jedes Bestandsgebäude der spezifische Jahreswärmebedarf ermittelt (Nutzenergie). Dieser setzt sich zusammen aus dem jeweiligen Heiz- und Warmwasserbedarf.

Ausgehend vom gebäudescharfen Wärmeverbrauch wurde anschließend unter Einbezug des Flächennutzungsplans und der Flurkarte eine Wärmedichtekarte erstellt, welche den

Jahreswärmebedarf mehrerer Gebäude zusammenfasst (Abbildung 2-9, unten). Durch die Darstellung des Wärmebedarfs in Megawattstunden pro Hektar und Jahr wird deutlich, in welchen Gebieten ein hoher Wärmebedarf besteht und daher eine Überprüfung der Möglichkeiten von Wärmenetzen sinnvoll sein kann.

2.4 Kommunale Liegenschaften – Energie-Benchmarking

Großes Handlungspotenzial hat die Gemeinde bei ihren eigenen Liegenschaften, weshalb ein genauer Kenntnisstand sowohl der verbraucherseitigen als auch der erzeugerseitigen Struktur besonders wichtig ist. Dies ist wiederum auch die Grundlage zur Ermittlung konkreter Maßnahmenvorschläge für die kommunalen Liegenschaften der Gemeinde.

Energie-Benchmarking ist dabei ein wirkungsvolles Instrument, um Schwachstellen und Optimierungspotenziale bei Energieversorgung und –verbrauch von Gebäuden zu identifizieren. In der Betriebswirtschaft ist das Benchmarking als Instrument der Wettbewerbsanalyse bekannt. Mehrere Unternehmen werden im Hinblick auf bestimmte Aspekte miteinander verglichen. Beim Energie-Benchmarking werden die Energieverbräuche von Gebäuden mit gleicher Nutzungsart miteinander verglichen, z.B. Schulen, Turnhallen, Rathäuser, Kindertagesstätten, um ggf. Abweichungen festzustellen. Da der Energieverbrauch neben der Nutzungsart maßgeblich von der Gebäudegröße abhängig ist, wird ein Kennwert gebildet, indem der Energieverbrauch getrennt nach Energieträgern jeweils auf den Quadratmeter Nettogeschoßfläche bezogen wird. Danach wird dieser spezifische Verbrauchswert bestimmten Grenz- und Zielwerten gegenübergestellt. Diese Vergleichswerte wurden durch die Auswertung einer Vielzahl an bundesweiten Verbrauchsdaten von Gebäuden der gleichen Nutzungskategorie ermittelt.

2.4.1 Spezifischer Stromverbrauch

Die Benchmarking-Auswertung des Stromverbrauchs der Nicht-Wohngebäude der kommunalen Liegenschaften sind in Abbildung 2-10 dargestellt.

Auffällig hohe Verbräuche sind beim Feuerwehrhaus Piesenkam, dem Rathaus und der Aussegnungshalle Waakirchen zu erkennen. Letzteres wurde aufgrund des hier festgestellten extrem hohen Verbrauchs auf zusätzliche Verbraucher hin untersucht. Dabei ergab sich, dass dort öffentliche Toiletten mit Elektroheizung angebaut sind und ein Raum für die Bestatter mit Elektroheizung, dessen Thermostat sehr hoch eingestellt war, beheizt wird. Die Einstellung des Thermostats wurde korrigiert.

Die restlichen Liegenschaften liegen im Bereich der Zielwerte oder leicht darüber. Ein Verbrauchswert von maximal 10 kWh/m²*a ist für alle diese Gebäudearten erreichbar und für die kommunalen Liegenschaften der Gemeinde anzustreben.

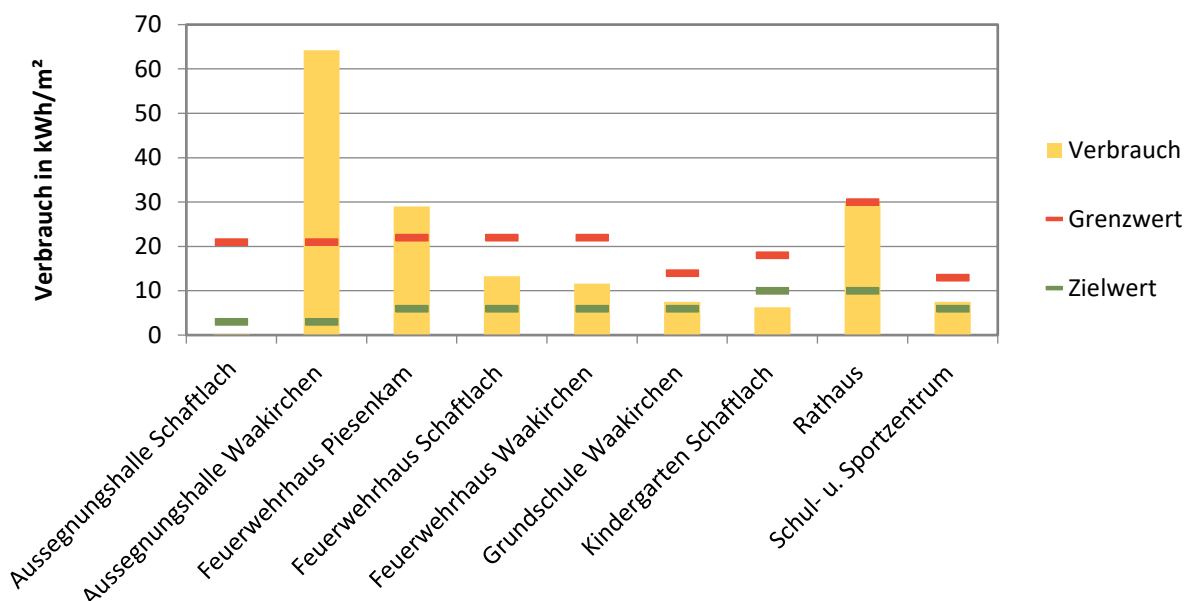


Abbildung 2-10: Spezifischer Stromverbrauch der Nicht-Wohngebäude der kommunaler Liegenschaften 2019 im Vergleich zu den Grenz- und Zielwerten.

Die älteste kommunale PV-Anlage wurde von der Gemeinde im Jahr 2006 auf dem Feuerwehrgebäude Schaftlach installiert. Der PV-Strom wird eingespeist und der Gemeinde vergütet.

Auf den Dächern von Grundschule, Sporthalle und Rathaus sowie dem Feuerwehrgebäude Waakirchen sind Photovoltaik-Anlagen installiert, welche mit Unterstützung der Energiegenossenschaft errichtet wurden. Vorrangig wird der regenerative Strom zur Eigenversorgung der Gebäude verwendet, die überschüssigen Mengen werden ebenfalls eingespeist und vergütet.

2.4.2 Gesamter und spezifischer Heizenergieverbrauch

Der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasserbereitung der kommunalen Liegenschaften wurde im Jahr 2019 - soweit bekannt - vollständig durch den fossilen Energieträger Erdgas gedeckt.

Bei der Betrachtung des spezifischen, auf die Nettogeschoßfläche des einzelnen Gebäudes bezogenen Energieverbrauchs, erfolgte zuvor eine Witterungsbereinigung, um jährliche Witterungsschwankungen auszugleichen. Überdurchschnittlich warme oder kalte Heizperioden werden dabei über einen Faktor an das langjährige Durchschnittsklima des Standorts angepasst. So sind die Jahresverbräuche besser zu vergleichen und Abweichungen durch Witterungsbedingungen weitgehend ausgeschlossen.

Die Auswertung in Abbildung 2-12 zeigt beim Feuerwehrhaus Waakirchen und insbesondere dem Rathaus einen hohen Verbrauch. Das Feuerwehrgebäude, wo auch der Bauhof untergebracht ist, wird über die Heizung vom Rathaus mitversorgt. Die Grundschule und

das Sportzentrum, welche ebenfalls über eine gemeinsame Heizanlage versorgt werden, weisen relativ niedrige Wärmeverbräuche auf.

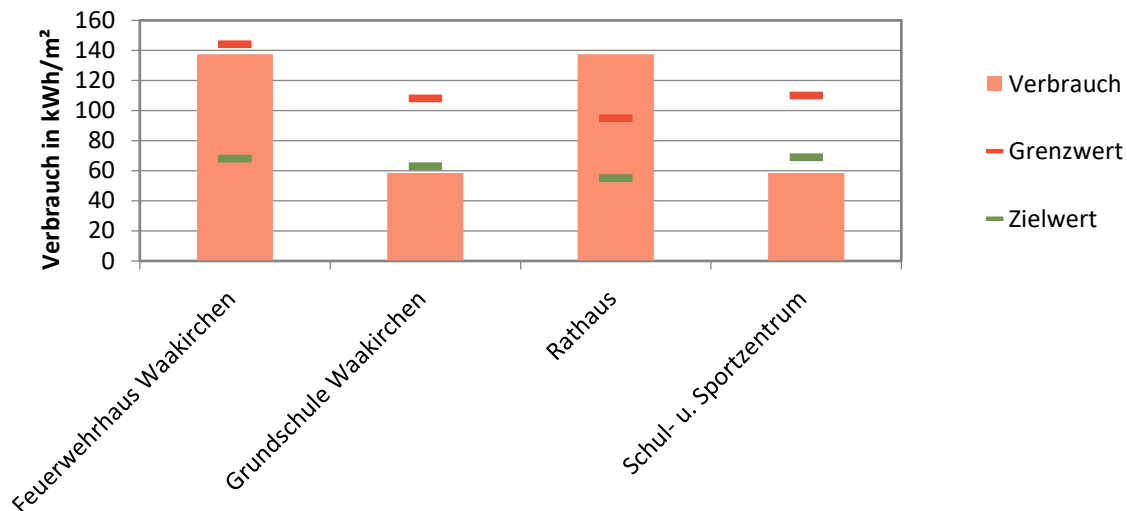


Abbildung 2-12: Spezifischer Heizenergieverbrauch (witterungsbereinigt) der Nicht-Wohngebäude der kommunaler Liegenschaften 2019 im Vergleich zu den Grenz- und Zielwerten.

2.5 Primärenergiebedarf

Als Primärenergien werden alle Energiearten bezeichnet, die von der Natur bereitgestellt und durch verschiedene Technologien nutzbar gemacht werden. Somit enthält sie neben dem Endenergiebedarf auch alle Vorketten wie beispielsweise Gewinnung, Lagerung und Transport der Energieträger. Als Primärenergieträger gelten sowohl Stoffe (z.B. Kohle, Mineralöl, Energieholz) als auch Prozesse (z.B. Sonnenstrahlung, Windkraft, Wasserkraft). Durch die Darstellung des Primärenergieverbrauchs wird deutlich, wie viel Energie nötig ist, um den gesamten Energiebedarf zu decken und in Form von Endenergie nutzbar zu

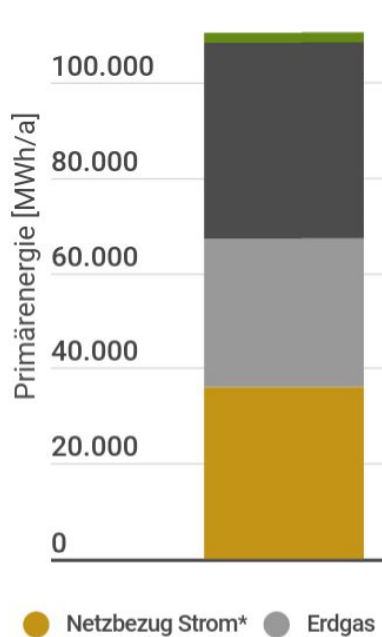


Abbildung 2-11: Primärenergiebilanz der Gemeinde Waakirchen für das Jahr 2019.

machen. Damit gibt sie die Energieeffizienz wieder, welche nicht nur abhängig ist von der Effizienz im Verbrauch und der Effizienz in der Energieerzeugung, sondern auch vom Einsatz erneuerbarer Energien.

Der benötigte Primärenergiebedarf wird ermittelt aus dem Produkt der erforderlichen Endenergie und dem zum jeweiligen Energieträger zugehörigen nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiefaktors. Die Berechnung erfolgt auf Basis des Heizwertes H_i ¹⁶ der verwendeten Energieträger. Datengrundlage ist die DIN V 18599-1 (BDEW 2015). Eine Aufstellung des Primärenergiebedarfs in Waakirchen nach Energieträgern und den zugehörigen Primärenergiefaktoren findet sich in Tabelle 2-1. Die jeweiligen Anteile der Energieträger an der Primärenergie ist ebenso in Tabelle 2-1 sowie in Abbildung 2-11 dargestellt. Daraus geht klar hervor, dass die

fossilen Energieträger Strom (Netzbezug), Erdgas und Heizöl mit Abstand die größten Anteile ausmachen.

Tabelle 2-1: Primärenergiebedarf in Waakirchen im Jahr 2016 nach Energieträgern und zugehörige Primärenergiefaktoren nach DIN V 18599-1:2011-12.

	Energieträger	Primärenergie [MWh] 2019	Primärenergiefaktor
STROM	Photovoltaik	0	0,0
	Netzbezug (Bundesstrommix), Jahr 2017*	36.121	1,8
WÄRME	Energieholz	1.972	0,2
	Solarthermie	0	0
	Oberfl. Geothermie	0	0
	Erdgas	31.094	1,1
	Heizöl	41.069	1,1

2.6 CO₂- Bilanz

Die vorliegende CO₂-Bilanz wurde auf Basis der erhobenen Strom- und Wärmeverbräuche sowie dem Kraftfahrzeugbestand von Waakirchen erstellt. Die CO₂-Äquivalente wurden mit Hilfe der in Tabelle 2-2 aufgelisteten CO₂-Emissionsfaktoren berechnet.

Insgesamt entsteht durch den Energieverbrauch in Waakirchen ein CO₂-Ausstoß von 42.361 t CO₂. Allein durch den Strom- und Wärmebedarf ergeben sich **26.739 t CO₂ pro Jahr**, was einem pro-Kopf-Ausstoß von 4,6 t CO₂ pro Jahr bedeutet. Unter Berücksichtigung der zusätzlich durch den Verkehr verursachten Emissionen beträgt der pro-Kopf-Ausstoß 7,3 t CO₂ pro Jahr.

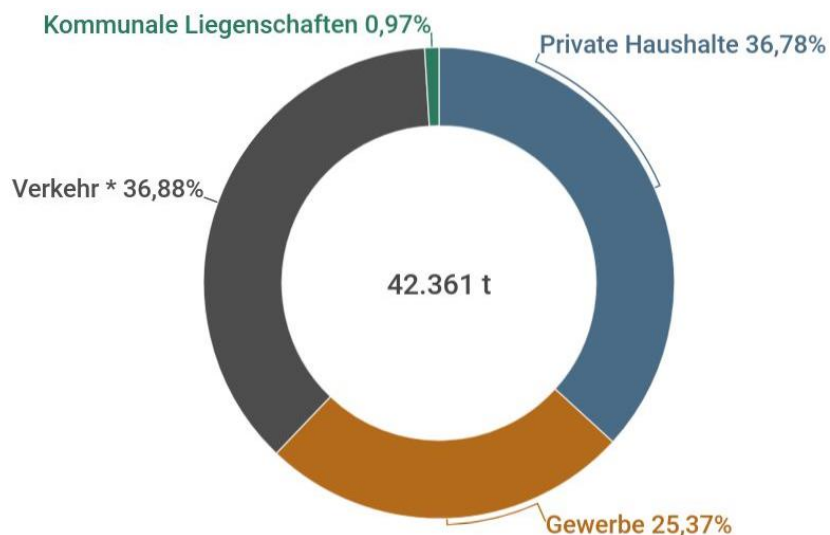


Abbildung 2-12: CO₂-Bilanz nach Verbrauchssektoren in Waakirchen.

Bezogen auf die Verbrauchssektoren von Strom und Wärme verursachen die privaten Haushalte mit 37 % den größten Anteil der CO₂-Emissionen, gefolgt von den Gewerbebetrieben mit 25 %. Die durch die kommunalen Liegenschaften verursachten CO₂-Emissionen machen rund 1 % der gesamten Treibhausgas-Emissionen in Waakirchen aus (Abbildung 2-12).

Tabelle 2-2: CO₂-Äquivalente der jeweiligen Energieträger [kg/MWh] (kea 2016; Umweltbundesamt 2018).

Energieträger	Emissionsfaktor [kg/MWh]
Strom (Bundesstrommix 2017)	485
Photovoltaik	63
Erdgas	250
Heizöl	320
Solarthermie	25
Oberflächennahe Geothermie	173
Stückholz	19
Hackschnitzel	24
Holzpellets	27

2.7 Vergleichende Betrachtung

Um die Größen der Endenergie- und CO₂-Bilanz der Gemeinde Waakirchen besser einordnen zu können, werden diese in Tabelle 2-3 mit den Kennwerten des Landkreises Miesbach, der gesamten Region Oberland sowie den bayerischen Durchschnittswerten gegenübergestellt.

Der Stromverbrauch pro Kopf ist mit 3.125 kWh im Jahr 2017 in Waakirchen relativ niedrig. Der Endenergieverbrauch mit 26,7 MWh/a und der CO₂-Ausstoß pro Kopf mit 7,3 t/a liegen im Bereich der Vergleichswerte.

Tabelle 2-3: Einwohnerspezifischer Vergleich der Endenergie- und CO₂-Bilanz 2016 (E-Werk Tegernsee 2018; LfStat 2018d, 2018c).

Kennwert	Waakirchen	Landkreis Miesbach	Oberland Region	Bayern
Stromverbrauch pro Kopf [kWh/EW*a]	3.125	4.479	5.504	6.500
Endenergieverbrauch pro Kopf [MWh/EW*a]	26,7	30,7	25,5	29,6
CO ₂ pro Kopf [t/EW*a]	7,3	10,0	8,9	6,1

3 Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse zeigt auf, welche Möglichkeiten im Gemeindegebiet existieren, um mittels Energieeinsparung, regenerativer Energieerzeugung sowie der Nutzung vorhandener Abwärme-Quellen das Klimaschutzziel „Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern bis 2035“ zu erreichen. Zusammen mit der in Kapitel 2 erfassten Bestandsanalyse bildet die Potenzialanalyse damit eine wichtige Grundlage zur Erarbeitung einer intelligenten Energiestrategie für Waakirchen. Da die beste Energie diejenige ist, die gar nicht erst verbraucht wird, werden zu Beginn des Kapitels die Energieeinsparpotenziale für Waakirchen aufgezeigt. Im zweiten Teil werden die Potenziale der regenerativen Energieerzeugung im Gemeindegebiet von Waakirchen dargelegt. Wichtig für die Umsetzbarkeit von Energieprojekten ist der Teil des theoretischen Potenzials, welcher technisch realisierbar ist und unter Berücksichtigung von natur- und wasserschutzrechtlichen Vorgaben wirtschaftlich erschlossen werden kann. Da sich langfristig immer technologische Entwicklungen sowie Änderungen der wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen ergeben können, kann der technische Potenzialanteil dagegen auch Jahre nach Erstellung dieses Konzepts noch herangezogen werden.

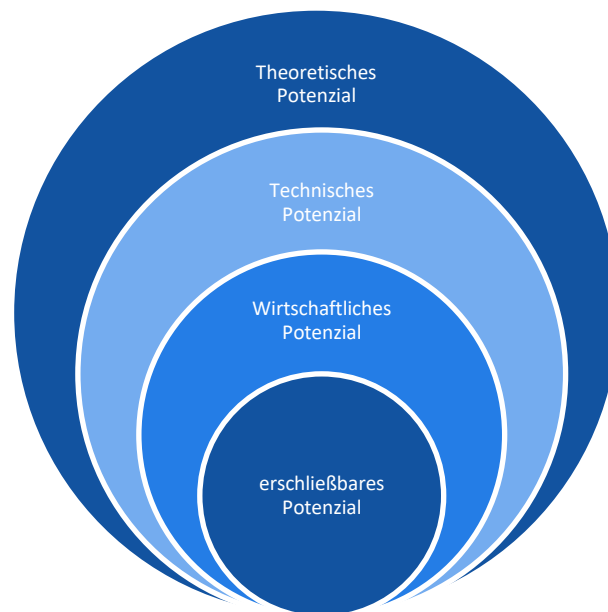


Abbildung 3-1: Übersicht der Betrachtungsebenen von Energiepotenziale (StMUG u. a. 2010).

3.1 Energieeinsparpotenziale bis 2035


Die Berücksichtigung des Potenzials zur Einsparung von Energie durch ein verantwortungsvolles Verbrauchsverhalten sollte stets an erster Stelle stehen. Von der technischen Sichtweise her erscheint „Energie sparen“ einfach, vergleicht man Energieeinsparmaßnahmen z.B. mit einem hochtechnisierten Biomasseheizkraftwerk. Die vergangenen Jahrzehnte haben jedoch gezeigt, dass es eine große Herausforderung ist, bestehende Verhaltensmuster nachhaltig zu verändern. Im Gegensatz zur Energieerzeugung ist beim

Energieeinsparen die gesamte Bandbreite gesellschaftlicher Akteure gefragt. Unternehmen, Politik, Verwaltungen sowie alle Bürgerinnen und Bürger sind dazu aufgefordert entsprechend Ihrer Möglichkeiten einen sparsamen Energieumgang umzusetzen. Die kommunale Verwaltung sollte hier mit besonders gutem Beispiel vorangehen und Ihre Möglichkeiten zur Energieeinsparung ausschöpfen, um der Vorbildfunktion der öffentlichen Verwaltung gerecht zu werden. Einige kommunale Gebäude wurden deshalb hinsichtlich ihrer Energieeinsparpotenziale im Detail untersucht (siehe Kapitel 5). Die folgenden Kapitel sollen einen Überblick über die Größenordnungen von energetischen Einsparpotenzialen in Waakirchen geben.

3.1.1 Einsparpotenziale Strom

Sowohl konkrete Versuche in Haushalten in der Region (z.B. „Fischbachau spart Strom“) als auch theoretische Studien (dena 2015a; UBA 2017) haben gezeigt, dass das weiteste Einsparpotenzial in Haushalten besteht. Eine vollständige Umsetzung dieses Einsparpotenzials setzt eine Verhaltensänderung hin zum sparsameren Einsatz von Energie sowie eine konsequente Umstellung auf energieeffiziente Gerätetechnik voraus.

Trotz vorhandener Einsparpotenziale und steigender Energieeffizienz ist zukünftig mit großer Wahrscheinlichkeit nicht mit sinkenden Netzabsatz- und Strombedarfsmengen zu rechnen. Betrachtet man die aktuellen Entwicklungen bei der E-Mobilität sowie die Ausbauziele der Bundesregierung bzgl. der Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs, ist zukünftig eher mit einer Zunahme des Stromverbrauchs zu rechnen. Folgende Beispielrechnung soll veranschaulichen, welche Bedeutung E-Mobilität zukünftig auf die Netzabsatzmengen in Waakirchen haben könnte:



Fahren von den rund 3.750 gemeldeten Autos in Waakirchen zukünftig 25 % elektrisch, so ergibt sich bei einer mittleren Fahrleistung von 15.000 km pro Jahr und einem Verbrauch von 0,2 kWh/km ein zusätzlicher Strombedarf von 2.810 MWh pro Jahr.

3.1.2 Wärmeeinsparpotenziale im Gebäudebestand

Die bisherige Sanierungsquote von bestehenden Gebäuden in Bayern liegt bei etwa 0,8 bis 1,0 % (vbw 2012). Für das bayerische Ziel, den Primärenergieverbrauch bis 2040 um 60 % zu senken, müsste die Sanierungsquote allerdings auf 2 oder 2,5 % gesteigert werden. Bei diesen Quoten wird der Gebäudebestand im Durchschnitt einmal komplett in 50 bzw. 40 Jahren saniert.

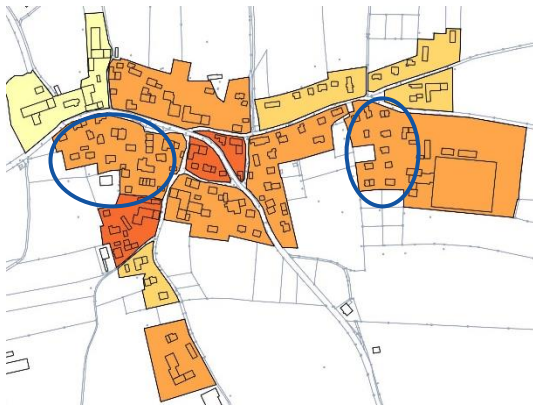
Als Referenz für ein saniertes Gebäude kann das Niveau eines KfW-Effizienzhauses 100 (d.h. ca. 70 kWh/m² a) herangezogen werden. Zu berücksichtigen ist, dass es weder wirtschaftlich noch bauphysikalisch bei allen Gebäuden möglich ist, eine vollständige Sanierung durchzuführen. Das größte Potenzial liegt insbesondere bei Bestandsgebäuden aus

den 60er bis 80er Jahren. Wohngebäude dieser Baualtersklassen sind aus energetischen Gesichtspunkten meist ungünstig. Allerdings sind diese in der Regel bauphysikalisch einfach zu sanieren und erzielen aufgrund der älteren Bausubstanz sehr hohe Einsparungen. Einzelmaßnahmen wie z.B. Fenstertausch oder Dachsanierungen sind zudem Investitionen, die ohnehin zum Erhalt der Wohnqualität erforderlich sind.

Da rund die Hälfte der Gebäude in Waakirchen zwischen 1960 und 1980 errichtet wurden, können durch gezielte Sanierungsmaßnahmen gute Einsparergebnisse erzielt werden.

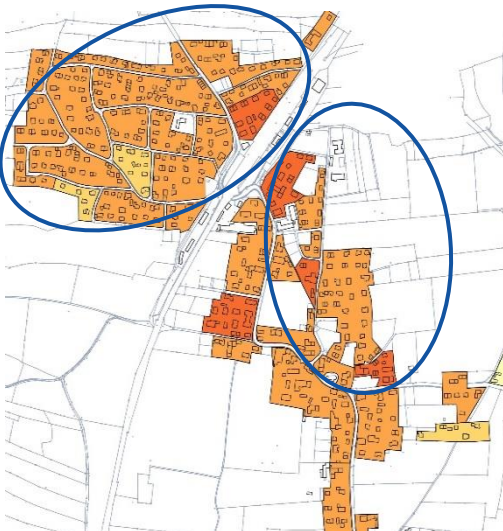
Mit Ausnahme der Gebiete mit einer Bebauung ab 1984 (Baualtersklasse H) sowie der Neubaugebiete (ab Baujahr 1995) ist in allen Ortsteilen von Waakirchen eine stärkere Sanierung anzustreben. Im Speziellen betrifft dies die in Tabelle 3-1 hervorgehobenen Bereiche.

Tabelle 3-1: Wärmedichtekarte mit den Sanierungsschwerpunkten (blaue Ellipsen) in den jeweiligen Ortsteilen.



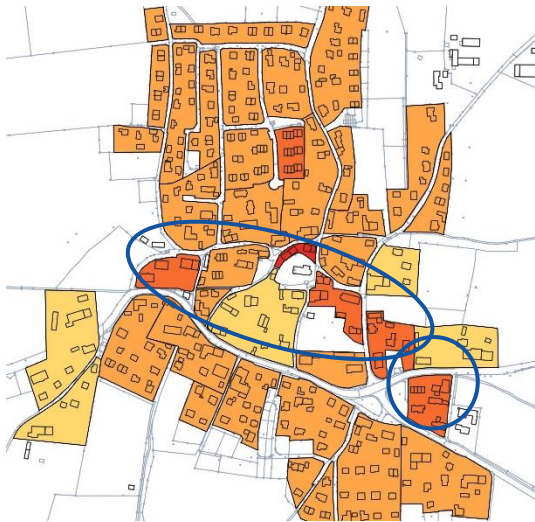
Piesenkam

- Östlich und westlich des Molkereiwegs
- Bereich Dr.-Lammers-Straße



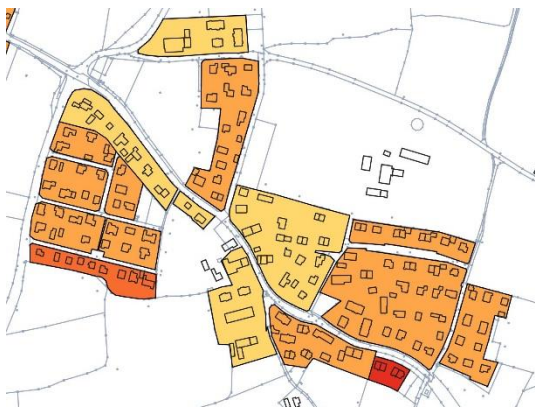
Schaftlach

- Gesamter Bereich westlich der Bahnlinie
- Zwischen Alex-Gugler-Straße und Bgm.-Erl-Straße



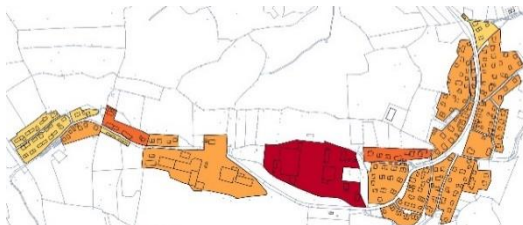
Waakirchen

- Ortskern entlang der Tölzer Straße und um die Kirche herum
- Bereich Rathaus: Zwischen Miesbacher Straße und Tegernseer Straße



Hauserdörfel

Gesamter Ortsteil mit Ausnahme der Gebäude am Kronimusweg.



Marienstein

Gesamter Ortsteil mit Ausnahme der Bereiche am Karl-Lechner-Weg, Alter Sportplatz und Am Bergwald.

Legende

Wärmedichte [MWh/(ha*a)]

1 - 100	250 - 500	750 - 1.000	Gebäude
100 - 250	500 - 750	> 1.000	Flurstücke

Vor allem die Dämmung des Daches sowie der Austausch der Fenster erzielen eine hohe Einsparung sowie eine Steigerung der Wohnqualität. Ein Überblick über die mögliche Reduzierung des Energiebedarfs durch Sanierung ergibt sich aus Tabelle 3-2.

Tabelle 3-2: Reduzierung des Netto-Heizwärmebedarfs pro Jahr je Baualtersklasse für Einfamilienhäuser nach unterschiedlichen Modernisierungszielen (Loga, T.; Stein, B.; Diefenbach, N.; Born 2015, 153 ff).

Baualtersklasse	EnEV 2014	Passivhausstandard
C (1919-1948)	- 44 %	- 79 %
D (1949-1957)	- 33 %	- 74 %
E (1958-1968)	- 28 %	- 69 %
F (1969-1978)	- 35 %	- 72 %

Als Trichter einer möglichen Wärmebedarfsentwicklung ist für Waakirchen eine Sanierungsquote zwischen 1 bis 2 % in Abbildung 3-2 dargestellt. Dabei wird angenommen, dass mit jeder Komplettsanierung der jeweilige Wärmebedarf durchschnittlich um die Hälfte reduziert wird. Bezogen auf den Gesamtwärmebedarf aller Bestandsgebäude würde sich bis 2035 mit einer Sanierungsquote von 1 % ein Einsparpotenzial von 8 % und mit einer Sanierungsquote von 2 % ein Einsparpotenzial von 16 % gegenüber dem Jahr 2019 ergeben.

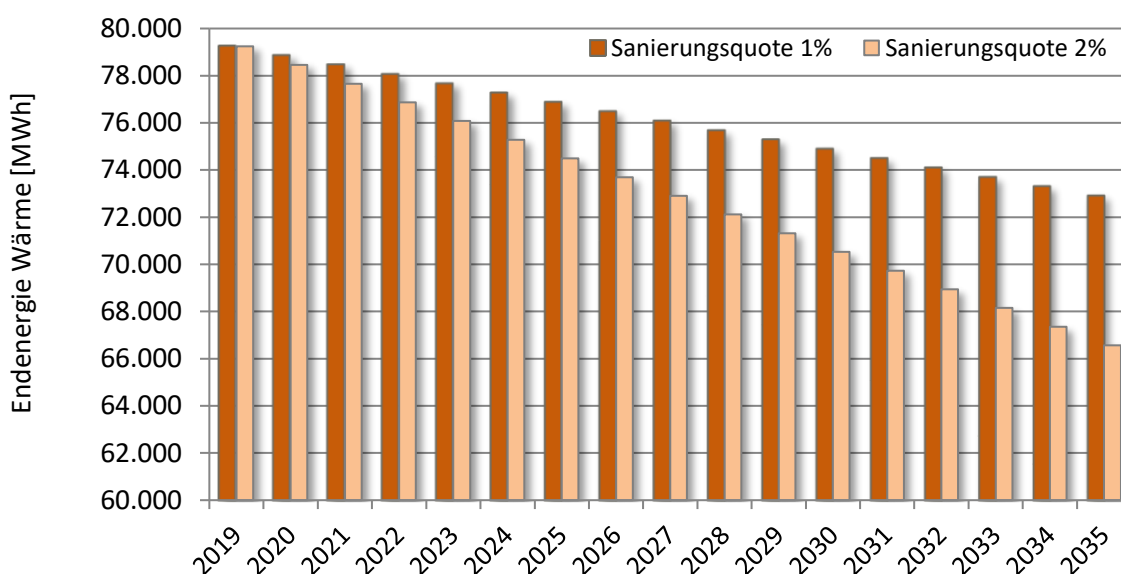


Abbildung 3-2: Mögliche Wärmebedarfsentwicklung bei Sanierungsquoten von 1 % und 2 % bis zum Jahr 2035 in Waakirchen.

3.1.3 Effizienz in der Energieerzeugung

Eine deutliche Steigerung der effizienten Energieerzeugung kann durch eine aktive Bedienung der bestehenden Heizungsregelung erreicht werden, wie folgende Infographik erklärt:

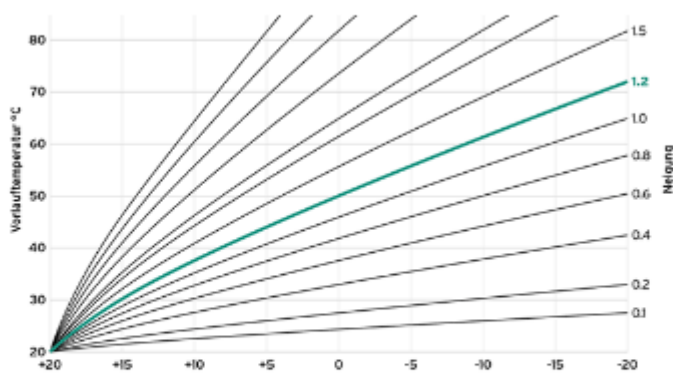
Heizungsregelung

Seit Einführung der Heizanlagenverordnung im Jahr 1995 ist eine witterungsgeführte Regelung der Heizanlage vorgeschrieben. Erfahrungsgemäß werden die vielfältigen Möglichkeiten zur energieeffizienten Einstellung der Anlage nicht genutzt. Oftmals sind Neuanlagen in der Werkseinstellung in Betrieb gegangen und keinerlei Änderungen vorgenommen worden. Folgendes sollte jeder Betreiber einer Heizanlage überprüfen: Heizprogramme für Heizkreis, Warmwasserzubereitung und Zirkulationspumpe:



Sommer-/Winterumschaltung:

Alle Heizungsregelungen verfügen über eine Schaltmöglichkeit, um den Heizbetrieb auszuschalten. Je nach energetischem Zustand ist dies ab Mitte Mai bis Ende September möglich. Moderne Regler verfügen zusätzlich über eine automatische Umstellung nach Außentemperatur. Dort kann eingestellt werden, dass der Heizbetrieb auch in Übergangszeiten bei einer Außentemperatur von z.B. über 16 °C abgeschaltet wird. Diese Funktion ist werksseitig oft nicht aktiviert. Gebäude mit energetisch hoher Bauqualität können diese Umschaltung bereits ab 12 °C nutzen und so ohne Komfortverlust Energie sparen.



Steilheit der Heizkurve: Grundsätzlich stellt die Witterungsführung einer Heizanlage bei kälteren Außentemperaturen wärmeres Heizungswasser zur Verfügung, um die Raumtemperaturen halten zu können. Gerade bei älteren, zu groß dimensionierten Heizanlagen führt dies zu uneffizienter, taktender Betriebsweise.

Bei niedriger eingestellten Heizkurven kann die Heizanlage sparsamer betrieben werden. Waren früher in Bestandsgebäuden mehr als 70°C Vorlauftemperatur erforderlich, so ist oftmals der Wärmebedarf aufgrund besserer Fenster oder gedämmter Speicher geringer geworden. Mit der Anpassung der Heizkurve kann wesentlich Brennstoff eingespart werden.

Weitere wertvolle Tipps zum Energiesparen gibt es u.a. bei www.verbraucherzentrale-energieberatung.de und deren kostenlosen Berater-Hotline: 0800-803 802 400.

3.2 Regenerative Energieerzeugungspotenziale

Die folgende Analyse der Energieerzeugungspotenziale für Waakirchen umfasst folgende erneuerbare Energien:

- Solarenergie (S. 38)
- Bioenergie (S. 43)

- Windenergie (S. 49)
- Wasserkraft (S. 51)
- Oberflächennahe Geothermie (S. 52)

3.2.1 Solarenergie (Dachflächen)

Die Photovoltaik ist bisher die einzige regenerative Energiequelle zur Stromerzeugung in Waakirchen. In der Gesamtbilanz trägt sie zur Deckung des Strombedarfs mit 17 % bei. Sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermie, welche mit insgesamt 2.349 m² Kollektorfläche mit 1 % zur Wärmebereitstellung beiträgt, bestehen große zusätzliche Potenziale auf den Dachflächen in Waakirchen.

Wie viel der eintreffenden Sonnenenergie in Wärme und Strom umgewandelt werden kann, hängt prinzipiell von vielen Faktoren ab, wie z.B. dem Anlagenwirkungsgrad, der Dachneigung und -ausrichtung sowie den saisonal unterschiedlichen Einfallswinkeln der solaren Strahlung. Um eine fundierte Gesamtabschätzung der Dachflächenpotenziale für Solarthermie (ST) und Photovoltaik (PV) vornehmen zu können, bedarf es folglich einer genaueren Analyse, bei der Einstrahlungsdaten und die Geometrie der Dachlandschaft miteinander verknüpft werden. Die Vorgehensweise dazu ist in folgendem Abschnitt erläutert.

3.2.1.1 Methodik der Dachflächenpotenzialermittlung



Abbildung 3-3: Ausschnitt des LoD2-Gebäudemodells in Waakirchen (Basiskarte: <https://geodatenonline.bayern.de/>).

Die Ermittlung der solarenergetischen Potenziale erfolgt auf Basis eines 3-D-Gebäudemodells der bayerischen Vermessungsverwaltung (LoD2) und den Globalstrahlungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Diese Methode erlaubt eine gebäudescharfe Ableitung des Potenzials für Photovoltaik und Solarthermie unter genauer Berücksichtigung der Dachlandschaft von Waakirchen.

Die hohe Genauigkeit dieses relativ aufwendigen Verfahrens wird im „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG u. a. 2010) explizit hervorgehoben. Insgesamt wurde bei der durchgeführten Analyse eine Dachfläche von 245.352 m² berücksichtigt.

Dachflächen, auf denen das Anbringen von Kollektoren und Modulen aus Gründen des Denkmalschutzes nicht erlaubt ist, wurden von der Erhebung ausgeschlossen (BLfD 2015). Ebenfalls von der Potenzialermittlung ausgeschlossen sind N-, NO-, und NW- ausgerichtete Dachflächen. Bereits bestehende PV- und ST-Anlagen werden bei der Analyse ebenso berücksichtigt und werden als nicht mehr verfügbare Dachflächen von den Potenzialflächen abgezogen.

Die Daten über die bestehenden PV-Anlagen wurden dem Energieatlas Bayern entnommen (LfU 2016). Die Datenbasis für bestehende solarthermische Anlagen ist die Statistik des BSW (BSW 2017). Diese enthält alle Anlagen, die im Rahmen des MAP in Deutschland gefördert wurden. Die Globalstrahlungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD 2017) bilden im nächsten Schritt die Grundlage zur Ermittlung der verfügbaren Einstrahlung auf den Dachflächen der Gemeinde. Da sich Globalstrahlungsdaten auf horizontale Flächen beziehen, sind die Daten zusätzlich nach Dachneigung und -ausrichtung korrigiert, um damit die auf den einzelnen Dachflächen tatsächlich verfügbare Energiemenge zu ermitteln (siehe Abbildung 3-4). Die Umsetzung dieser Korrektur erfolgte mit Unterstützung des Lehrstuhls für Geographie und Fernerkundung der LMU München im Rahmen des Projekts INOLA (Innovationen für ein Nachhaltiges Land- und Energiemanagement).

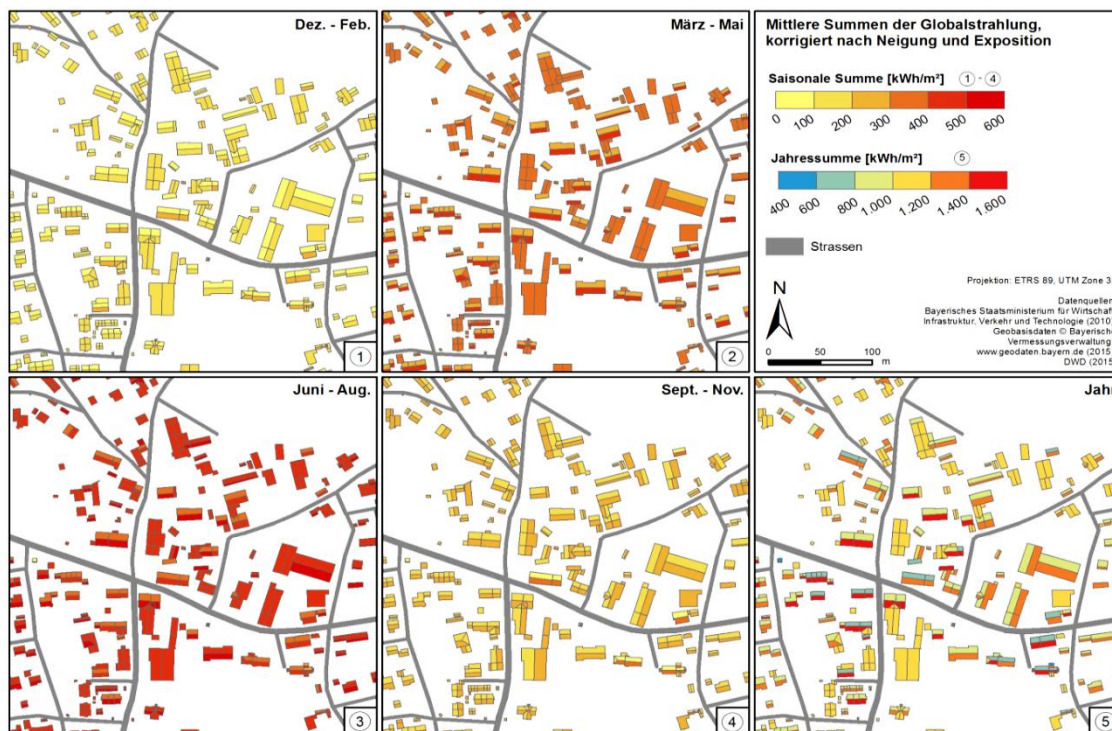


Abbildung 3-4: Durch Korrektur der Globalstrahlungsdaten nach Neigung und Ausrichtung ist für jede Dachfläche die verfügbare Globalstrahlung bekannt (Hofer u. a. 2016).

Für Flachdächer ist bei der Potentialermittlung eine Aufständigung mit 35° Neigung und südlicher Ausrichtung die zugrunde liegende Annahme. Durch diese Kollektorkonfiguration können maximale jährliche Einstrahlungssummen erreicht werden. Die aus der Aufstände-

resultierenden Verschattungseffekte sind gemäß dem „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG, StMWIVT, OBB 2011) durch einen überschlägigen Reduktionsfaktor von 0,4 berücksichtigt, da im Jahresdurchschnitt nur knapp 40 % der gesamten Flachdachfläche in Form solch aufgeständerter Kollektoren genutzt werden kann.

Die gesamte Abfolge von Arbeitsschritten zur Potenzialermittlung für Photovoltaik und Solarthermie auf den Dachflächen der Gemeinde Waakirchen kann im Detail im Ablaufschema von Anhang 1 nachvollzogen werden. Die Potenziale für Photovoltaik und Solarthermie wurden jeweils unabhängig voneinander untersucht und dürfen folglich nicht aufsummiert werden.

3.2.1.2 Photovoltaik


Für die Ermittlung des PV-Dachflächenpotenzials sind lediglich Dächer berücksichtigt, die mindestens ein Modulflächenpotenzial von 20 m² aufweisen. Eine Wirtschaftlichkeit ist i.d.R. erst ab dieser Flächengrößenordnung gegeben. Wie in Tabelle 3-3 zusammenfassend dargestellt wird, ist auf den geeigneten und noch nicht belegten Dachflächen der Gemeinde maximal noch Platz für rund 209.944 m² PV-Modulfläche. Bei vollständiger Nutzung dieser Fläche ergäbe sich ein PV-Gesamtpotenzial in der Größenordnung von **21.260 MWh** pro Jahr bei einem Jahresnutzungsgrad von 9 % gemäß „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG u. a. 2010), wobei der Jahresnutzungsgrad mittlerweile höher ist.

Tabelle 3-3: Übersicht über das PV-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Waakirchen.

Ertragspotenzial PV [MWh/a]	Modulflächenpotenzial PV [m ²]	Durchschnittsertrag pro Fläche [kWh/m ² a]
21.260	209.944	101

Bezogen auf die Gebäudenutzung, entfallen über 40 % des verfügbaren Potenzials auf Wohngebäude und knapp 58 % auf die Dachflächen von Gewerbebetrieben und sonstigen Überdachungen. Diese enthalten ebenfalls landwirtschaftlich genutzte Gebäude. Die Dächer der öffentlichen Gebäude mit Rathaus, Feuerwehrgebäuden, Kindergärten und Schulen machen 1 % aus.

Berücksichtigt man zusätzlich die Ausrichtung der Dachflächen, so sind 48 % der betrachteten geneigten Dächer in die besonders geeigneten Expositionen Südsüdost, Süd und Südsüdwest ausgerichtet. Allerdings sind auch PV-Anlage, die Richtung Ost und West ausgerichtet sind, vor allem für Privathaushalte attraktiv. Beim typischen Verbraucherverhalten können mit der Sonneneinstrahlung in den Morgen und Abendstunden gute Eigenverbrauchsanteile erreicht werden.



Um die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage einer konkreten Dachfläche zu ermitteln ist es nicht ausreichend, alleine das entsprechende Energieerzeugungspotenzial zu betrachten. Es sind zusätzlich Lastganganalysen erforderlich, auf deren Basis unter Berücksichtigung der PV-Anlagendimensionierung und des Einsatzes von Speichern die Eigenverbrauchs- und Eigendeckungsanteile berechnet werden.

FAZIT: Das Potenzial ist bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Aus wirtschaftlicher Sicht, empfiehlt sich die Installation einer PV-Anlage sowohl auf den Privatgebäuden als auch für die meisten Gewerbebetriebe.

3.2.1.3 Solarthermie

Für die Ermittlung des ST-Potenzials wurden geeignete Dachflächen ab einem Potenzial für 11 m² Kollektorfläche berücksichtigt. Im Gegensatz zum PV-Potenzial wurden nur die Dachflächen von Wohn- und Hauptgebäuden sowie die der Kindergärten berücksichtigt. Flachdächer sowie die Dächer der übrigen Gebäudekategorien wurden von der ST-Potenzialanalyse ausgeschlossen, da bei diesen Gebäuden die erzeugte Wärme erfahrungsgemäß oft nicht genutzt werden kann. Die im Einzelfall durchaus vorhandene wirtschaftliche Rentabilität von ST-Anlagen muss individuell vor Ort geprüft werden und ist nicht Gegenstand der vorliegenden Potenzialermittlung.

Wie in Tabelle 3-4 dargestellt, konnte insgesamt für die Gemeinde ein Potenzial von 67.729 m² geeigneter und verfügbarer ST-Kollektorfläche ermittelt werden. Damit ergibt sich ein solarthermisches Potenzial von **18.935 MWh** pro Jahr bei einem angenommenen Jahresnutzungsgrad von 25 % gemäß „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG u. a. 2010).

Tabelle 3-4: Übersicht über das ST-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Waakirchen.

Ertragspotenzial ST [MWh/a]	Kollektorflächenpotenzial ST [m ²]	Durchschnittsertrag pro Fläche [kWh/m ² a]
18.935	67.729	280

FAZIT: Auch dieses Potenzial sollte verstärkt genutzt werden. Der günstigste Zeitpunkt für die Installation einer solarthermischen Anlage ist bei Modernisierung der Heizanlage. Die neuen Systeme können optimal aufeinander abgestimmt werden. Die Fördermittel sind bei gleichzeitiger Installation von neuem Kessel und Solaranlage am höchsten.

3.2.2 Freiflächen-Photovoltaik

Die für Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Frage kommenden Gebiete richten sich nach §48 Abs. 1 Nr. 3 c (EEG 2017) und umfassen u.a. Flächen, die:

- Längs von Autobahnen oder Schienenwegen liegen und wenn die Anlage in einer Entfernung von bis zu 110 m liegt,
- zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplanes bereits versiegelt waren,
- sich auf Konversionsflächen aus wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung befinden und diese Flächen zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplans nicht rechtsverbindlich als Naturschutzgebiet im Sinn des § 23 des Bundesnaturschutzgesetzes oder als Nationalpark im Sinn des § 24 des Bundesnaturschutzgesetzes festgesetzt worden sind.

Abbildung 3-5 zeigt mögliche Flächen in Waakirchen, die den oben genannten Kriterien entsprechen. Demnach wären sowohl Flächen entlang der Bahnlinie als auch Konversionsflächen (ehem. Kiesgruben und Altlastverdachtsflächen) vorhanden auf welchen die Realisierung von PV-Freiflächenanlagen möglich wäre.

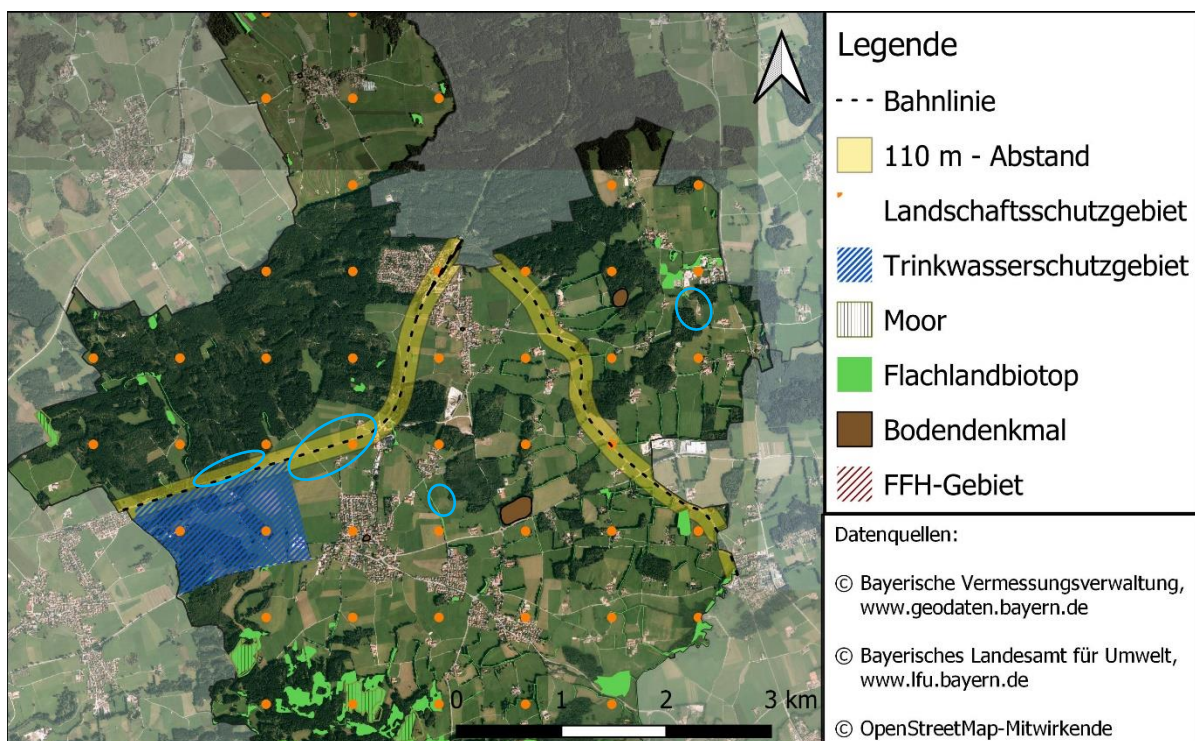


Abbildung 3-5: Potenziell mögliche Standorte für PV-Freiflächenanlagen (hellblaue Ellipsen).

Prinzipiell besteht die Möglichkeit, dass auch auf Grün- oder Ackerflächen PV-Anlagen errichtet werden können. Die bayerische Landesregierung ermöglicht die Förderung von

PV-Anlagen auf Acker- und Grünlandflächen in den so genannten landwirtschaftlich benachteiligten Gebieten (StMWi 2017c). Um eine übermäßige Inanspruchnahme von landwirtschaftlich und naturschutzfachlich wertvollen Flächen zu vermeiden regelt die Freiflächenverordnung, dass maximal 70 Freiflächenanlagen pro Jahr genehmigt werden können. In Waakirchen sind alle Flächen gemäß VO RL 75/268/EWG als benachteiligtes Gebiet (Berggebiet, benachteiligte Agrarzone, Kleines Gebiet) klassifiziert. Seit Juni 2017 können sich PV-Projekte in diesen Gebieten bei den Ausschreibungsverfahren der Bundesnetzagentur für eine Förderung bewerben. Gebiete für Anlagen auf Flächen, die als Natura 2000-Gebiet festgesetzt oder Teil eines gesetzlich geschützten Biotops sind, werden von der Förderung ausgenommen.

Selbstverständlich liegt es im Ermessen des Grundstückseigentümers, wie Flächen genutzt werden. Eine Grundvoraussetzung zur Errichtung einer Freiflächenanlage ist, dass die zuständige Kommune die Nutzung bzw. Bebauung der in Betracht kommenden Fläche rechtsverbindlich zulässt und alle öffentlichen und privaten Interessen berücksichtigt. Ansprechpartner für die Erstellung oder Änderung eines Bebauungsplanes ist die örtliche Baubehörde. Stimmt die Gemeinde einem solchen Vorhaben zu, muss sie den Bereich in welchem eine Freiflächen-Photovoltaikanlage errichtet werden soll, in ihrem Flächennutzungsplan entsprechend als Sondergebiet („Fläche für Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien – Sonnenergie“) ausweisen.

FAZIT: Durch das Vorhandensein der Bahnlinien und Konversionsflächen besteht ein großes Potenzial. Unter Anbetracht der derzeitigen Energieverbräuche und eingeschränkten Energieerzeugungspotenziale in Waakirchen sollten die möglichen Standorte geprüft und dementsprechend das Potenzial genutzt werden. Durch die Power-to-Gas Technologie könnte perspektivisch aus dem erzeugten Strom Wasserstoff bzw. Methan hergestellt werden (sh. Kapitel 5.2.1 und 5.2.2). Die Bereitschaft der Grundstückseigentümer ist selbstverständlich Voraussetzung für die Errichtung einer PV-Freiflächenanlage.

3.2.3 Bioenergie aus Land- und Forstwirtschaft

Bedingt durch Landnutzung und naturräumliche Bedingungen ergeben sich verschiedene Biomasse-Energiepotenziale für Waakirchen. Insgesamt machen von der gesamten Gemeindefläche von Waakirchen (rund 42 km²) 50 % Waldflächen und 43 % landwirtschaftlich genutzte Flächen aus (Abbildung 1-5) (LfStat 2018a). Das sich daraus ergebende energetische Potenzial durch Nutzung verfügbarer Biomasse wird in den folgenden Kapiteln analysiert.

3.2.3.1 Energieholz

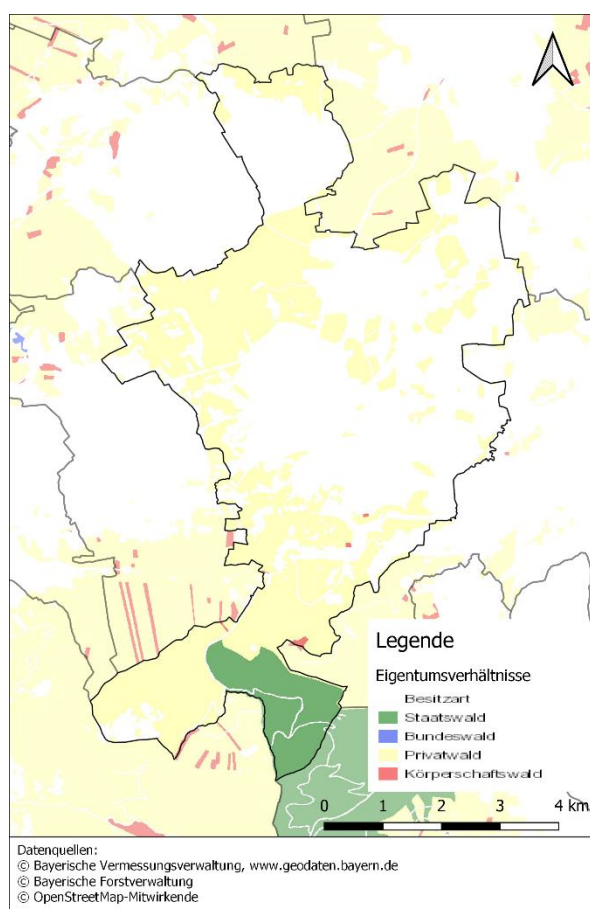


Abbildung 3-6: Forstliche Übersichtskarte mit Eigentumsverhältnissen in Waakirchen.

bereits nahe am nachhaltigen Maximum bewirtschaftet werden und deren Holz direkt von den bayerischen Staatsforsten vermarktet wird, sind es insbesondere die Privat- und Körperschaftswälder, in denen noch große nachhaltig nutzbare Energieholzmengen entnommen werden können. Aus dem Überblick über die Eigentumsverhältnisse in Waakirchen in Abbildung 3-6 wird ersichtlich, dass von den insgesamt 2.000 ha Waldfläche in Waakirchen 13 % (260 ha) Staatswälder sind. Die restlichen 1.740 ha sind Privatwälder und Kommunalwald.

Privatwald

Die aktuelle Sortierungspraxis der Privat- und Körperschaftswälder setzt sich in etwa aus 63 % Stammholz, 4 % Industrieholz und 33 % Energieholz zusammen. Dabei ist das Energieholz stets als „Abfallprodukt“ der stofflichen Nutzung zu sehen. Zudem ist im Sinne einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung zu beachten, dass ein gewisser Teil des verfügbaren Holzes als Totholzlebensraum und zur Aufrechterhaltung der Nährstoffverfügbarkeit im Wald verbleiben soll.

Die Wälder des gesamten Landkreises Miesbach sind sehr reich an Vorräten. Aufgrund des hohen Waldanteils in der Region kommt dem Energieträger Holz eine besondere Rolle zu. Mit Hackschnitzel-, Pellet- und Scheitholzheizungen stehen verschiedene Möglichkeiten zur thermischen Energiegewinnung zur Verfügung. Alle drei Formen haben eines gemeinsam: Als erneuerbarer und nachwachsender Energieträger ist die CO₂-Bilanz um ein Vielfaches besser als im Vergleich zu den fossilen Energieträgern Öl und Gas. Kurze Transportwege tragen zusätzlich zum Klimaschutz bei und sorgen für die regionale Wertschöpfung.

Entscheidend zur Ermittlung des noch ungenutzten Potenzials für Energieholz ist die Kenntnis über die Waldeigentumsverhältnisse sowie über die regionale Sortierungspraxis (stoffliche Nutzung, Energieholz, Industrieholz). Während die Staatsforstwälder

Insgesamt liegt bisher die Nutzung unterhalb des Zuwachses, wodurch sich in den vergangenen Jahrzehnten große Holzvorräte angesammelt haben. Dadurch und durch unregelmäßige Ereignisse wie Stürme oder Käferbefall besteht ein hohes zusätzliches Nutzungspotenzial.

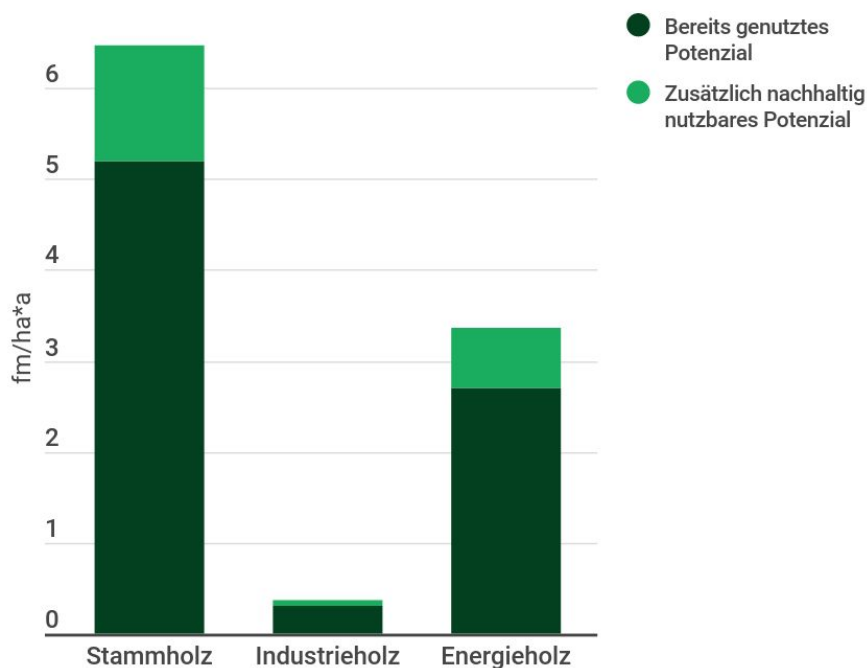


Abbildung 3-7: Bereits genutztes und zusätzlich nachhaltig nutzbares Potenzial nach derzeitiger Sortierungspraxis in den Privat-/Körperschafts- und Staatswäldern auf dem Gemeindegebiet von Waakirchen.

Für die gesamten Privatwaldflächen von Waakirchen ergibt sich insgesamt ein Energieholzpotenzial von **14.600 srm/a bzw. 14.070 MWh pro Jahr**, wovon bisher nur ein Teil genutzt wird (Abbildung 3-7). Zusätzliche **2.860 srm/a** würden in den Waldflächen zur Verfügung stehen. Unter Berücksichtigung der Nadel- und Laubholzverteilung von 70 % Nadel- und 30 % Laubholz würde dies **2.760 MWh Wärme** pro Jahr zusätzlich durch Energieholz aus den Privatwäldern des Gemeindegebietes bedeuten. Durch diese Menge ließen sich **276.000 l Heizöl** ersetzen. Darüber hinaus fallen rund 10 % des Stammholzes als Sägespäne an. Dieses Material kann zu Pellets weiterverarbeitet werden und so zusätzlich zum Energieholzpotenzial beitragen. Noch nicht eingeschlossen in diese Analyse sind mögliche Potenziale aus Kurzumtriebsplantagen oder Abfallreste wie beispielsweise Straßenbegleitgrün.

FAZIT: Vor allem für Waldbesitzer, Landwirte und deren Nachbarn ist das Potenzial wirtschaftlich gut nutzbar. Neue Hackschnitzelheizungen liefern bei Einsatz von trockenem Material saubere und regenerative Wärme. Langfristige Lieferungen von Wärme über Verbindungsleitungen in benachbarte Häuser erhöhen meist die Wirtschaftlichkeit, Voraussetzung ist jedoch eine hohe Wärmedichte in dem zu versor-

genden Bereich. Durch die lockere Siedlungsstrukturen in Waakirchen ist die Wirtschaftlichkeit von Wärmeverbundlösungen eher nicht gegeben bzw. genau zu prüfen.

3.2.3.2 Biogas

Die Energiegewinnung durch Biogas gilt als innovativ, ist aber auch mit großen Herausforderungen verbunden. Durch Verbrennung von Biogas in BHKWs kann neben Strom auch die anfallende Abwärme genutzt werden. Somit kann eine besonders energetisch effiziente Nutzung dieses regenerativen Energieträgers stattfinden. Bisher existiert im Gemeindegebiet von Waakirchen keine Biogasanlage.

Welche Biogaspotenziale innerhalb von Waakirchen bestehen, um das in der Nutztierhaltung anfallende Düngematerial zum Vergären in Biogasanlagen und zur anschließenden Energieproduktion zu nutzen, ist in Tabelle 3-5 dargestellt. Interessant ist, dass nach der Vergärung die Biogäsgülle sogar mit teils verbesserten Düngeeigenschaften wie vor der Vergärung auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden kann (Biogas Forum Bayern 2017). Auf die Ausweisung eines Biogaspotenzials durch Maisvergärung wurde verzichtet, da innerhalb der Gemeinde kaum geeignete Anbauflächen in Frage kommen. Darüber hinaus führen Maismonokulturen zahlreiche ökologische Nachteile mit sich.

Datengrundlagen der folgenden Biogaspotenzialanalyse für Waakirchen sind die Nutztierstatistik sowie die durchschnittlichen Energiegewinne aus Festmist bzw. Gülle und den Betriebsstunden des BHKWs. Eine separate Berücksichtigung von Mastrindern und Milchkühen ist deshalb erforderlich, da sich die entsprechenden Energiepotenziale deutlich unterscheiden (Tabelle 3-5). Gute Biogaserträge lassen sich auch mit Pferdemit erzielen (siehe Biogasanlage Reichersbeuern), weshalb dieser bei der Potenzialanalyse mitberücksichtigt wurde.

Der momentane Nutztierbestand in Waakirchen beläuft sich auf insgesamt etwa 2.175 Rinder, wovon 1.076 Milchkühe sind. Die Anzahl der Einhufer (Pferde, Esel) im Gemeindegebiet beträgt 225 (LfStat 2018e). Bei gänzlicher Nutzung der anfallenden Gülle- und Festmistmengen ließen sich mit diesem Nutztierbestand ca. **601.580 m³/a** Methan bzw. **2.127 MWh_{el}/a** produzieren.

Tabelle 3-5: Berechnungsgrundlage zur Abschätzung des Biogaspotenzials in Waakirchen (FNR 2014).

	<i>Berechnungsfaktor</i>		Anzahl TP	Potenzial MWh_{el}/a
	[m³ CH₄/TP*a]	[kWh_{el}/TP *a]		
Mastrind (2,8 t Festmist/TP*a)	185	1.099	1.099	618
Milchkuh (17 m ³ Gülle/TP*a)	289	1.076	1.076	1.178
Einhufer (11,1 t Festmist/TP*a)	388	225	225	331
			Gesamt	2.127

Wie in Abbildung 3-8 dargestellt, entsprechen auf Basis der durchschnittlichen Vollbenutzungsstunden von deutschen Biogasanlagen (Agentur für Erneuerbare Energien 2013) 2.127 MWh_{el.}/a einer installierten Leistung von 342 kW_{el.}. Demnach wären in Waakirchen vier 75-kW-Anlagen rechnerisch möglich, ausgehend von einer nahezu vollständigen energetischen Verwertung der aktuell in Waakirchen anfallenden Gülle- und Festmistmengen. Anlagen mit Leistungen bis zu 75 kW_{el.} sind unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten insofern interessant, da diese nach dem EEG 2017 nicht unter die Ausschreibungspflicht fallen und derzeit einen erhöhten Vergütungshöchstwert von 23 ct/kWh erhalten, gemäß § 44 „Strom aus neuen Biomasseanlagen“ (EEG 2017).

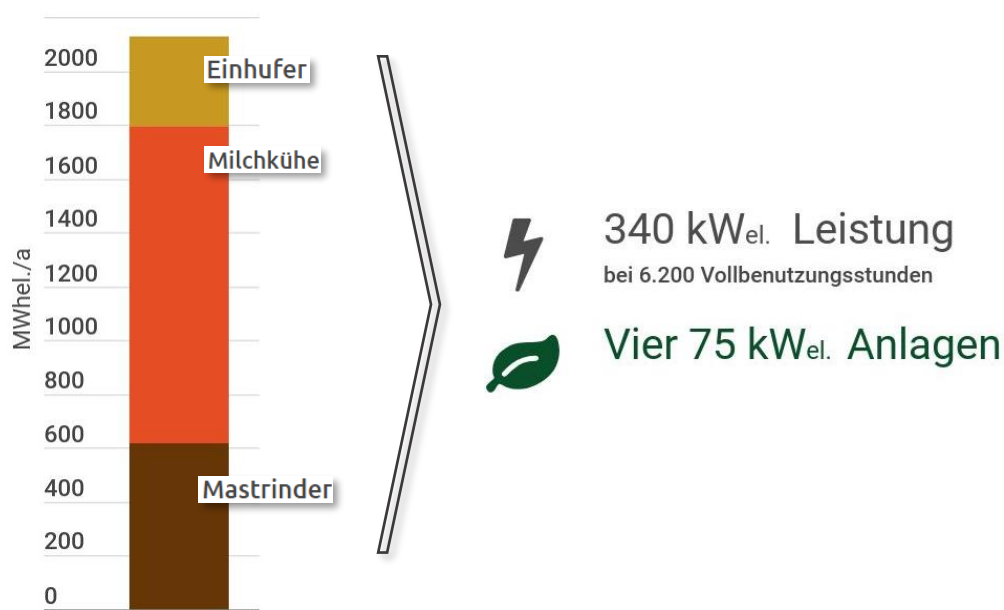


Abbildung 3-8: Die sich aus dem Nutztierbestand Waakirchen ergebenden Biogaspotenziale.

Grundvoraussetzungen einer solchen Anlagenrealisierung sind die Bereitschaft mehrerer Landwirte zum Zusammenschluss zu einer Betreibergesellschaft sowie eine sichergestellte Fortführung der Tierhaltung. Eine gleichzeitige Wärmenutzung ist prinzipiell wünschenswert, aber aufgrund der großen Abstände von Biogasanlagen zu potenziellen Wärmeabnehmern oftmals wirtschaftlich nicht realisierbar.

FAZIT: Für die klassische Erzeugung und Nutzung von Biogas sind die Viehbestände jeweils zu gering. Neue Technologien wie z.B. die biologische Wasserstoffherzeugung können u.a. aus landwirtschaftlichen Reststoffen Wasserstoff herstellen. Näheres s. Kapitel 5.3.1.

3.2.3.3 Alternative Biogassubstrate

Die naturräumlichen Voraussetzungen für Energiemais als derzeit am häufigsten angebaute Energiepflanze in Mitteleuropa sind in und um Waakirchen meist nicht gegeben. In ackerbaulich benachteiligten Gebieten wie dem Voralpengebirgsraum können in Zukunft jedoch unter Umständen alternative Biogassubstrate an Bedeutung gewinnen. Das Institut

für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (IPZ) der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), die Landesanstalt für Wein- und Gartenbau (LWG) sowie das Technologie- und Förderzentrum für Nachwachsende Rohstoffe untersuchen seit einigen Jahren Alternativen zum Energiemais und entwickeln entsprechende Anbaukonzepte (Biogas Forum Bayern 2017). Erste Versuche zeigen, dass in Alpenvorlandgebieten unter Umständen Zweitfruchtanbausysteme oder mehrjährige Energiepflanzenkulturen (z.B. Sida oder Riesenweizengras) attraktiv werden könnten. Derzeit existieren kaum langjährige Erfahrungen zu alternativen Energiepflanzenfruchtfolgen oder mehrjährigen Energiepflanzen, so dass hier weiterer Forschungsbedarf besteht. Auf eine Quantifizierung möglicher Potenziale wurde vor diesem Hintergrund verzichtet. Aktuelle Versuchsergebnisse können in den „Informations- und Demonstrationszentren Energiepflanzenanbau“ an zehn Standorten in Bayern besichtigt werden (<http://biogas-forum-bayern.de/energiepflanzen>).



Abbildung 3-9: Beispiele für alternative Biogassubstrate: Sida (1) und Riesenweizengras (2), mit denen jeweils hohe Biogaserträge erzielt werden können (Biogas Forum Bayern 2017).

Eine weitere Möglichkeit zum Energiepflanzenanbau sind sogenannte Kurzumtriebsplantagen (KUP), die dann weiter zu Hackschnitzel verarbeitet werden können. Der Anbau von KUP ist insbesondere auf Ackerflächen mit guter Wasserversorgung und schlechter Nährstoffversorgung eine interessante Alternative und wird in wissenschaftlichen Untersuchungen als ökologisch wertvoll eingestuft (Strohm u. a. 2012). KUP können auch als ökologische Vorrangfläche (ÖVF) im Rahmen des Greenings angerechnet werden. Insofern stellen KUP eine interessante Alternative für Landwirte dar, um die Greening-Anforderungen zu erfüllen. Unregelmäßige Zahlungsströme, eine lange Flächenbindung und niedrige Hackschnitzelpreise sind dagegen derzeit die Gründe, warum die Bereitschaft gegenüber dem Anbau von KUP häufig noch gering ist.

Zur Standortbewertung stellt die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) die Ergebnisse eines Ertragsmodells im Internet zur Verfügung, mit dem sich Erträge im Pappelanbau einschätzen lassen (www.kupscout-bayern.de).



Abbildung 3-10: Der Anbau von KUP ist nicht nur eine Möglichkeit Hackschnitzel als Bioenergieträger zu gewinnen, sondern kann außerdem Bodenerosionen verhindern und für vielfältigere Anbaustrukturen sorgen.

FAZIT: Aufgrund des hohen Siedlungsdrucks und der touristischen Prägung des Landkreises ist kein Potenzial nutzbar. Zudem ist derzeit relativ viel Schad- und Käferholz auf dem Markt, daher sollten keine zusätzlichen Energieholzmengen angebaut werden.

3.2.4 Windenergie

Die Windkraft gehört zu den kostengünstigsten regenerativen Stromerzeugungsformen, vorausgesetzt Windhäufigkeit und Windgeschwindigkeiten am Standort sind gegeben. Die Windenergienutzung zeichnet sich besonders durch einen geringen Flächenverbrauch, eine geringe energetische Amortisationszeit (3 bis 6 Monate) und einem nahezu emissionslosen Anlagenbetrieb aus. Mit dem Erlass der 10-H-Regelung ist der Ausbau der Windkraft in Bayern jedoch faktisch zum Erliegen gekommen.

Allerdings können die Städte und Gemeinden im Wege der Bauleitplanung Baurecht für Windenergieanlagen schaffen, ohne bei der Aufstellung entsprechender Flächennutzungs- und Bebauungspläne an den 10-H Abstand gebunden zu sein. So regelt Art. 82 Abs. 1 Bay-BO nur die Frage der Privilegierung von Windenergieanlagen im unbeplanten Außenbereich.

Die Gebietskulisse in Abbildung 3-11 zeigt die Eignung von Flächen für Windkraftanlagen. Demnach sind auf Waakirchener Flur keine Flächen, die gut für die Windenergieerzeugung geeignet sind, vorhanden. Lediglich kleine Bereiche im Norden, angrenzend an die Gemeinden Holzkirchen bzw. Warngau, sowie im südlichen Gemeindegebiet sind als „im Einzelfall eventuell geeignete Flächen“ eingestuft. Der Bereich im südlichen Gemeindegebiet fällt in die im Alpenplan als Zone B ausgewiesene Kategorie, welche die Nutzung von Windenergie nicht kategorisch ausschließt, jedoch eine sensible Beurteilung der Fläche vorsieht.

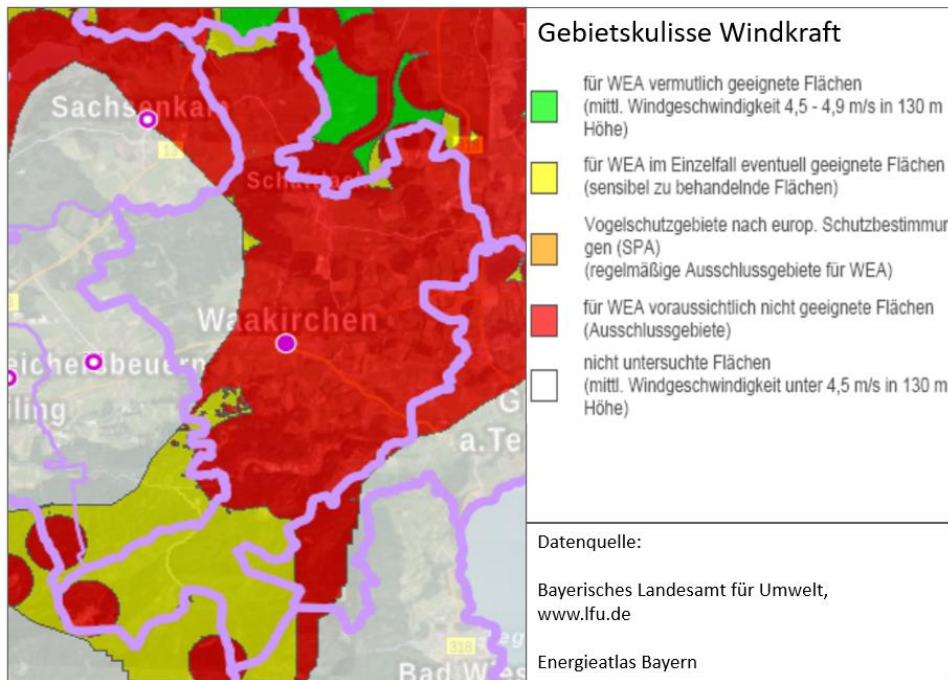


Abbildung 3-11: Gebietskulisse Windkraft.

Neben den schwierigen gesetzlichen Rahmenbedingungen sind auch die fehlende Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung gegenüber Windrädern Gründe, die gegen den Bau von Windkraftanlagen sprechen. Nichtsdestotrotz wurde für Waakirchen sowohl das Potenzial für Groß- als auch für Kleinwindanlagen untersucht, da sich die genannten Rahmenbedingungen unter Umständen auch wieder in Richtung pro Windkraft entwickeln können.

3.2.4.1 Großwindanlagen

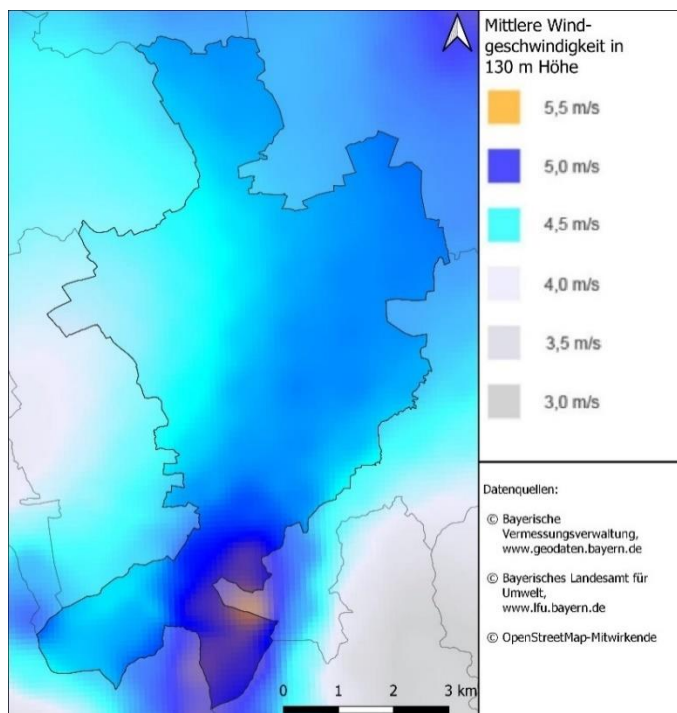


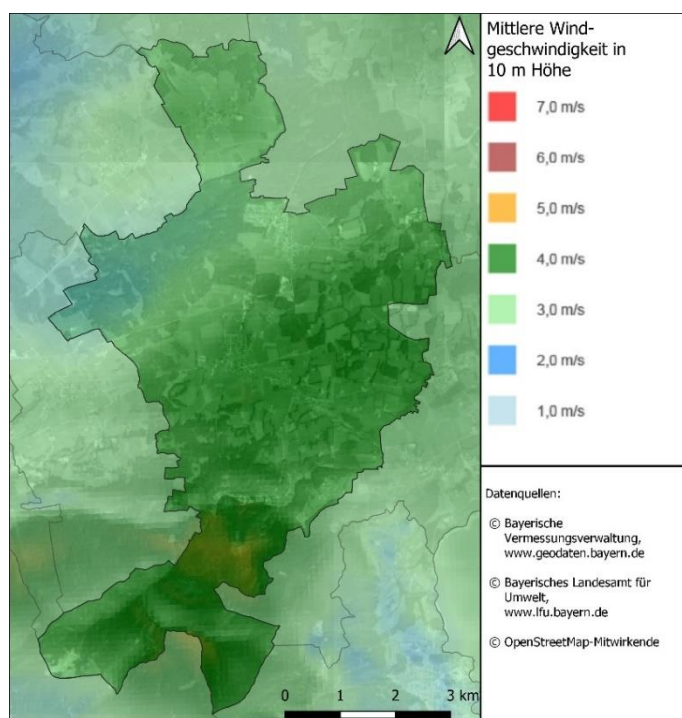
Abbildung 3-12: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 130 m Höhe über Grund.

Der Mindestwert für den wirtschaftlichen Betrieb einer Großwindkraftanlage (mit ca. 130 m Nabenhöhe) liegt in Abhängigkeit von der Einspeisevergütung bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von etwa 4,5 bis 5,0 m/s auf Nabenhöhe (Kaltschmitt u. a. 2014).

Aus Abbildung 3-12 geht hervor, dass diese Windgeschwindigkeiten über dem gesamten Gemeindegebiet erreicht werden. Allerdings handelt es sich bei den meisten Flächen um Ausschlussgebiete für Windenergieanlagen (Abbildung 3-11). Auf eine zusätzliche Betrachtung der Auswirkungen der 10-H-Regel wurde verzichtet.

FAZIT: Bei derzeitiger Rechtslage kein nutzbares Potenzial für große Windkraftanlagen vorhanden.

3.2.4.2 Kleinwindkraftanlagen



Bei Kleinwindkraftanlagen ist ein Mindestwert der Windgeschwindigkeit von 4,5 m/s auf Nabenhöhe, die Windgeschwindigkeitsverteilung, eine möglichst freie Anströmung in Hauptwindrichtung sowie ein hoher Eigenverbrauchsanteil für einen wirtschaftlichen Betrieb nötig (BWE 2013). Welche mittleren Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe in Waakirchen zu erwarten sind, ist in Abbildung 3-13 dargestellt. Es wird deutlich, dass diese Windgeschwindigkeiten über Waakirchen nicht erreicht werden. Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, handelt es sich bei diesen Flächen auch für Kleinwindkraftanlagen um Ausschlussgebiete. Damit kann für Waakirchen kein Potenzial für Kleinwindkraftanlagen ausgewiesen werden. Im Einzelfall kann ein Betrieb dann in Betracht gezogen werden, wenn es keine öffentliche Stromversorgung gibt und keine alternativen regenerativen Energieerzeugungsformen zur Verfügung stehen.

Abbildung 3-13: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 10 m Höhe über Grund.

Darüber hinaus bieten sich Kleinwindkraftanlagen mit Pilotprojektcharakter dann an, wenn eine hohe technische Affinität zu innovativen Energielösungen besteht und der Betrieb unabhängig von wirtschaftlichen Überlegung erfolgen kann. Prinzipieller Vorteil solcher Eigenverbrauchslösungen ist, dass sich das Bewusstsein zum eigenen Energieverbrauch signifikant verändert und dies zu einer nachhaltigen Veränderung des eigenen Verbrauchsverhaltens im positiven Sinne führt.

FAZIT: Kein nutzbares Potenzial für Kleinwindkraftanlagen vorhanden.

3.2.5 Wasserkraft

Wasserkraft ist aufgrund der Energieumwandlung mit sehr hohem Wirkungsgrad neben der Windenergie ebenfalls eine sehr kostengünstige Form der regenerativen Stromerzeugung. Auf Basis der aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen sind jedoch fast ausschließlich Potenziale durch Modernisierung und Nachrüstung sowie durch Neubau an bestehenden Querbauwerken realisierbar (LfU 2019b).

In Waakirchen existieren jedoch keine für die Wasserkraftnutzung interessanten Fließgewässer.

FAZIT: Kein wirtschaftlich nutzbares Potenzial vorhanden.

3.2.6 Oberflächennahe Geothermie

Die Nutzung oberflächennaher geothermischer Energie als alternative, umweltfreundliche Energiequelle hat großes Potenzial und gewann in den letzten Jahren dank technologischer Weiterentwicklungen immer mehr an Bedeutung. Erdwärme ist außerdem eine sehr stabile, krisensichere und konstante Energiequelle, da diese im Gegensatz zur Solar- und Windenergie, welche infolge der unterschiedlichen Sonneneinstrahlung und des Windangebots tages- und jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen, unabhängig ist. Zudem geht diese Technologie ohne Eingriffe ins Landschaftsbild einher. Der Entzug von Erdwärme aus oberflächennahen Erdschichten erfolgt mittels Wärmepumpen. Dabei wird der Umgebung aus dem Grundwasser oder dem Erdreich Wärme entzogen und zum Heizen ins Hausinnere geleitet. Per Definition wird die Nutzung bis 400 m Tiefe als oberflächennahe Geothermie bezeichnet (LfU 2020b). In der Praxis werden in aller Regel aber nur Tiefen bis 100 m erschlossen, da bergrechtlich (BBergG §127) Bohrungen bis zu 100 m freigestellt sind. Tiefere Bohrungen müssen der zuständigen Bergbehörde angezeigt werden (Hähnlein u. a. 2011). Der Gebrauch von Wärmepumpen zur Nutzung der Erdwärme erlaubt es zudem, neben der Bereitstellung von Wärmeenergie, auch Gebäude zu kühlen. So kann beispielsweise ein Gebäude mit Hilfe einer Wärmepumpe im Winter beheizt und im Sommer gekühlt werden. Für die Nutzung von Umgebungsluft kommen Luft-Wärmepumpen mit ähnlichem Prinzip zum Einsatz. Jedoch ist die Verwendung im Sinne der Energiewende oftmals suboptimal. Denn immer dann, wenn die Luftwärmepumpe viel Strom benötigt (kalte Witterung), steht i.d.R. wenig erneuerbarer Strom zu Verfügung.

Prinzipiell ist die Nutzung von Erdwärme nur dann ökologisch sinnvoll, wenn niedrige Vorlauftemperaturen zur Beheizung von Gebäuden erforderlich sind. Denn die Wärmepumpe arbeitet umso besser, je niedriger das Temperaturniveau ist, auf das diese das Heizwasser aufheizen muss. Je kleiner der Temperaturunterschied zwischen dem Medium und der Vorlauftemperatur, desto höher ist der Wirkungsgrad. Gut geeignet ist der Einsatz von Wärmepumpen demnach bei Neubauten mit Flächenheizungen, aber auch bei älteren Gebäuden, deren Wärmebedarf durch Sanierungsmaßnahmen reduziert wurde. Der zum Betrieb von Wärmepumpen notwendige Strom sollte möglichst gering sein und durch regenerative Energien, wie z.B. durch eine PV-Anlage bereitgestellt werden. Eine Aussage über die Energieeffizienz der eingesetzten Wärmepumpe gibt die sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ).

Jahres- arbeitszahl

Die JAZ beschreibt das Verhältnis zwischen der jährlich abgegebenen Nutzwärme und der eingesetzten elektrischen Energie.

"Effiziente oberflächennahe geothermische Anlagen haben eine JAZ größer vier. Das bedeutet, dass mit 3 Teilen Erdwärme (75 %) und 1 Teil Strom für die Wärme- und Umwälzpumpen (25 %) 4 Teile (100 %) Nutzwärme für Heizung und Warmwasser erzeugt werden können (LfU, 2013)".

Prinzipiell gibt es verschiedene Systeme, wie dem Erdreich oberflächennah Wärme entzogen werden kann. Dazu zählen:

- **Erdwärmekollektoren:** Erdwärmekollektoren sind flache, oberflächennahe Erdwärmennutzungssysteme, die in Tiefen bis 5 m die Erdwärme nutzen. Für diese Technologie ergibt sich ein hoher Flächenbedarf. Eine platzsparende Alternative bietet der Einsatz von Erdwärmekörben (Abbildung 3-19).



- **Erdwärmesonden:** Eine Erdwärmesonde wird im Gegensatz zu den Erdwärmekollektoren in tiefere Erdschichten eingebracht und kommen mit einem deutlich geringeren Platzbedarf aus. Für die Verlegung von Erdwärmesonden werden Erdbohrungen bis zu 100 Meter Tiefe durchgeführt. Bei solch tiefen Bohrungen kann neben der Wärmeenergie auch Energie zur Stromproduktion gewonnen werden. Erdwärmesonden sind weitaus effektiver als Erdwärmekollektoren. Dies hängt damit zusammen, dass die Temperatur mit zunehmender Bohrtiefe wärmer und konstanter wird. Ab 15 Meter liegt die Temperatur bei konstanten 10 °C. Danach steigt die Temperatur pro 30 Meter um 1 °C. Damit sind sie im Vergleich zu Erdwärmekollektoren unabhängig von den Witterungsbedingungen. Die Bohrtiefe und Anzahl der Sonden sind abhängig vom erforderlichen Wärmebedarf



- **Grundwasser-Wärmepumpen:** Eine Grundwasser-Wärmepumpe benutzt die im



Grundwasser enthaltene Wärme, um damit zu heizen. Da Grundwasser im Jahresverlauf eine konstant hohe Temperatur aufweist, ist es als Wärmequelle hervorragend geeignet. Die Tiefe der Bohrung richtet sich nach der Höhe des Grundwasserspiegels. Aus dem Förderbrunnen wird das Grundwasser nach oben gepumpt und durch Rohre zur Wärmepumpe geleitet. Das abgekühlte Wasser wird dann in einem zweiten Brunnen (Schluckbrunnen) wieder abgeleitet. Bei dieser Variante müssen Gewässerschutzrichtlinien eingehalten und eine Genehmigung beantragt werden. Auch hier ist die Möglichkeit gegeben im Sommer das Grundwasser zur Kühlung zu nutzen (LfU 2019b).

- **Luft-Wärmepumpe**

Diese Aggregate können der Umgebungsluft Wärme entziehen und Wärme für Heizung und Warmwasser zur Verfügung stellen. Im Vergleich zu oben angeführten Wärmequellen ist eine Luftwärmepumpe mit weniger Aufwand zu installieren. Der Nachteil ist eine geringere Arbeitszahl gerade bei kalter Witterung. Ein monovalenter Betrieb ist daher nur bei Neubauten von ein Ein - oder Zweifamilienhäusern mit großen Heizflächen sinnvoll. Größere Gebäude vor allem mit Warmwasserbereitung sollten zusätzlich eine Heizquelle für höhere Vorlauftemperaturen oder zur hygienischen Warmwasserbereitung vorhalten.

Wo der Einsatz der dargestellten Erdwärmesysteme in Waakirchen möglich ist und in welchen Gebieten Einschränkungen existieren, wird in den folgenden Abschnitten im Detail dargestellt. Nutzungseinschränkungen ergeben sich vorwiegend aus wasserschutzrechtlichen Gründen. Beispielsweise ist in der Zone I bis III/IIIA von Wasserschutzgebieten der Bau und Betrieb von Erdwärmesonden i.d.R. verboten. Vor Auftragsvergabe sind von Planern, Handwerksbetrieben oder Wärmepumpenherstellern die Gegebenheiten am Standort unbedingt zu prüfen. Für weiterführende Informationen sei insbesondere auf die Publikation „Oberflächennahe Geothermie“ (LfU 2020b) verwiesen.

3.2.6.1 Potenziale für Erdwärmekollektoren

Die Nutzung von Erdwärmekollektoren ist im gesamten besiedelten Gemeindegebiet von Waakirchen durch keine gesetzlichen Einschränkungen betroffen (Abbildung 3-14). Dieses Potenzial steht also prinzipiell zur Verfügung. In Wasserschutzgebieten sind Bohrungen grundsätzlich nicht zulässig.

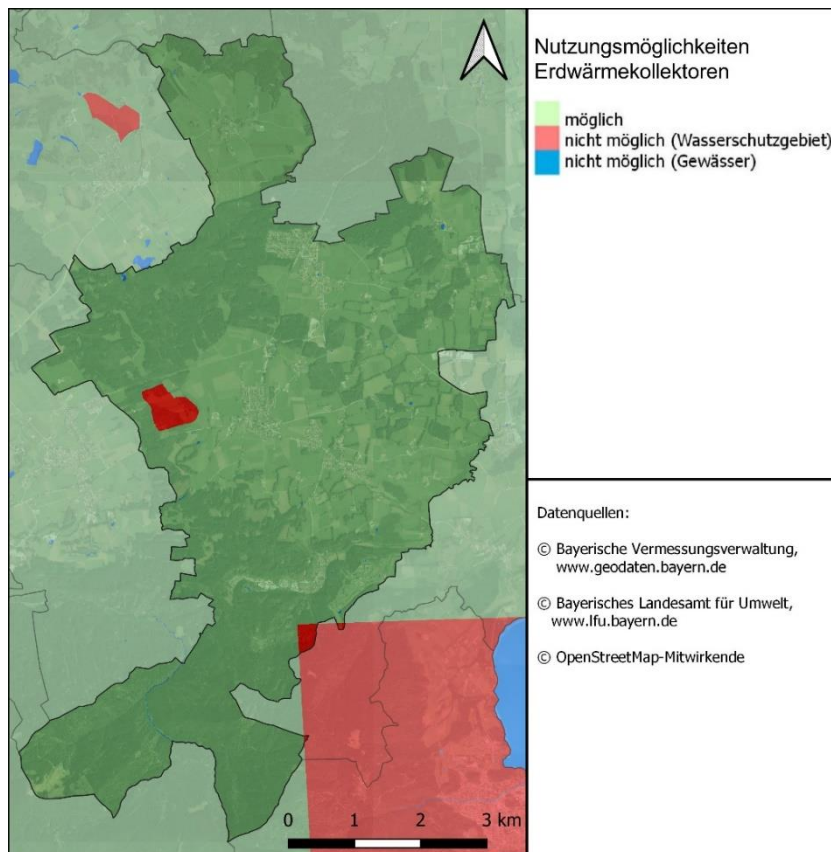


Abbildung 3-14: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmekollektoren im Gemeindegebiet Waakirchen.

FAZIT: Erdwärmekollektoren oder –körbe können bei Neubauten effizient eingesetzt werden, im Bestand ist der Aufwand für den Tiefbau in der Regel zu hoch. Der relativ hohe Platzbedarf ist zu beachten.

3.2.6.2 Potenziale für Erdwärmesonden

Besonders im Neubaubereich mit geringem Wärmebedarf kann diese Technologie eine interessante Option zur Wärmebereitstellung darstellen.

Wie Abbildung 3-15 zeigt, ist in allen besiedelten Gebieten von Waakirchen die Nutzung von Erdwärmesonden möglich. In allen Bereichen ist eine Einzelfallprüfungen durch die Untere Wasserbehörde in der örtlich zuständigen Kreisverwaltungsbehörde durchzuführen.

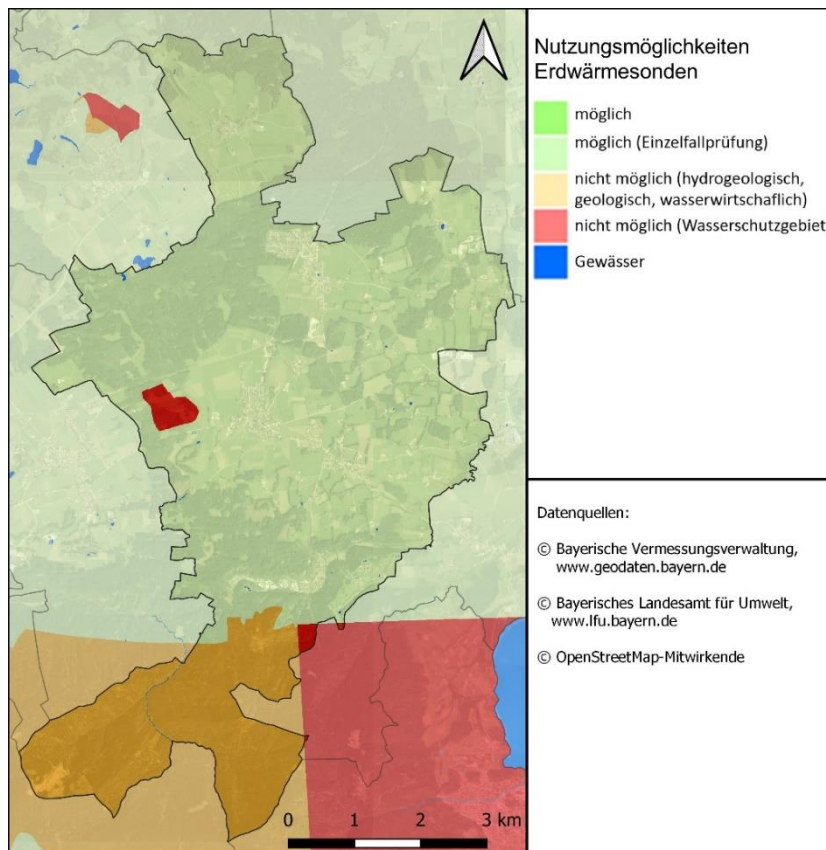


Abbildung 3-15: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden im Siedlungsgebiet von Waakirchen.

FAZIT: Insbesondere bei Neubauten oder gut sanierten Bestandsgebäuden sollte die Einsatzmöglichkeit dieser Technologie geprüft werden.

3.2.6.3 Potenziale für Grundwasserwärmepumpen

Die für Waakirchen aufbereiteten Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen sind in Abbildung 3-16 abgebildet. In einem Großteil des besiedelten Gebietes ist die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen durchaus möglich. Im Ortsteil Marienstein schließen dagegen (hydro-) geologische Gegebenheiten die Nutzung aus.

Unabhängig von den hier gemachten Nutzungsmöglichkeiten prüft im Einzelfall die Untere Wasserbehörde in der örtlich zuständigen Kreisverwaltungsbehörde die Zulässigkeit einer Anlage. Zudem muss beachtet werden, dass bedingt durch die geringen Grundwassertemperaturen die Effizienz von Grundwasserwärmepumpensystemen in Waakirchen i.d.R. geringer als im Bundesdurchschnitt ist. Hier muss zusätzlich bedacht werden, dass dem knapp 8 °C kalten Grundwasser nochmal bis zu 5 °C Wärme entzogen wird.

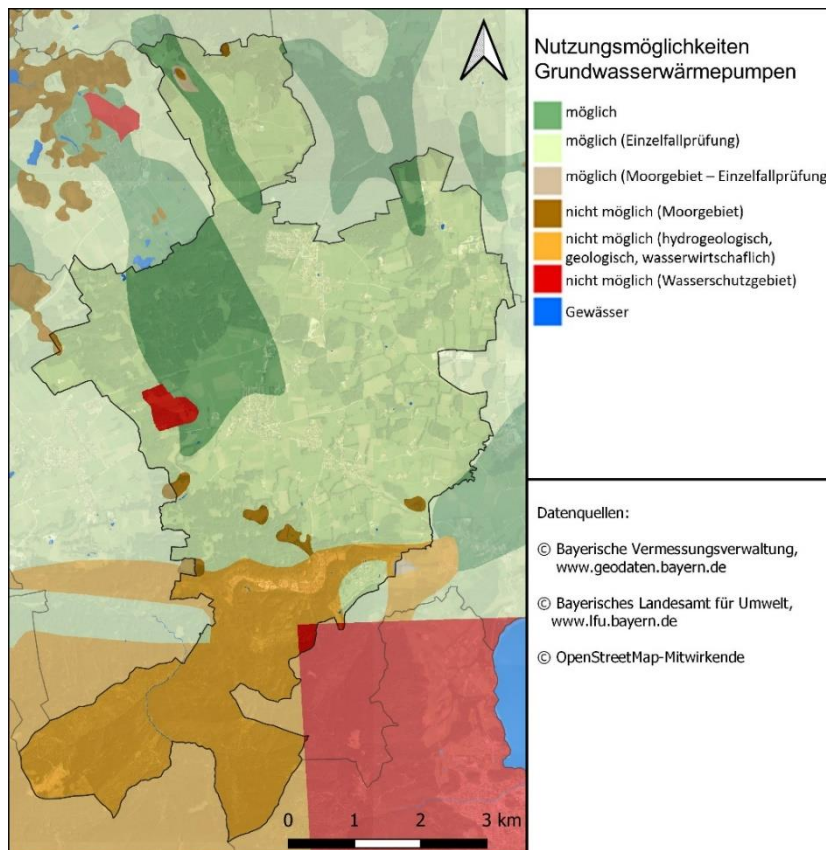


Abbildung 3-16: Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen im Siedlungsbereich von Waakirchen.

FAZIT: Grundwasser-Wärmepumpen können langfristig ein wirtschaftlich sinnvolles Potenzial für die regenerative Wärmeversorgung erschließen. Vor allem in Neubauten oder gut sanierten Gebäuden ist deren Einsatz zu empfehlen.

3.2.6.4 Gesamtpotenzial für oberflächennahe Geothermie bis 2035

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Nutzungsmöglichkeiten und Einschränkungen oberflächennaher Geothermie-Systeme explizit für die Gemeinde Waakirchen dargestellt. Dabei hat sich gezeigt, dass insbesondere der Einsatz von Grundwasserwärmepumpen und Erdwärmesonden nicht überall uneingeschränkt möglich ist. Die Nutzung von Erdwärmekollektoren ist dagegen in weiten Teilen des Gemeindegebietes möglich.

Um den Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen zu gewährleisten ist beim Einsatz von Wärmepumpen zudem zu beachten, dass der zum Betrieb notwendige Stromeinsatz aus erneuerbaren Quellen erfolgt.

Die Quantifizierung eines Gesamtpotenzials für oberflächennahe Geothermie gestaltet sich schwierig, da diese Energieform nach menschlichen Maßstäben im Boden nahezu unerschöpflich vorhanden ist. Man kann davon ausgehen, dass sich die Zubaurate beim Neubau sowie sanierten Gebäuden erhöhen wird. In der Übersicht der Potenziale wird eine

Fortschreibung des bisherigen Trends beim Zubau von Wärmepumpensystemen angenommen. Aus dieser mittleren Rate des Zubaus der Jahre 2008 - 2020 ergibt sich somit bis zum Jahr 2035 ein realistisches Potenzial von etwa **1.100 MWh Wärme** zusätzlich aus oberflächennahen Geothermiesystemen. Zudem ist anzunehmen, dass in den kommenden Jahren die Zahl der Hybridheizsysteme in der Kombination mit Gas-Brennwertsystemen zunehmen wird.

3.2.6.5 Sonderformen der oberflächennahen Geothermie

Neben den oben vorgestellten klassischen Erdwärmesystemen, können je nach Einsatzzweck ebenso Sonderformen als Wärmequellen für Sole/Wasser/Wärmepumpen dienen:

- **Eisspeicher:** Der Eisspeicher ist ein mit Wasser gefüllter Behälter, der unter der

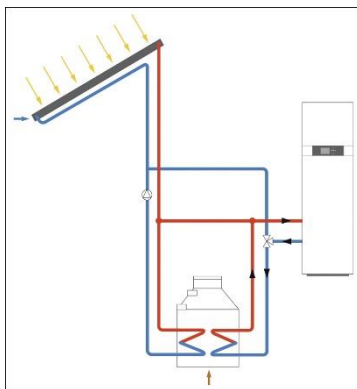


Abbildung 3-17: Aufbau einer Wärmepumpenanlage mit Eisspeicher (IKZ 2015).

Erdoberfläche installiert wird. Der Behälter wird in der Regel aus Beton neben dem Gebäude errichtet und mit Wasser gefüllt. Der Eisspeicher bevorratet nutzbare Energie für eine Sole-Wasser-Wärmepumpe. Damit das funktioniert, sind beide Geräte über ein System aus Rohrleitungen und einen Wärmeüberträger miteinander verbunden. Herzstücke einer solchen Anlage sind die beiden Entzugswärmetauscher und Regenerationswärmetauscher. Mit Hilfe des Entzugswärmetauschers wird dem Wasser Wärme entzogen bis es gefriert. Der Regenerationswärmetauscher hat die Aufgabe, dem Wasser Wärme aus verschiedenen Quellen zuzuführen und das Eis zum Schmelzen zu bringen. In der Regel erfolgt dies über solare Wärmenutzung (IKZ 2015).

- **Energiepfähle:** Diese Technologie bietet sich an, wenn Gebäude eine Pfahlgründung benötigen. Je nach erforderlicher

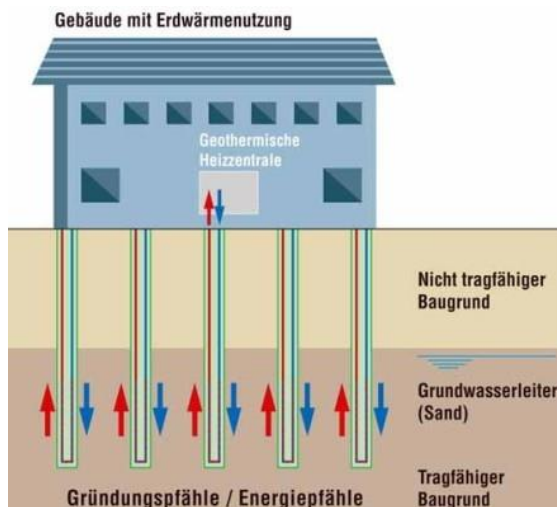


Abbildung 3-18: Das Prinzip von Energiepfählen (www.baunetzwissen.de).

Wärmeleistung eines Gebäudes können Rohrleitungen vorab in die Armierung der Pfähle installiert werden, wie schematisch in Abbildung 3-18 dargestellt ist (Baunetz Wissen o. J.)

In zukünftigen Neubauten wäre die Installation beim Bau des Gebäudefundaments möglich.

- **Wärmekörbe:** Für eine Wärmequelle auf engerem Raum könnten sogenannte Erdwärmekörbe sorgen (Abbildung 3-19). Dies sind vorgefertigte Wärmetauscher, die auf relativ kleiner Fläche dem Erdreich Wärme entziehen können.



Abbildung 3-19: Beispielansicht eines Erdwärmekorbs.

- **Stahlspundwände als Wärmequelle**
Das System basiert auf Stahlspundwänden, die in den Boden vibriert werden. Die Spundwände werden mit weltweit patentierten aufgeschweißten und druckgeprüften Wärmetauschern versehen, die die Oberflächenwärme der angrenzenden Böden respektive des Grundwassers und/oder Fließgewässers nutzen. Die gewonnene Wärme oder Kühlung wird mittels Wärmepumpe in Kühl- oder Heizenergie umgewandelt. Damit können Nahwärmenetze und Kühlnetze gespeist werden. Gerade für den Heiz- und Kühlbetrieb von Gebäuden mit Decken- oder Fußbodenheizung könnte diese Technologie eingesetzt werden.

Das System kann in relativ kurzer Zeit installiert werden und ggf. komplett rückstandsfrei zurückgebaut werden. Es wird außerdem ausschließlich mit natürlichen Fluiden als Tauschmedium betrieben. Im Gegensatz zu Wärmesonden ist keine Entsorgung von Bohrgut und kein Einbetonieren der Sonde erforderlich.

3.2.7 Tiefengeothermie

Die Erschließung und Nutzung von Geothermievorkommen in Tiefen zwischen 400 und 5.000 Metern in Oberbayern ist schon seit einigen Jahren im Aufbruch begriffen, wie die Erschließungsaktivitäten in Geretsried, Icking, Holzkirchen oder Weilheim zeigen. All diese Projekte liegen in einer hydrogeologischen Zone des Malm Aquifers, wo ausreichende Entnahmemengen für eine hydrothermale Wärme- oder Stromerzeugung realisiert werden können.

Im Gemeindegebiet von Waakirchen herrschen dagegen keine günstigen geologischen Verhältnisse zur Erschließung von Tiefenerdwärme vor, wie Abbildung 3-20 zeigt. Waakirchen liegt im Bereich der Faltenmolasse, welche aus Festgesteins-Grundwasserleitern mit geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit aufgebaut ist. Günstige Verhältnisse für Tiefengeothermie ergeben sich erst nördlich der Faltenmolasse. Infolge dessen ergibt sich nach derzeitigem Wissenstand kein Potenzial für Tiefengeothermie in Waakirchen.

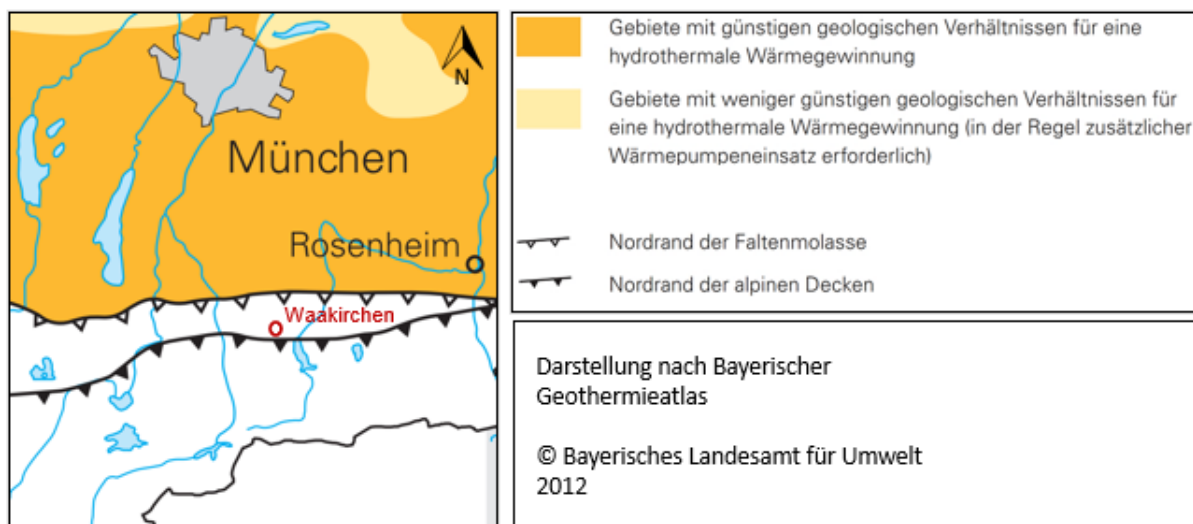


Abbildung 3-20: Gebiete in Bayern mit günstigen geologischen Verhältnissen zur Energiegewinnung.

FAZIT: Kein nutzbares Potenzial vorhanden.

3.3 Abwärmepotenziale

Die Vorteile der Abwärmenutzung liegen in der Reduzierung des Energieverbrauchs und der damit verbundenen Reduzierung der Schadstoffemissionen. Dies führt zu geringeren Betriebskosten bzw. zu geringeren Investitionskosten der Wärmeerzeugungsanlage. Zur Ermittlung möglicher Abwärmepotenziale kann die Abwärme-Informationsbörse im Energieatlas Bayern (StMWi 2017a) herangezogen werden. Ziel dieser Informationsplattform ist es, Anbieter und Nutzer von Abwärme zusammenzubringen. Über ein Online-Formular können Einträge von Abwärmequellen oder -senken vorgenommen werden, welche dann in die Karte des Energie-Atlas Bayern aufgenommen werden. Insbesondere interessant ist dies dann, wenn die Entstehung von Abwärme unvermeidbar ist und auch keine Möglichkeit für eine betriebsinterne Nutzung existiert.

In Waakirchen ist derzeit keine Abwärmequelle gemeldet.

Ob ein einzelner Betrieb über ein sinnvoll nutzbares Abwärmepotenzial verfügt kann mit Hilfe des Abwärmerechners des LfU ermittelt werden:

<https://www.umweltpakt.bayern.de/abwaermerechner/index.php>. Der Rechner beurteilt ebenso, ob die Abwärme zur Gewinnung von Strom oder Kälte genutzt werden kann und ob die Nutzung wirtschaftlich lohnend ist.

Informationen zu Förderprogrammen u.a. auch zur Abwärmenutzung in Betrieben sind in Kapitel 6 zusammengefasst.

3.4 E-Mobilität

Elektrofahrzeuge sind eine Möglichkeit erneuerbare Energien im Straßenverkehr effizient zu nutzen. So kann die Batterie dieser Fahrzeuge mit erneuerbarem Strom aus PV, Wasserkraft, Biomasse oder Windkraft aufgeladen werden. Sinkende Preise, Fahrspaß sowie die Möglichkeit feinstaub- und stickoxidneutral mobil zu sein, sind darüber hinaus Gründe, warum E-Autos immer häufiger den Vorzug zu klassischen Verbrennungsmotoren erhalten. Mit den Reichweiten der neuen E-Auto-Generation um die 300 km hat sich darüber hinaus die Alltagstauglichkeit im Vergleich zu vor wenigen Jahren deutlich verbessert. Insbesondere bietet sich der Einsatz von Elektromobilität für betriebliche Fuhrparks mit vielen kurzen Fahrten und langen Standzeiten an, wie es z.B. häufig in Handwerksbetrieben der Fall ist.

Grundvoraussetzung dafür, dass Elektromobilität einen Beitrag zum Klimaschutz leistet, ist eine regenerative Erzeugung des „getankten“ Stroms. Ansonsten stellt sich die Klimabilanz von E-Autos schlechter als bei üblichen Verbrennungsmotoren dar. Im Idealfall werden erneuerbare Energieerzeugung vor Ort und E-Mobilität gemeinsam gedacht. Insgesamt ist der Anteil an erneuerbaren Energien am deutschen Bruttostromverbrauch mit 31,7 % jedoch noch zu gering, damit das Tanken aus der Steckdose einen tatsächlichen Klimaschutzbeitrag gegenüber üblichen Verbrennungsmotoren leisten kann. Sofern der für ein E-Auto benötigte Strom also nicht selbst erzeugt werden kann, sollte zumindest umweltfreundlicher Ökostrom aus erneuerbaren Energiequellen bezogen werden.



Abbildung 3-21: Die Verknüpfung von Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen wie Sonne und E-Mobilität kann zukünftig einen Beitrag leisten, um die verkehrsbedingten Emissionen in der Region zu senken.

4 Konzeptentwicklung

Die Ergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse bilden die Grundlage für die folgende Konzeptentwicklung. Zudem fließen vor-Ort-Informationen von der Gemeindeverwaltung, dem Gemeinderat, dem Handwerk sowie der Bürgerschaft in die Konzeptentwicklung mit ein.

4.1 Handlungsbedarf und Handlungsoptionen

Für die Gemeinde Waakirchen wurde der Handlungsbedarf und die wesentlichen Handlungsoptionen zunächst unter Berücksichtigung der aktuellen Bedarfssituation und den vorhandenen Energiepotenzialen identifiziert.

4.1.1 Strom

In der Jahresbilanz werden aktuell knapp 17 % des Gesamtnetzabsatzes durch erneuerbare Energieanlagen (Photovoltaik) im Gemeindegebiet erzeugt. Der verbleibende Anteil von 83 % wird durch Netzbezug gedeckt (Abbildung 4-1).

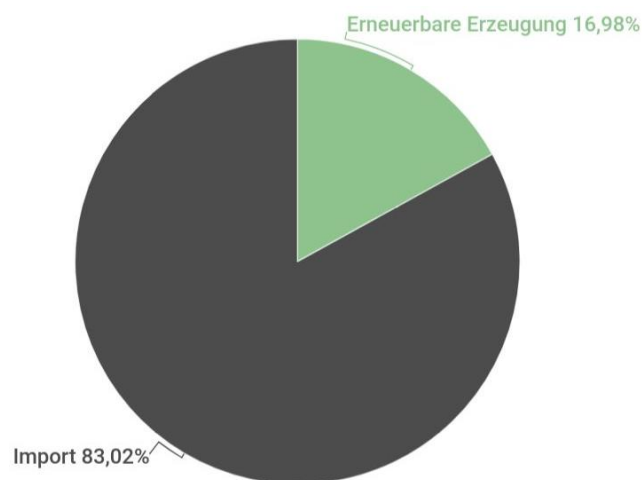


Abbildung 4-1: Anteil des in Waakirchen erneuerbar erzeugten Stroms am Gesamtstromverbrauch und des Netzbezugs im Jahr 2017.

Insgesamt liegt das weitere Potenzial in Waakirchen für erneuerbare Energien im Sektor Strom bei mindestens **22.000 MWh**. Im Folgenden werden die prinzipiellen Handlungsoptionen für den Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich, welche sich anhand der ermittelten Energiepotenziale für die verschiedenen Energieträger ergeben, dargestellt (Abbildung 4-2):

PV-Dach: Erhebliches Potenzial besteht für den weiteren Ausbau von PV-Anlagen auf Dachflächen. Bei der vorliegenden Potenzialausweisung wird berücksichtigt, dass auch Solarthermie zur Brauchwarmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung auf den für Solarenergie geeigneten Dachflächen genutzt wird und sich somit die potenziell nutzbare Fläche für Photovoltaik reduziert. Unter Annahme einer vollständigen Erschließung von 50 % aller für PV geeigneten Dachflächen kann der erneuerbare Anteil beim Strom um **10.630 MWh/a** erhöht werden. Für Waakirchen bietet diese Technologie folglich das größte Ausbaupotenzial. Eine bedarfsorientierte Anlagendimensionierung, wie es i.d.R. wirtschaftlich geboten ist, steht der vollen Ausschöpfung dieses Potenzials allerdings entgegen.

PV-Freifläche: Es wurden mehrere Flächen die nach §48 Abs. 1 Nr. 3 c (EEG 2017) als PV-Freiflächen in Frage kommen würden ermittelt. Eine Realisierung von Freiflächen-Anlagen in der Größenordnung von insgesamt **10.000 MWh** ist angesichts der vielen potenziell nutzbaren Flächen möglich.

Biogas: Theoretisch besteht bei einer vollständigen Nutzung der in Waakirchen anfallenden Gülle- und Festmistmengen ein Erzeugungspotenzial für ca. **2.127 MWh_{el.}/a** bzw. eine Menge von **601.580 m³/a** Methan.

Wind: Nach derzeitigen technologischen und rechtlichen Rahmenbedingungen existiert kein geeigneter Standort für Windenergie in Waakirchen.

Wasser: Es wurden keine Ausbaupotenziale für Wasserkraft auf dem Gemeindegebiet von Waakirchen ermittelt.

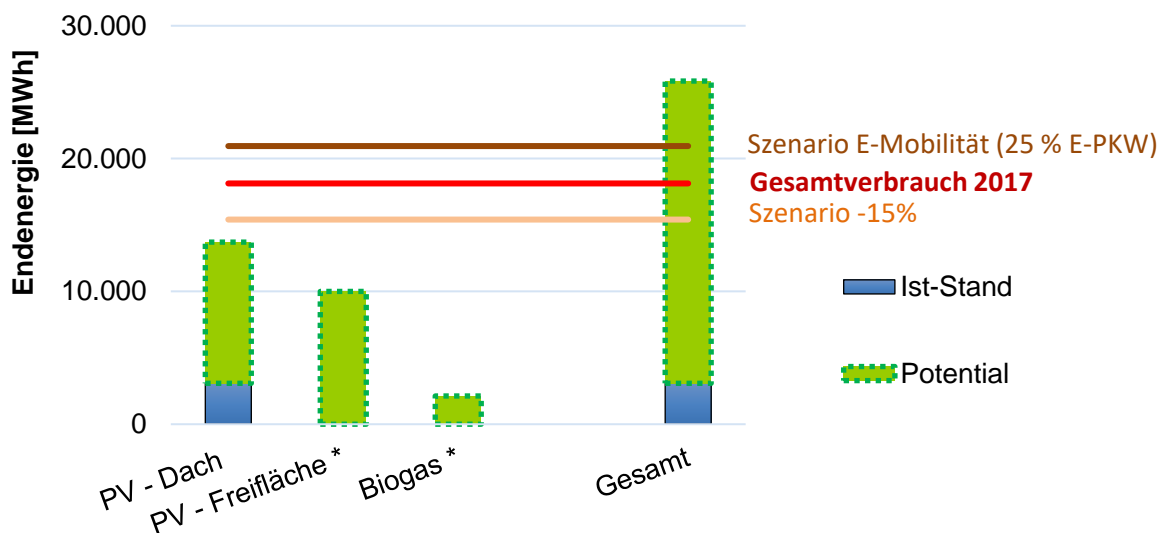


Abbildung 4-2: Ist-Stand (2017) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in Waakirchen.

Bezogen auf den aktuellen Stromverbrauch in Waakirchen verdeutlicht Abbildung 4-2, dass innerhalb des Gemeindegebiets genügend Potenziale vorhanden sind, um eine vollständige Deckung des derzeitigen Netzabsatzes durch erneuerbare Energien zu erreichen. Das größte Ausbaupotenzial liegt dabei in der Solarenergie. Sowohl die Dachlandschaft als auch die Freiflächen bergen in Waakirchen großes Potenzial. Das „Szenario E-Mobilität“ geht davon aus, dass im Jahr 2035 25 % aller gemeldeten PKWs Elektrofahrzeuge sind. Selbst dieser erhöhte Verbrauch könnte bei einer vollständiger Ausschöpfung der Potenziale gedeckt werden. Eine Reduzierung des Strombedarfs und eine Steigerung der Energieeffizienz sind, wie durch das „Szenario -15 %“ abgebildet, dennoch unbedingt anzustreben. Neue Technologien wie Power-to-Gas erlauben es, überschüsse elektrische Energie, in Gas umzuwandeln und somit anderen Verwendungsformen zugänglich zu machen, sowie langfristig zu speichern. Der durch PV-Freiflächenanlagen und Biogas erzeugte Strom

könnte durch Elektrolyse in Wasserstoff oder Sauerstoff umgewandelt und in Folge zur Wärmebereitstellung verwendet werden (Vgl. Kapitel 5.3.1). Einer der Schwerpunkte bei der Maßnahmenentwicklung zum Energienutzungsplan Waakirchen liegt folglich auf der Steigerung der Energieeffizienz und der Errichtung von PV-Anlagen.

4.1.2 Wärme

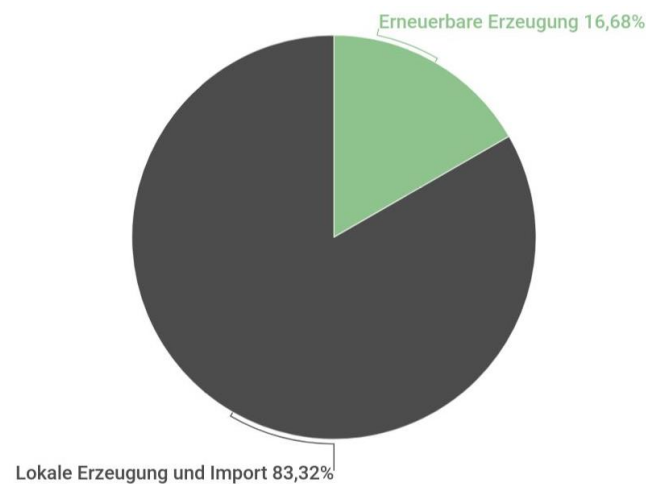


Abbildung 4-3: Erneuerbarer und fossiler Anteil der Wärmeversorgung im Jahr 2019 in Waakirchen.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich bei der Wärmeversorgung ab: Knapp 17 % können durch erneuerbare Energieträger lokal erzeugt werden. Die restlichen 83 % des Wärmebedarfs werden durch Heizöl, Erdgas oder durch lokale fossile Erzeugung durch BHKWs produziert (Abbildung 4-3).

In Waakirchen wird mehr als das Vierfache an Endenergie in Form von Wärme benötigt als für Strom. Fortschritte im Wärmesektor spielen daher eine Schlüsselrolle für den Erfolg der lokalen Energiewende. Eine Zusammenfassung über der erneuerbaren Energiepotenziale zeigt Abbildung 4-4. Insgesamt ist ein zusätzliches Potenzial von mindestens **200.000 MWh** zur Wärmebereitstellung durch erneuerbare Energieträger vorhanden.

Solarthermie: Mit der Dachlandschaft in Waakirchen stehen prinzipiell genug geeignete Dachflächen zu Verfügung, um (unter Berücksichtigung der Flächenkonkurrenz mit PV-Anlagen) etwa **9.468 MWh/a** Wärme zusätzlich durch Solarthermie-Anlagen bereitzustellen. Allerdings ist davon nur ein Bruchteil wirtschaftlich darstellbar. Für eine Realisierung dieses Potenzials ist die unabhängige Initiative sehr vieler Akteure notwendig. Insgesamt kann derzeit kein entscheidender Trend beim Zubau von Solarthermieanlagen verzeichnet werden.

Energieholz: Waakirchen zeichnet sich aus durch große, gut erschließbare Waldflächen mit einem beachtlichen Vorrat an Energieholz. Werden allein die Privatwaldflächen auf dem Gemeindegebiet von Waakirchen betrachtet, können durch den nachhaltigen Einsatz von Hackschnitzeln, Scheitholz und Pellets zusätzlich **2.760 MWh/a** Wärme gewonnen werden. Mittlerweile besteht in der gesamten Region eine gute logistische Versorgung mit Hackschnitzeln unterschiedlicher Qualitäten, so dass relativ hochwertige Ware ganzjährig zur Verfügung steht.

Oberflächennahe Geothermie: Für die Nutzung oberflächennaher Geothermie ist es aufgrund der jeweiligen Standortbedingungen schwierig, ein quantitatives Potenzial auszuweisen. Es ist in jedem Fall eine Einzelfallprüfung notwendig. Vor allem im Neubaubereich bzw. zur Deckung von Heizwärmebedarf mit relativ niedrigem benötigtem Temperaturniveau (z.B. Fußbodenheizung) könnten oberflächennahe Erdwärmesysteme noch vorhandenes Potenzial bieten. Mittels Fortschreibung der Ausbaurate der letzten 10 Jahre bis zum Jahr 2035 kann mit etwa zusätzlich **1.100 MWh/a** Wärmebereitstellung durch oberflächennahe Geothermie gerechnet werden.

Tiefengeothermie: Die hydrogeothermalen Eigenschaften im Raum Waakirchen lassen keine Nutzung von Erdwärme aus tiefen Erdschichten (400 – 5.000 m) zu.

Methanisierung: Siehe Kapitel 5.3.1.

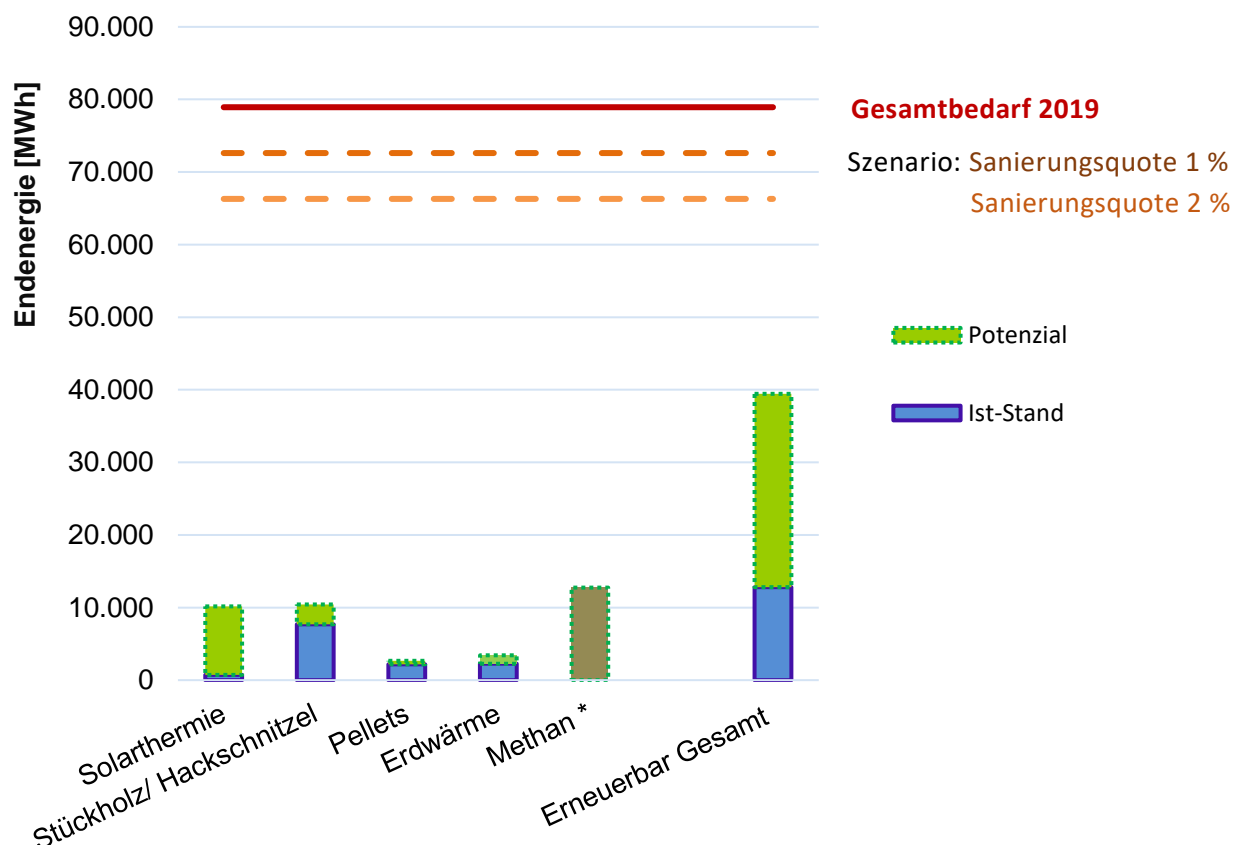


Abbildung 4-4: Ist-Stand (2019) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in Waakirchen.

Zum Ausbau des erneuerbaren Wärmeanteils in Waakirchen existieren folglich verschiedene Handlungsoptionen. Die Potenzialanalyse verdeutlicht allerdings auch, dass ein Mix der verschiedenen Energieträger notwendig ist, um den Anteil der erneuerbaren Energien signifikant steigen zu können. Eine bilanzielle Deckung des gesamten derzeitigen Energiebedarfs allein aus den auf dem Gemeindegebiet vorhandenen erneuerbaren Ressourcen ist nicht möglich. Nicht nur im Sinne des Klimaschutzes ist demnach eine Reduktion des

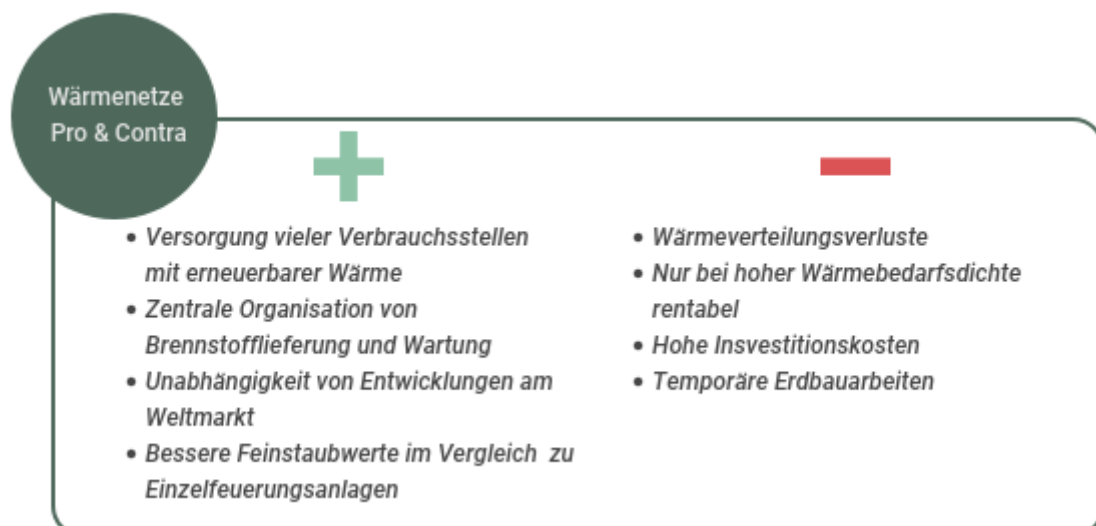
Wärmebedarfs dringend anzustreben. Perspektivisch könnte durch Power-to-Gas ein beachtlicher Teil an Wasserstoff bzw. Methan aus überschüssigem (PV-) Strom erzeugt werden und so die Potenziale zur erneuerbaren Wärmebereitstellung erhöhen.

Zentrale Bedeutung gewinnen somit Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs und der Erhöhung der Energieeffizienz. Eine solche – niederschwellige aber sehr wirksame Maßnahme - ist beispielsweise in Kapitel 5.1.1 „Thermografie-Spaziergang“ beschrieben.

4.1.2.1 Wärmenetze als zentraler Baustein der Energiewende

Aus Sicht der Energiewende sind Wärmeverbundsysteme eine Chance viele Verbrauchsstellen mittels erneuerbarer Energien zu versorgen. Die Realisierung eines Wärmenetzes auf Basis von Holz, welches in der gesamten Region in ausreichenden Mengen vorhanden ist, ist somit stets ein deutlicher Beitrag zum Klimaschutz sowie zum Erreichen der gesetzten Klimaziele. Die Brennstofflieferung und Wartung sind zentral organisiert, sodass ein sehr effizienter Betrieb gewährleistet werden kann. Die geltenden Immissionsschutzgrenzwerte können dank neuester Technologien durch eine zentrale Wärmeversorgung deutlich unterschritten werden und liegen oftmals unterhalb der Staubimmissionen, welche durch holzbefeuerte Einzelfeuerungsanlagen generiert werden.

Doch trotz der genannten Vorteile ist die Identifizierung potenziell geeigneter Versorgungsgebiete komplex. Ein entscheidendes Kriterium für eine Gebietsauswahl ist die sogenannte Wärmebedarfsdichte, die den aufsummierten absoluten Wärmebedarf der Gebäude innerhalb einer Fläche beschreibt. Die Wärmebelegungsdichte wiederum ist definiert als die Wärmemenge, die jährlich pro Meter auf einer Wärmetrasse voraussichtlich abgenommen wird. Dabei gelten 1,5 MWh pro Trassenmeter und Jahr als Anhaltswert, ab dem die Errichtung eines Wärmenetzes in Anbetracht der relativ hohen Investitionskosten in Frage kommt (StMWi 2017b). Je höher die Wärmebelegungsdichte ist, desto geringer sind die Wärmegegestehungs- und -lieferungskosten pro MWh und umso eher ist eine Wettbewerbsfähigkeit gegeben.



4.1.3 Ausbauszenario Erneuerbare Energien

Anhand der dargestellten Energiepotenziale wurden die möglichen Szenarien für die Wärme und Stromversorgung in Waakirchen erarbeitet. Diese Zukunftsszenarien haben nicht den Anspruch eine Prognose abzugeben, sondern sie stellen - unter Berücksichtigung der auf dem Gemeindegebiet von Waakirchen verfügbaren Potenziale und möglichen technologischen Entwicklungen – potenzielle Veränderung dar.

4.1.3.1 Strom

Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, ist der Netzabsatz in Waakirchen in den vergangenen drei Jahren leicht angestiegen. Lässt man in diesem Zusammenhang die E-Mobilität unberücksichtigt und geht von einer in Zukunft höheren Energieeffizienz aus, so kann als allgemeiner Trend eine Abnahme des Strombedarfs angenommen werden. Ein mögliches Szenario ist in Abbildung 4-5 dargestellt. Demnach könnte der Strombedarf um 15 % reduziert werden, woraus sich ein Strombedarf von insgesamt 15.400 MWh im Jahr 2035 ergeben würde. Durch die Ausschöpfung des Potenzials für Photovoltaik-Anlagen auf den Dachflächen von Waakirchen würde der Anteil der erneuerbaren Energien von heute knapp 17 % auf 86 % im Jahr 2035 ansteigen.

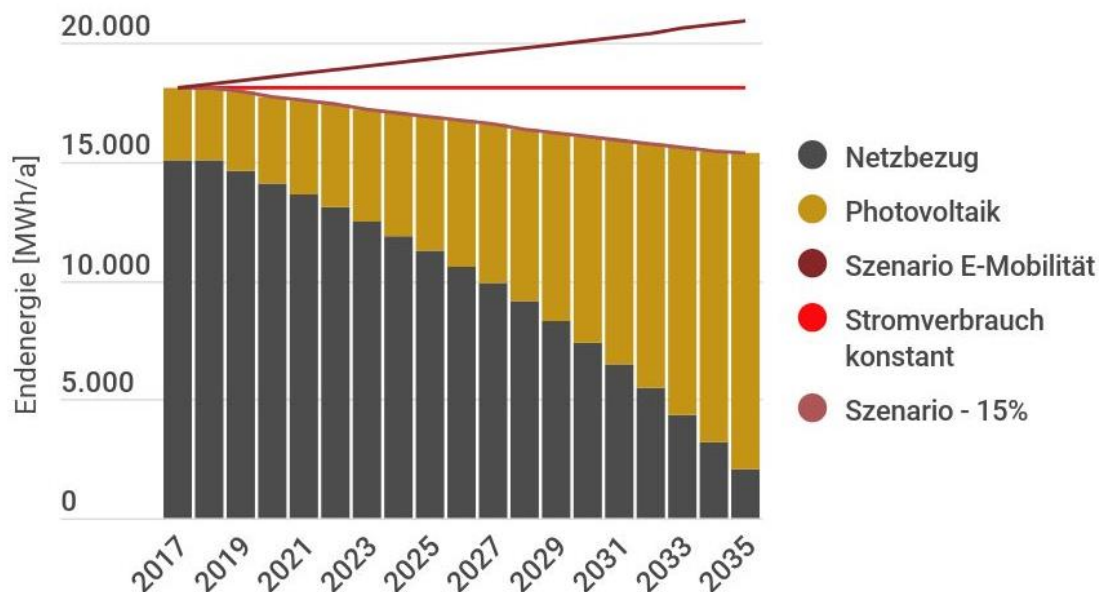


Abbildung 4-5: Ausbaupfad bis 2035 für eine zukünftige Stromversorgung in Waakirchen.

Der Ausbau der E-Mobilität könnte allerdings dazu beitragen, dass eine Abnahme des Strombedarfs gedämpft oder dieser weiter steigt. Angenommen es fahren zukünftig 25 % der derzeit gemeldeten PKWs (3.750) in Waakirchen elektrisch, würde dies einem zusätzlich benötigten Netzabsatz von 2.810 MWh/a entsprechen. Zudem ist, wie in Kapitel 1.1.2 beschrieben, von einem Bevölkerungszuwachs auszugehen, welcher Steigerungen in der Energieeffizienz in den kommenden Jahren weitestgehend neutralisieren könnte.

Ziel soll es sein, die vorhandenen Potenziale der erneuerbaren Energieträger zu nutzen und weiter auszubauen. In Anbetracht der schnellen Amortisierungsdauer und den immer

weiter sinkenden Investitionskosten für PV-Module wäre eine Ausschöpfung des Potenzials für PV-Aufdach-Anlagen in Waakirchen bis 2035 umsetzbar.

4.1.3.2 Wärme

Beim Wärmebedarf wird von einer stückweisen Reduzierung ausgegangen, welcher durch energetische Sanierung und eine hohe Wärmeeffizienz im Neubau erreicht wird. Der Gebäudewärmeverbrauch könnte durch eine Reduktion um jährlich 2 % im Jahr 2035 bei 62.000 MWh liegen. Dies entspricht einer Einsparung um 16 %. Gemäß dem Szenario könnte der Anteil der regenerativen Energieträger zur Wärmebereitstellung von heute rund 17 % auf 64 % im Jahr 2035 ansteigen. Abbildung 4-6 zeigt einen zukünftigen Entwicklungspfad der Wärmeversorgung in Waakirchen, bei dem die nach derzeitiger Potenzialverfügbarkeit und technischer Umsetzbarkeit möglichen Handlungsoptionen realisiert werden.

Zentrale Bausteine des Szenarios sind als regenerative Energiequellen die Solarthermie und die Nutzung des vorhandenen Energieholzes in seinen verschiedenen Einsatzmöglichkeiten zusammen mit der Möglichkeit, durch Methanisierung sowohl die großen Potenziale der Freiflächen-Photovoltaik als auch die Biogaspotenziale für den Wärmesektor zu nutzen. Das Szenario zeigt, dass unter den getroffenen Annahmen eine vollständige Substitution der fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas selbst durch eine Reduzierung des Wärmebedarfs bis 2035 nicht realisierbar ist. Die Notwendigkeit der Erhöhung von Energieeffizienz- und Energieeinsparmaßnahmen wird hier deutlich.

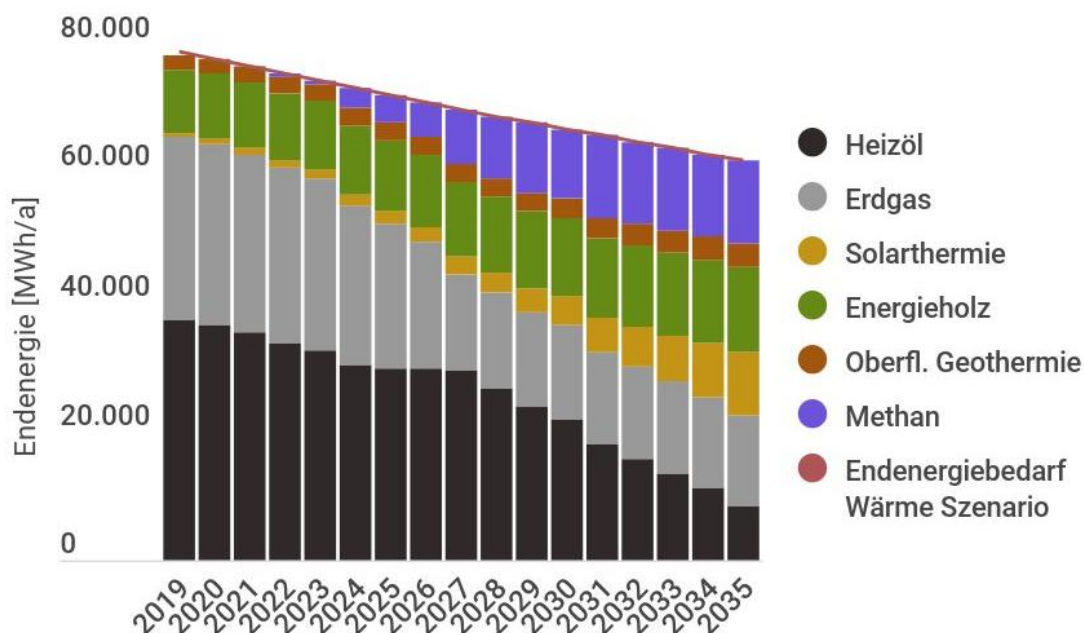


Abbildung 4-6: Ausbaupfad für eine zukünftige Wärmeversorgung in Waakirchen.

4.1.3.3 Chancen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen

Die für den Klimaschutz entscheidende Frage ist, wie es gelingen kann, die klimaschädlichen Treibhausgasemissionen signifikant zu reduzieren. Laut aktuellen Studien wird das noch zur Verfügung stehende globale Treibhausgasbudget - also die maximale Menge an CO₂, welche noch ausgestoßen werden darf um die globale Erderwärmung unter dem kritischen Wert von 2°C zu halten – stetig kleiner (Friedlingstein u. a. 2014; Rogelj u. a. 2016).

Derzeit werden in Waakirchen alleine zur Bereitstellung von Energie in Form von Wärme und Strom gut 26.740 t CO₂-Äquivalente pro Jahr in die Erdatmosphäre emittiert, das entspricht 4,6 t/EW. Abbildung 4-7 zeigt, wie die Treibhausgasemissionen in Waakirchen gemäß den in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Szenarien reduziert werden könnten. Demnach lassen sich die derzeitigen CO₂-Emissionen um rund 64 % auf 9,6 t CO₂-Äquivalente pro Jahr reduzieren. Auch welcher Anteil der Treibhausgasemissionen welchem Energieträger zuzuordnen ist, wird ersichtlich. Im Sinne des Klimaschutzes ist eine rasche Substitution des Energieträgers Öl durch erneuerbare Brennstoffe am wirksamsten.

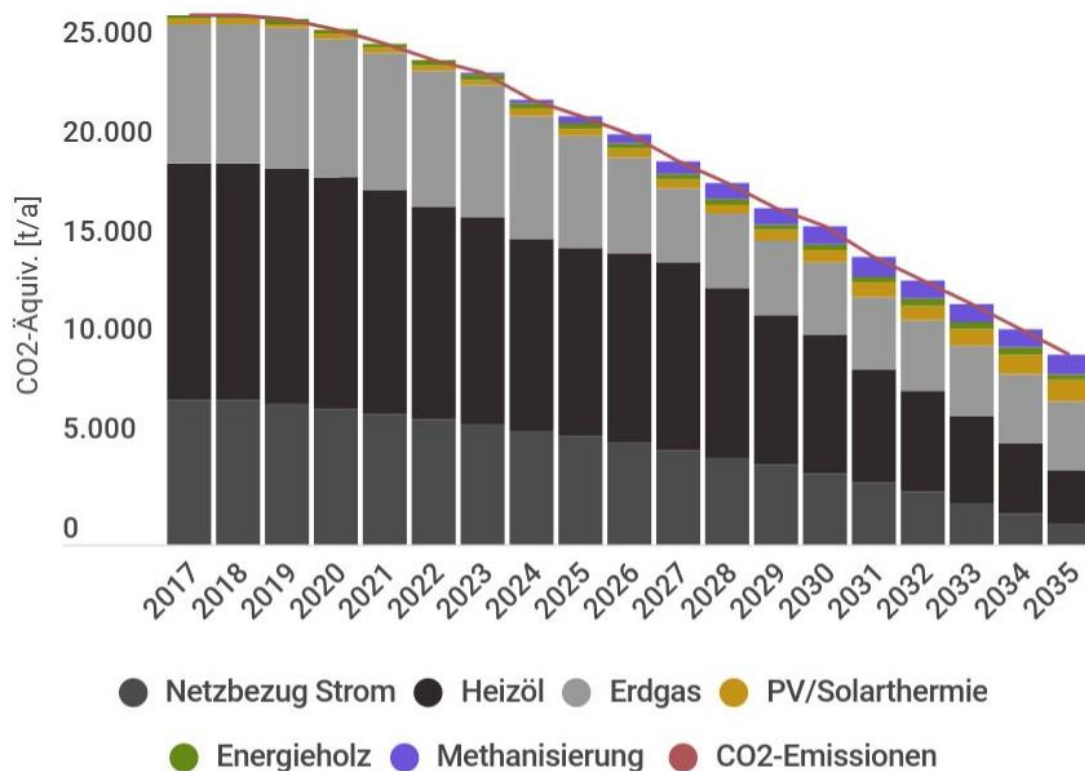


Abbildung 4-7: Möglicher Beitrag zum Klimaschutz im Wärme- und Stromsektor bei Realisierung der oben dargestellten Szenarien in Waakirchen.

Langfristig zum Klimaschutz beitragen kann die industrielle Erzeugung von flüssigen oder gasförmigen Energieträgern. Sogenannte Power-to-Gas Anlagen erzeugen beispielsweise aus überschüssigen Strommengen Wasserstoff oder Methan, die sehr gut lager- und trans-

portfähig sind. Auch der Energieträger Flüssiggas könnte aus Reststoffen wie z.B. Glycerin, Stärke oder Zellulose hergestellt werden. Grundsätzlich stoßen Erd- und Flüssiggas weniger CO₂ aus als Heizöl, sodass deren Einsatz als Zwischenschritt zur Energiewende gesehen werden kann. Sofern diese Produkte zukünftig regenerativ erzeugt werden, ist dies ein weiterer Beitrag zum Klimaschutz.

4.1.3.4 Potenziale der Brennstoffzelle

In kommunalen Gebäuden sowie in Hotels sind oftmals Anlagen zur kombinierten Erzeugung von Wärme und Strom, sog. Blockheizkraftwerke (BHKWs) im Einsatz. Diese ermöglichen eine dezentrale und besonders effiziente Energieversorgung.

Aufgrund ihrer hohen Energieeffizienz können BHKWs selbst bei Verwertung fossiler Brennstoffe aktiv zu einer Reduzierung von Treibhausgasemissionen beitragen.

Wirtschaftlich sinnvoll ist der Einsatz von KWK-Lösungen insbesondere dort, wo Wärme und Strom auf engstem Raum in ausreichenden Mengen nachgefragt werden. Dabei sollte das ganze Jahr über eine relativ konstante Grundlast im Wärmebereich vorhanden sein und das BHKW mindestens 5.500 von 8.760 Jahresstunden in Betrieb sein. Es lohnt sich also besonders für Gebäude, die hohe Strom- und Wärmeverbräuche haben. Die Anlagen laufen in der Regel wärmegeführt, d.h. sofern mehr Strom produziert, als im Gebäude benötigt wird, wird er ins Netz eingespeist und vergütet.

Derzeit gibt es in Waakirchen ein BHKW, welches zur Wärme- und Stromerzeugung in der Schule mit Kindergarten in Schaftlach betrieben wird.

Mit dem Ausbau der E-Mobilität wird diese Technologie für weitere Nutzergruppen interessant:

In **größeren Einfamilienhäusern** könnte mit Brennstoffzellen der Ladevorgang in der Garage mit Eigenstrom unterstützt werden.

In **kleineren Hotels und Gaststätten** könnte Strom für den laufenden Betrieb sowie zukünftige Ladestationen erzeugt werden.

Bürogebäude könnten effizient den Strombedarf der EDV sowie den Wärme- oder einen zukünftigen Kühlbedarf decken.

Ein weiterer Ausbau der KWK in Waakirchen könnte Stromnetze entlasten und als wichtiger Zwischenschritt zur Energiewende beitragen, wobei der Ausbau abhängig von der politischen Weichenstellung bzgl. Strom- oder CO₂-Besteuerung sein wird. Vor allem in den Wintermonaten, wenn die Wasserkraft- und Solaranlagen witterungsbedingt weniger regenerativen Strom zur Verfügung stellen, wäre ein stärkerer Zubau von BHKWs zielführend.

Langfristig gesehen könnte - je nach technischer Entwicklung - der Ersatz von Erdgas durch Synthesegas erfolgen. Die Herstellung von Synthesegasen erfolgt mittels Power-to-Gas Technologien durch Elektrolyse und unter Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien. Das so erzeugte Gas kann im bestehenden Erdgasnetz gespeichert oder weitergeleitet werden.

Förderprogramme:

Brennstoffzellen im Leistungsbereich von 0,25 bis 5,0 kW werden derzeit über das **KfW-Programm 433** stark gefördert.

KWK-Anlagen bis 50 kW werden durch die Bundesanstalt für Wirtschaft und Ausführungskontrolle (BAFA) bezuschusst, wobei ab einer Leistung von 20 kW eine Kumulierung der Fördermittel kaum mehr möglich ist.

4.2 Wirtschaftliche Bewertung EE-Ausbau

Werden die Kosten für die erzeugte Wärme im Mix der derzeitigen Wärmeerzeuger mit 70 Euro/MWh angesetzt, so werden in Waakirchen derzeit 5,5 Mio. € jährlich für die Wärmebereitstellung ausgegeben. Bei einem durchschnittlichen Strompreis über alle Nutzergruppen von 230 €/MWh wird Strom für 4,2 Mio. € eingekauft (Abbildung 4-8). Insgesamt entstehen für Waakirchen somit jährliche Gesamtenergiekosten in Höhe von 9,7 Mio. € für den Bezug von Wärme und Strom. Ein weiterer Ausbau der regenerativen Energien reduziert langfristig diese Kosten und generiert mehr regionale Wertschöpfung.



Abbildung 4-8: Summe der Gesamtkosten für Wärme und Strom heute in Waakirchen.

Um den Ausbau der in den vorausgehenden Kapiteln beschriebenen Potenziale der regenerativen Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung bis 2035 zu realisieren, wären in den kommenden Jahren Investitionen von rund 65 Mio. € erforderlich. Die größten Anteile macht dabei mit 40 % die Power-to-Gas-Technologie aus, weiter entfallen 20 % auf PV-Dachanlagen, 17 % auf PV-Freiflächenanlagen und 10 % auf Solarthermieanlagen.

Den Investitionskosten stehen allerdings Einnahmen durch die lokale Energieerzeugung gegenüber. Städte und Gemeinden sind wichtige Treiber beim Ausbau erneuerbarer Energien (EE) und können gleichzeitig in relevantem Umfang Profiteure sein. Denn es werden durch den Ausbau der EE bisher importierte Energierohstoffe oder Endenergien durch heimische Energiequellen, Technologien und Dienstleistungen ersetzt. Außerdem finden eine

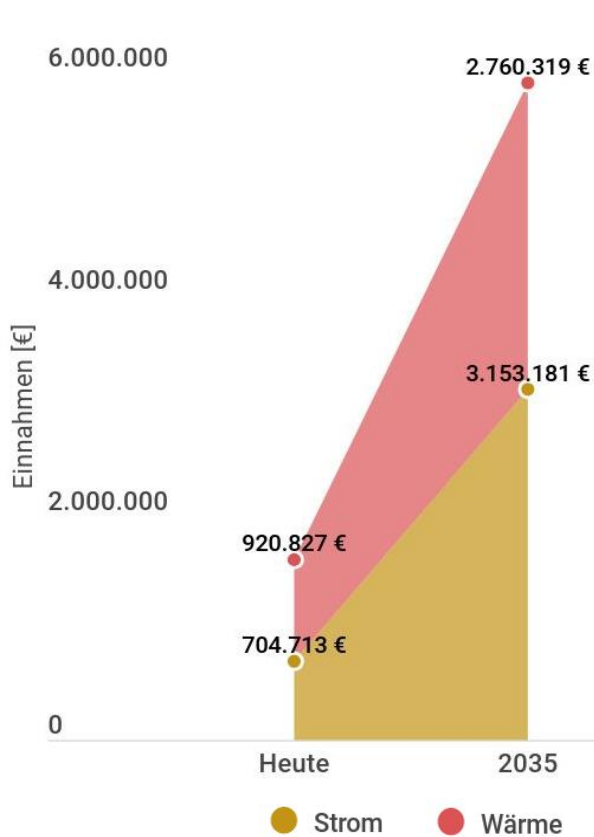


Abbildung 4-9: Regionale Wertschöpfung heute und 2035 durch erneuerbare Energien unter Annahme gleichbleibender Energieverbräuche.

Reihe von Wertschöpfungsschritten in den Kommunen selbst statt, die dort positive regionalwirtschaftliche Ausstrahlungseffekte mit sich bringen (Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung 2010).

Die Gegenüberstellung der Umsätze für die regionale regenerative Energieerzeugung heute und den zuvor dargestellten Entwicklungspfad bis 2035 in Abbildung 4-9 zeigt, dass ein hohes Potenzial zur Steigerung der regionalen Wertschöpfung vorhanden ist. Insgesamt lässt sich der lokale Umsatz durch den skizzierten Ausbau erneuerbarer Energien mehr als verdreifachen. Vor allem im Stromsektor ist durch den Ausbau der Photovoltaikanlagen eine große Steigerung der Einnahmen zu generieren.

5 Maßnahmenempfehlungen für Waakirchen

Aus den erhobenen Verbrauchsdaten sowie den Potenzialen zur Energieversorgung in Waakirchen ergeben sich Maßnahmen, durch deren schrittweise Umsetzung sich die Gemeinde dem Ziel der Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern nähern kann. Neben der erneuerbaren Energieerzeugung sind außerdem Energieeffizienz und Energieeinsparung von entscheidender Bedeutung um den regenerativen Anteil bei Strom und Wärme auszubauen. Im Folgenden sind Maßnahmen beschrieben und unter wirtschaftlichen Aspekten bewertet, deren Umsetzung innerhalb der Gemeinde durch das Kompetenzzentrum Energie EKO e.V. empfohlen werden.

Die Wirtschaftlichkeitsbewertungen erfolgen dabei in Anlehnung an die VDI 2067 (Verein Deutscher Ingenieure 2012). So sind die jährlich zu erwartenden Einsparungen bzw. Erträge den laufenden jährlichen Ausgaben gegenübergestellt. Eine Investition ist immer dann vorteilhaft, wenn sich ein positiver Überschuss aus den jährlichen Einnahmen und Ausgaben ergibt. Es wurde den Berechnungen ein Kalkulationszinssatz von 3 % zu Grunde gelegt. Für die Finanzierung der Maßnahmen wird jeweils ein Kredit aufgenommen, welcher in Form eines Annuitätendarlehens jährlich getilgt wird. Aus Vereinfachungsgründen und weil Preisprognosen mit hohen Unsicherheiten verbunden sind, wurden weder Preis- noch Zinsentwicklungen berücksichtigt.

Die Wirtschaftlichkeitsanalysen für PV-Anlagen sind im Folgenden stets so ausgelegt, dass ein möglichst hoher Eigenstromverbrauch erzielt wird. Die genaue Ertragsrechnung, sowie die Berechnung von Wirtschaftlichkeit, Eigenverbrauch und Kosten im Rahmen des Energienutzungsplanes wurde mit der Software *PV*Sol premium* ermittelt (Details dazu im Anhang 2).

Für die Berechnung der CO₂-Emissionen bzw. der CO₂-Einsparpotenziale wurden die in Tabelle 2-2 aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

Zwar ist die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme meist das zentrale Entscheidungskriterium für die Realisierung dieser. Themen wie Komfortverbesserung und Umweltschutz sollten dennoch nicht außer Acht gelassen werden. Bei der Vorgehensweise zur Maßnahmenumsetzung ist es besonders wichtig, dass neben der Planung und Umsetzung auch eine Evaluierung und Ableitung neuer Maßnahmen erfolgt, wie im Ablaufschema in Abbildung 5-1 dargestellt ist.

Insgesamt sind im Folgenden für die Gemeinde 15 Maßnahmenvorschläge ausgearbeitet. Diese sind aufgeteilt in kurz-, mittel- und langfristig umsetzbare Maßnahmen und enthalten Handlungsoptionen, welche unmittelbar die **kommunalen Liegenschaften** betreffen, **Bürgerinnen und Bürger** adressieren sowie als **sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde** klassifiziert werden können. In Kapitel 5.4 werden alle Maßnahmen in einer Übersichtstabelle zusammengefasst.

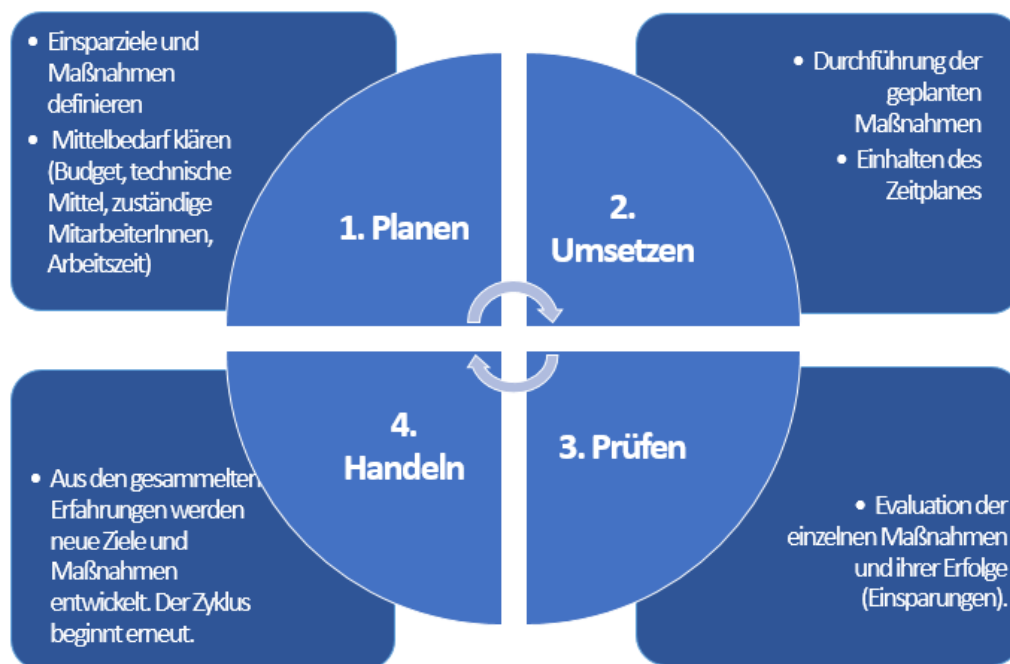


Abbildung 5-1: Ablaufschema bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen.

5.1 Kurzfristige Maßnahmen

5.1.1 Thermografie-Spaziergang in Waakirchen

Bereits im Jahr 2015 hatte die Gemeinde Waakirchen und das Klimaschutzmanagement im Landratsamt Miesbach den Bürgerinnen und Bürgern mit der Aktion „Thermografische Spaziergänge im Oberland“ die Möglichkeit angeboten, einem Energieberater mit Wärmebildkamera über die Schulter zu schauen. Diese Kameras werden häufig auch für die Energieberatung vor Ort eingesetzt, um Schwachstellen in der Gebäudehülle zu finden und die geeignetsten Sanierungsmaßnahmen zu bestimmen.

Aussagekräftige Bilder können nur bei kalter Witterung und beheizten Gebäuden erstellt werden. Aufgrund der relativ hohen Wärmeverbräuche in **Rathaus** und **Bauhof/Feuerwehrhaus Waakirchen** sollten diese Gebäude gemeinsam mit den zuständigen Rathausmitarbeitern sowie interessierten Vertretern des Gemeinderats begangen werden.

Die neu berufenen Energiebeauftragten können zusätzliche Rundgänge auch für die **verschiedenen Ortsteile** organisieren. Vor allem für Gebäude die vor Inkrafttreten der 3. Wärmeschutzverordnung im Jahr 1995 errichtet wurden bietet dies die Möglichkeit, Optimierungen an der Gebäudehülle sinnvoll zu planen. Gerade im ländlichen Bereich kommen Schäden durch Marder oder Siebenschläfer in den Dachdämmungen häufiger vor. Die dadurch entstehenden Wärmeverluste können mit Thermografie im Winter sichtbar gemacht werden.

5.1.2 LED-Technik in der Straßenbeleuchtung

		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: 6 - 8 Jahre	Investitionskosten: 54.000 €	CO₂-Einsparpotenzial: 20 t/a	Primärenergie-Einsparung: 90 MWh/a

Die Analyse der bestehenden Straßenbeleuchtung und deren Leuchtmittel ergab ein hohes Einspar-Potenzial. Die 402 Leuchten im Gemeindegebiet von Waakirchen verbrauchen derzeit ca. 83.600 kWh Strom pro Jahr. Vor allem die auf Peitschenmasten in 7,5 m Höhe installierten Langfeldleuchten sind stark veraltet. Ist die Straßenbeleuchtung in Betrieb, ist dazu eine elektrische Leistung von ca. 21 kW erforderlich, allein 2,4 kW davon für die Vorschaltgeräte der Leuchtstoffröhren. Ein Austausch durch neue LED-Köpfe spart zum einen mind. 70 % Strom, zum anderen kann durch die Auswahl einer geeigneten Lichtfarbe zusätzlich zum Artenschutz von nachtaktiven Insekten beigetragen werden. Neben den niedrigeren Stromkosten sinken die zukünftigen Wartungskosten der Straßenbeleuchtung erfahrungsgemäß um ca. 20%. In der Vergangenheit wurden im Gemeindebereich bereits 148 Leuchten mit LEDs ausgestattet.

Über den Projektträger Jülich sind Fördermittel für diese Maßnahmen in Höhe von maximal 25 % zu bekommen. Voraussetzung ist allerdings, dass die Gemeinde Waakirchen Eigentümer der Beleuchtungsanlagen ist. Wie in unserer Region üblich, ist jedoch der Netzbetreiber Bayernwerk der Inhaber der Anlagen. Eine Ablöse der Straßenbeleuchtung wäre möglich. Neben der Ablösesumme wären zusätzliche Schaltschränke erforderlich. Daher ist von einer Übernahme der Infrastruktur abzuraten. Gemeinsam mit dem Bayernwerk sollte ein Sanierungsfahrplan für die Straßenbeleuchtung aufgestellt werden, der auf die zur Verfügung stehenden Haushaltsmittel der Gemeinde Waakirchen abzustimmen ist.

Aus optischen Gründen ist ein Austausch von ganzen Straßenzügen zu empfehlen. Zunächst sollten die 74 noch vorhandenen Langfeldleuchten auf 7,5m Höhe (elektrischen Leistung je 92 W), 88 Langfeldleuchten auf 5,5m Höhe (je 46 W) sowie die 16 Kofferleuchten (je 115 – 270 W) durch LEDs ersetzt werden. Derzeit müssen für den Austausch eine Leuchtenkopfes pro Leuchtstelle ca. 300,- € netto investiert werden, geschätzt wird daher eine Gesamtinvestition von 54.000,- € zzgl. MwSt.

Teilweise wurden die bestehenden Bavaria-Leuchten bereits mit einem LED-Einsatz der Fa. Bergmeister ausgestattet. Bei 28 Leuchten (je 54 bzw. 62 W) sollte dies ebenso erfolgen. Investitionskosten ca. 8.400,- € zzgl. MwSt.

Eine Amortisation ist innerhalb von sechs bis acht Jahren zu erwarten.

5.1.3 Visualisierung der Energiewende

Zahlreiche Photovoltaik-Anlagen erzeugen im Gemeindegebiet zuverlässig Strom. Mit einem Anteil von 17 % des Strombedarfs tragen sie zur Energiewende vor Ort bei. Eine weitere Steigerung ist aufgrund der hohen Potenziale zu empfehlen. In den Medien wird eine Überlastung der Netze durch regenerative Energieträger oftmals diskutiert. In ländlichen Gebieten, die zusätzlich über grundlastfähige Wasserkraft oder Biogasanlagen verfügen, könnte dies punktuell zutreffen. Für Waakirchen stellt sich dieses Problem derzeit noch nicht. Durch das Umspannwerk im Ortsteil Point können hohe Strommengen in städtische Bereiche geleitet werden, die über weniger regenerative Potenziale verfügen. Um die Zusammenhänge verständlich zu machen, könnte über den Netzbetreiber Bayernwerk ein Energiemonitor installiert und veröffentlicht werden. Dieser spiegelt die Situation im örtlichen Stromnetz in Echtzeit mittels Viertelstundenlastprofil wider. Es werden alle Verbraucher- und Erzeugerdaten integriert und über ein online einsehbares digitales Dashboard im Internet zur Verfügung gestellt. Zusätzlich gibt es einen Überblick über alle Erzeugungsanlagen und den jeweiligen Verbrauch von Privathaushalten, öffentlichen Gebäuden, Gewerbe und Industrie. Daraus wird ein individueller Autarkiegrad ermittelt. Selbstverständlich werden keine Daten veröffentlicht, die Rückschlüsse auf persönliche oder betriebliche Abläufe zulassen.

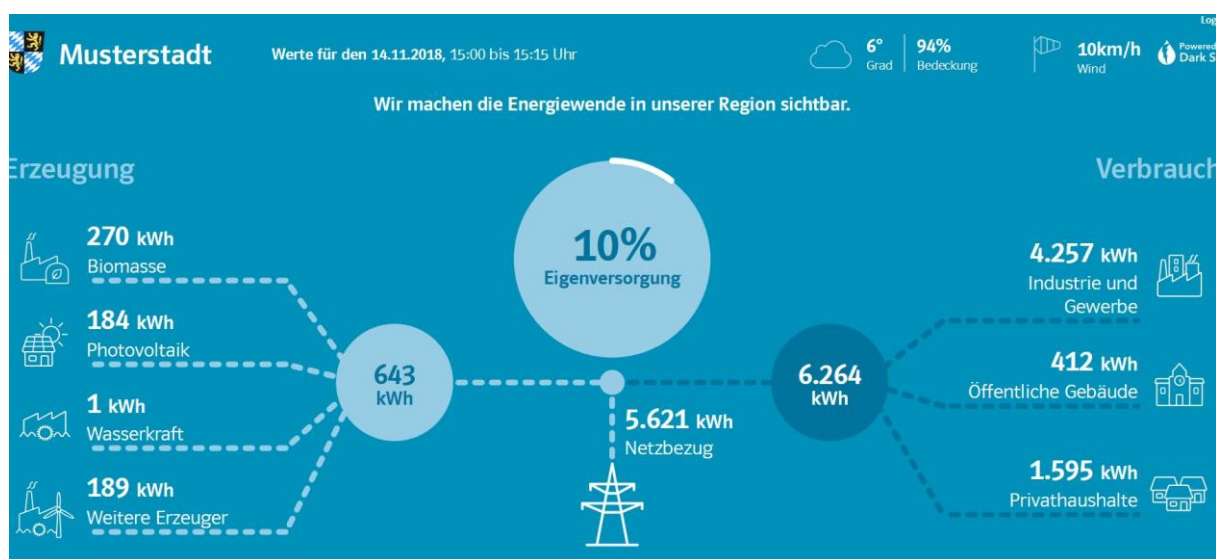


Abbildung 5-2: Energiemonitor: Darstellung von Energieerzeugung- und -verbrauch in Echtzeit (Bayernwerk AG 2018a).

Die Darstellung der Echtzeit-Daten erleichtert der Kommune die weiteren Schritte bei der Bauleitplanung. Die Transparenz der Netzdaten ermöglicht den konstruktiven Ausbau in Richtung Energiewende und vereinfacht so manche Diskussion bei der Realisierung von Projekten.

5.1.4 Photovoltaik für kommunalen Liegenschaften

5.1.4.1 Pumpwerk Piesenkam

		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: 11 Jahre	Investitionskosten: 3.600 €	CO₂-Einsparpotenzial: 1,4 t/a	Primärenergie-Einsparung: 2,1 MWh/a



Abbildung 5-3: PV-Anlage auf dem Pumpwerk Piesenkam.

Das Pumpwerk Piesenkam pumpt Abwasser in Richtung Bad Tölz, wofür pro Jahr rund 3.180 kWh Strom verbraucht werden. Eine PV-Anlage mit einer Leistung von 2,6 kWp könnte auf dem nach Südosten ausgerichteten Dach installiert werden, womit rund 36 % des derzeit verbrauchten Stroms durch Solarenergie gedeckt werden könnten. Durch den Eigenverbrauch des auf dem Pumpwerk erzeugten Stroms würden 1,4 t CO₂ im Vergleich zum Bundesstrommix und 2 MWh Primärenergie pro Jahr eingespart werden. Bei Stromgestehungskosten von 0,09 €/kWh und einem Eigenverbrauchsanteil von 40 % würde die Amortisierungsdauer 11 Jahre betragen.

5.1.4.2 Pumpwerk Fuchsloch

		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: Variante 1: 7,2 Jahre Variante 2: 14 Jahre	Investitionskosten: Variante 1: 28.728 € Variante 2: 515.200 €	CO₂-Einsparpotenzial: Variante1: 11,7 t/a Variante2: 211,4 t/a	Primärenergie-Einsparung: Variante 1: 45,1 MWh/a Variante 2: 390 MWh/a

Beim Pumpwerk Fuchsloch liegt der Jahresstromverbrauch bei über 380 MWh pro Jahr. Da das Dach nur wenig Platz bietet und durch die umstehenden Bäume stark verschattet ist, würde sich hier eine PV-Freiflächenanlage anbieten.

Zwei Varianten wären möglich:

1. Direkt nördlich des Gebäudes wäre Platz für eine Anlage mit einer Leistung von 20 kWp (Abbildung 5-4). Der Ertrag von 25 MWh würde zu 100 % durch das Pumpwerk verbraucht werden und somit zu einem solaren Deckungsanteil von 6,6 % führen. Insgesamt würde dies zu einer CO₂-Einsparung von knapp 12 t im Vergleich zum Bundesstrommix und einer Primärenergieeinsparung von 45 MWh pro Jahr beitragen. Die Investitionskosten von 28.700 € würden sich durch den sehr hohen Eigenverbrauch binnen 7 Jahren amortisieren. Im Vergleich zum derzeitigen Strompreis von 0,22 €/kWh liegen die Stromgestehungskosten bei 0,08 €/kWh. Die Fläche ist im Besitz der Gemeinde. Eine mögliche Verschattung durch die umgebenden Bäume ist zu überprüfen.



Abbildung 5-4: Simulation einer PV-Freiflächenanlage am Pumpwerk Fuchsloch (links). Ansicht des Geländes Richtung Nordwesten (rechts).

2. Nördlich der im Norden des Pumpwerks verlaufenden Bahnlinie könnte unter maximaler Flächenausnutzung eine Anlage mit einer Leistung von 370 kW_p installiert werden. Der solare Deckungsanteil könnte damit auf über 50 % gesteigert und damit das CO_2 -Einsparpotenzial auf über 211 t/a und die Primärenergieeinsparung auf 390 MWh/a angehoben werden. Da dieser Bereich im 110 m-Korridor entlang der Bahnlinie liegt, gilt dieser entsprechend dem EEG (EEG 2017) als für eine PV-Freifläche geeignet und der überschüssige, eingespeiste Strom würde eine feste Einspeisevergütung erhalten (vgl. Kapitel 3.2.2 und 5.2.1). Bei Stromgestehungskosten von 0,08 €/kWh würden sich die Investitionskosten von 515.200 € innerhalb von 14 Jahren amortisieren.



Abbildung 5-5: PV-Freiflächenanlage nördlich der Bahnlinie für das Pumpwerk Fuchsloch.

Durch eine kleinere Dimensionierung der Anlage könnten die Investitionskosten gesenkt und durch einen relativ gesehen höheren Eigenverbrauchsanteil die Amortisierungsdauer verkürzt werden.

Die Anschlussmöglichkeit an das Mittelspannungsnetz ist zu prüfen.

5.1.4.3 Feuerwehrhaus Piesenkam

		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: 11 Jahre	Investitionskosten: 7.980 €	CO₂-Einsparpotenzial: 2,6 t/a	Primärenergie-Einsparung: 5,0 MWh/a

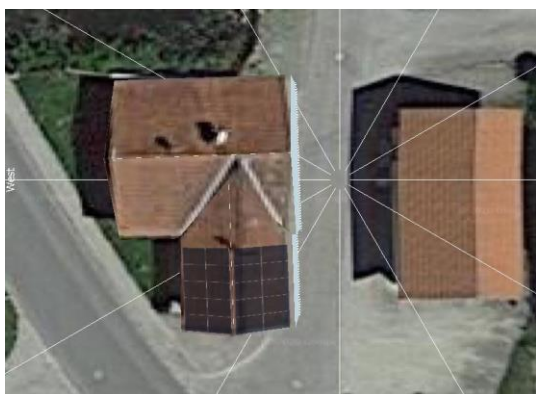


Abbildung 5-6: PV-Anlage auf dem Feuerwehrgebäude Piesenkam.

Wie aus dem Benchmarking der Energieverbräuche der kommunalen Liegenschaften hervorgeht (Abbildung 2-10) ist der Stromverbrauch im Feuerwehrhaus relativ hoch. Die nach Ost- und West ausgerichteten Dachflächen eignen sich zur Installation einer Photovoltaikanlage mit knapp 6 kWp Leistung. 40 % des derzeitigen Stromverbrauchs könnten so durch PV-Strom gedeckt werden. Im Vergleich zum derzeitigen Strompreis von 0,22 €/kWh ist der PV-Strom deutlich günstiger. Bei Investitionskosten von knapp

8.000 € und Stromgestehungskosten von 0,1 €/kWh besteht eine Amortisierungsdauer von 11 Jahren.

5.1.5 Fortführung des kommunalen Energiemanagements

In Kapitel 2.4 wird der derzeitige Strom- und Wärmebedarf der kommunalen Liegenschaften dargestellt. Um die Energieverbräuche, Kosten und Treibhausgasemissionen der kommunalen Gebäude im Blick zu haben und dadurch Schwachstellen und Optimierungspotenziale identifizieren zu können, wird empfohlen den Strom- und Wärmeverbrauch über ein Energiemanagementsystem im jährlichen Rhythmus weiter zu erfassen. Die von der Gemeinde gesetzten Energiesparziele können mithilfe eines systematisches Energiemanagements effektiv überprüft und in der Folge gezielt Maßnahmen entwickelt werden. Auch die Priorisierung von notwendigen Maßnahmen wird damit erleichtert und die Wirksamkeit bereits umgesetzter Maßnahmen überprüft.

Gleichzeitig erhält man durch das Monitoring der Energieverbräuche einen Überblick über deren Kosten und CO₂-Emissionen.

Das bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz fördert mit dem Förderschwerpunkt „Klimaschutz in Kommunen“ (KommKlimaFör) den Aufbau und die Ausweitung eines Energie- und Klimaschutzmanagements in öffentlichen Gebäuden mit einem Fördersatz von bis zu 70 % (StMUV 2020).

5.1.6 Altes Schulhaus Marienstein – Sanierung der Heizanlage

		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: k.A.	Investitionskosten: 40.000 €	CO₂-Einsparpotenzial: mind. 18,5 t/a	Primärenergie-Einsparung: mind. 75 MWh/a

Die Heizanlage wurde im Jahr 1994 eingebaut und funktioniert weitgehend zuverlässig. Allerdings ist der Gasverbrauch mit über 8.000 m³ pro Jahr relativ hoch. Bezogen auf die Nutzfläche ergibt sich ein Verbrauch von knapp 200 kWh/m²*a. Dies liegt u.a. an der Gebäudehülle, aber auch an der Effizienz der Heizungsanlage.



Abbildung 5-7: Die Heizanlage im Alten Schulhaus Marienstein.

Aktuell gibt es Fördermittel in Höhe von 35 % der Investitionskosten, wenn auf einen regenerativen Energieträger umgestellt wird. Ab dem kommenden Jahr werden fossile Energieträger mit einer CO₂-Abgabe beaufschlagt, sodass das Erdgas zukünftig teurer wird. Es wird daher empfohlen, die Anlage durch eine Pelletheizung zu ersetzen. Die Investitionskosten werden auf ca. 40.000,- € netto geschätzt.

Angenommen der derzeitige Energiebedarf würde durch Holzpellets gedeckt werden, so könnten pro Jahr 18,5 t CO₂ und 75 MWh Primärenergie eingepart werden.

5.1.7 Klimaschutz im Gemeindebote

Mittlerweile hat das Thema Klimaschutz eine gewisse Brisanz erreicht. Bei der Umsetzung stößt man jedoch vielfach auf wenig Kenntnis der aktuellen Marktsituation. Eher versucht man politische Verantwortungsträger für die Realisierung der Energiewende und des Klimaschutzes verantwortlich zu machen. Zahlreiche Maßnahmen könnten jedoch auf breiter Basis umgesetzt werden, wenn deren Einsatzmöglichkeiten bekannter wären.

Die Besucher von Veranstaltungen zum Thema Energiewende und Klimaschutz sind häufig bereits überzeugte Aktive. Ein breiteres Publikum, das sich bisher noch wenig mit dem Thema Energiewende auseinandergesetzt hat, könnte man mit kurzen Beiträgen oder Vorstellungen von gelungenen Projekten erreichen. **Der Gemeindebote** wäre z.B. eine geeignete Plattform, um Projekte einzelner Mitbürgerinnen oder Mitbürger vorzustellen, die zielführend für den Klimaschutz sind. Die Energiegenossenschaft Waakirchen-Schaftlach, Handwerker oder Endkunden könnten ihre Erfahrungen mit regenerativer Technik oder Ef-

fizienzmaßnahmen darstellen. Neuerungen wie z.B. die PV-Balkonmodule oder Brennstoffzellen könnten hier im Einsatz vorgestellt werden. Zusätzlich könnten die Beiträge auf der **Homepage der Gemeinde** platziert werden.

5.1.8 Klimaschutz in der Bauleitplanung

Für jeden Neubau sollten die optimalen Voraussetzungen zur Erzeugung von Strom und Wärme vor Ort geschaffen werden. Beispielsweise ist der Ertrag einer Solarthermieanlage für die Brauchwasserbereitstellung bei ungünstiger Ausrichtung und Dachneigung im Vergleich zur optimalen Disposition um 10 bis 15 % geringer. Die Berücksichtigung von Klimaschutzbelangen ist deshalb auch eine Verantwortung der Bauleitplanung und wird z.B. im Baugesetzbuch (BauGB) sowie in der Baunutzungsverordnung (BauNVO) entsprechend hervorgehoben:

- **§1 Abs. 6 BauGB:** „Bei der Aufstellung der Bauleitpläne sind insbesondere zu berücksichtigen: **Nr.7 (f)** die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie. “
- Im **Flächennutzungsplan** können Flächen als Versorgungsflächen ausgewiesen werden und damit Standortentscheidungen für die Gewinnung von erneuerbaren Energien getroffen werden (**§5 Abs. 2 Nr. 2 BauGB**).
- Im **Bebauungsplan** können Gebiete festgesetzt werden, in denen bei der Errichtung von Gebäuden erneuerbare Energie (insbesondere Solarenergie) eingesetzt werden muss (**§9 Abs. 1 Nr. 23b BauGB**).
- **§11 Abs. 1 Nr. 4 BauGB** sieht ausdrücklich vor, dass Gemeinden **städtebauliche Verträge** schließen können, welche die Nutzung von Netzen und Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung sowie von Solaranlagen für die Wärme-, Kälte- und Elektrizitätsversorgung zum Gegenstand haben.
- Durch spezifische Festsetzungen im Bebauungsplan z.B. zum Gebäudestandort, zur Gebäudeausrichtung, -höhe und -form, können Festsetzungen in der Baunutzungsverordnung maßgeblich zu einer **energetisch günstigen Bauweise** in der Kommune beitragen.

Im Rahmen des Projekts INOLA wurde in Zusammenarbeit mit dem Klimaschutzmanagement des Landkreises Miesbach ein Baukatalog erstellt (Halmbacher u. a. 2018). Der Leitfaden „Energieeffizienz und Klimaschutz in der Bauleitplanung“ enthält Entscheidungshilfen und Ratschläge für eine energiesparende Bauweise, sowie Informationen zur Erstellung energieeffizienter und klimaschützender Bebauungspläne.

5.1.9 Heizungstausch-Offensive – welches Heizsystem ist das richtige?

Die Mehrzahl der Gebäude in Waakirchen sind private Ein- und Zweifamilienhäuser. Welche Heizsysteme in diesen Gebäuden geeignet sind und wie diese bzgl. ihrer Klimabilanz bewertet werden können, ist in Tabelle 5-1 dargestellt.

Tabelle 5-1: Entscheidungsmatrix für Heizsysteme in Ein- und Zweifamilienhäusern.

	Saniertes Gebäude	Bestandsgebäude nicht saniert	BAFA Förderung	BAFA Austauschprämie Heizöl	Solarthermie empfohlen	PV-Anlage empfohlen	Klimabilanz
Wärmebedarf pro m ² und Jahr	< 100 kWh/m ² *a	> 100 kWh/m ² *a					
Heizsystem							
Sonden-Wärmepumpe Vorlauftemperatur max. 45°C			35%	+ 10%	++	++	gut
Grundwasser-Wärmepumpe Vorlauftemperatur max. 45°C			35%	+ 10%	++	++	gut
Luftwärmepumpe Vorlauftemperatur max. 35 °C			35%	+ 10%	++	++	mittel
Pellet-Zentralheizung			35%	+ 10%	++	++	sehr gut
Stückholz-Zentralheizung			35%	+ 10%	++	++	sehr gut
Nahwärmeversorgung Hackschnitzel			30% (Heizungsopt.)	+ Trassenförderung (KfW 271)	+	++	sehr gut
Kaminofen mit Wassertasche			35%	+10%	+++	++	sehr gut
Elektro-Direktheizung mit PV-Anlage					-	+++	schlecht
Gas-Brennwertgerät mit Solarthermie			30%	+10%	+++	+	mittel
Gas-Brennwertgerät mit Luftwärmepumpe			30%		-	++	mittel
Brennstoffzelle Erdgas			mind. 7050,- € (KfW 433)		-	++	mittel

Ist das System für das Gebäude technisch geeignet ?

sehr gut geeignet	nur für größere Gebäude geeignet	
gut geeignet	wenig geeignet	ungeeignet

Für die **Gebäudesanierung** gibt es eine umfangreiche Förderung. Die KfW-Bank fördert Sanierungsmaßnahmen beispielsweise mit den Programmen 151/152 (Tabelle 5-2) und 430 in Form eines Kredits bzw. Investitionszuschüssen. Weitere Informationen und Fördermöglichkeiten sind in Kapitel 6 zu finden.

Tabelle 5-2: Umfang der Förderungen im KfW-Programm 151/152.

Maßnahme	Tilgungszuschuss	Tilgungszuschuss in Euro je Wohneinheit
KfW-Effizienzhaus 55	40%	Bis zu 48.000€
KfW-Effizienzhaus 70	35%	Bis zu 42.000€
KfW-Effizienzhaus 85	30%	Bis zu 36.000€
KfW-Effizienzhaus 100	27,5%	Bis zu 33.000€
KfW-Effizienzhaus 115	25%	Bis zu 30.000€
KfW-Effizienzhaus Denkmal	25%	Bis zu 30.000€
Einzelmaßnahme	20%	Bis zu 10.000€

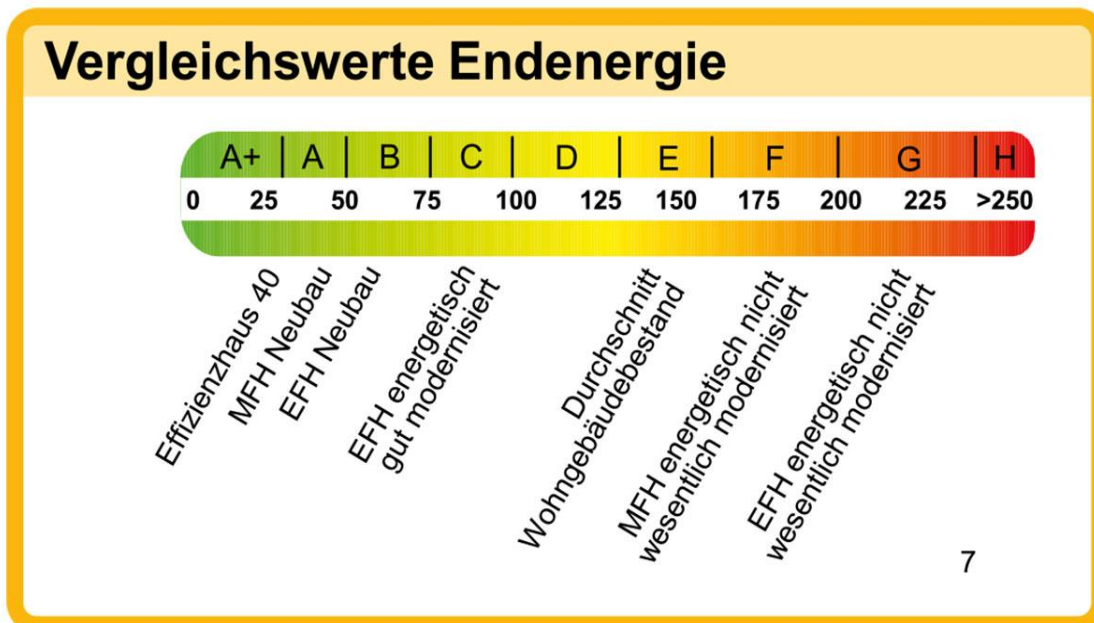


Abbildung 5-8: Energiestandards von Gebäuden [kWh/m²*a].

5.2 Mittelfristige Maßnahmen

5.2.1 PV-Freiflächen entlang von Bahnlinien und auf Konversionsflächen

Entlang von Autobahnen und Bahnlinie besteht im Abstand von bis zu 110 Metern Entfernung die Möglichkeit, Freiflächenanlagen zu errichten. Eine feste Vergütung von derzeit knapp 6 ct/kWh besteht derzeit nur noch für Anlagen mit einer maximalen Leistung von 750 kW. Darüber hinaus regelt die Bundesnetzagentur in einem Auktionsverfahren nach Freiflächenausschreibungsverordnung FFAV bzw. EEG-Solar den Zuschlag zum Bau von Anlagen. Zukünftige Betreiber geben dort ein Angebot ab, zu welchem Preis sie die kWh aus dem geplanten Objekt ins Netz abgeben können. Mit jedem Ausschreibungsverfahren wird ein gewisses Kontingent an Erzeugungsleistung an die günstigsten Bieter erteilt. In den vergangen vier Ausschreibungen ist der durchschnittliche Preis für die Stromvergütung deutlich gesunken (Tabelle 5-3).

Tabelle 5-3: Ausschreibungen für PV-Freiflächenanlagen (Bundesnetzagentur 2020).

Gebotstermin	Zulässiger Höchstwert (ct/kWh)	Zuschlagswerte (ct/kWh)		
		Min	Max	Gew. Mittel
Apr. 15	11,29	8,48	9,43	9,17
Aug. 15	11,18	8,49	8,49	8,49
Dez. 15	11,09	8,00	8,00	8,00
Apr. 16	11,09	6,94	7,68	7,41
Aug. 16	11,09	6,80	7,77	7,23
Dez. 16	11,09	6,26	7,17	6,90
Feb. 17	8,91	6,00	6,75	6,58
Jun. 17	8,91	5,34	5,90	5,66
Okt. 17	8,84	4,29	5,06	4,91
Feb. 18	8,84	3,86	4,59	4,33
Jun. 18	8,84	3,89	4,96	4,59
Okt. 18	8,75	3,86	5,15	4,69
Feb. 19	8,91	4,11	5,18	4,80
Mrz. 19	8,91	3,90	8,40	6,59
Jun. 19	7,50	4,97	5,58	5,47
Okt. 19	7,50	4,59	5,20	4,90
Dez. 19	7,50	4,70	6,20	5,65
Dez. 19	7,50	4,70	6,20	5,65
Feb. 20	7,50	3,55	5,21	5,01
Mrz. 20	7,50	4,64	5,48	5,18
Jun. 20	7,50	4,90	5,40	5,27

Um eine Freifläche nutzen zu können, sind folgende **Planungsschritte** notwendig: Die Fläche ist als „Sondergebiet Solar“ im Flächennutzungsplan auszuweisen. Es folgen die üblichen Maßnahmen wie Bebauungsplan, Umweltverträglichkeitsprüfung und Grünord-

nungsplan. Damit ist für zukünftige Investoren ein erheblicher Aufwand bis zur Baugenehmigung zu erbringen, der gerade kleinere bürgerschaftliche Organisationen vor große Herausforderungen stellt. Im Mai 2020 wurden vom Freistaat Bayern zusätzlich zu den Konversionsflächen 200 Freiflächen pro Jahr in benachteiligten Gebieten zugelassen. Der gesamte Landkreis Miesbach gehört nach dieser Regelung gemäß PV-Förderkulisse in diese Kategorie. Es wären also grundsätzlich sehr viele Flächen möglich. Selbstverständlich liegt die Entscheidung über die Flächennutzung beim Eigentümer.

In Waakirchen führen zwei Bahnlinien durch viele landwirtschaftlich genutzte Flächen. Da im Ort im Verhältnis zum überregionalen Durchschnitt noch viele Landwirte aktiv sind, würde eine Nutzungsänderung durch PV das Flächenangebot verringern und eventuell zusätzlich Druck auf die Pachtpreise ausüben. Dies gilt es im Einvernehmen mit den Verbänden vor Ort zu klären. Eine Nutzung zur Stromerzeugung mit eventueller Sekundärnutzung durch Schaf-Beweidung oder Hühnerhaltung könnte den Grundstückseigentümern zusätzliche Pachteinnahmen verschaffen und einen großen Beitrag zur Energiewende in Waakirchen leisten.

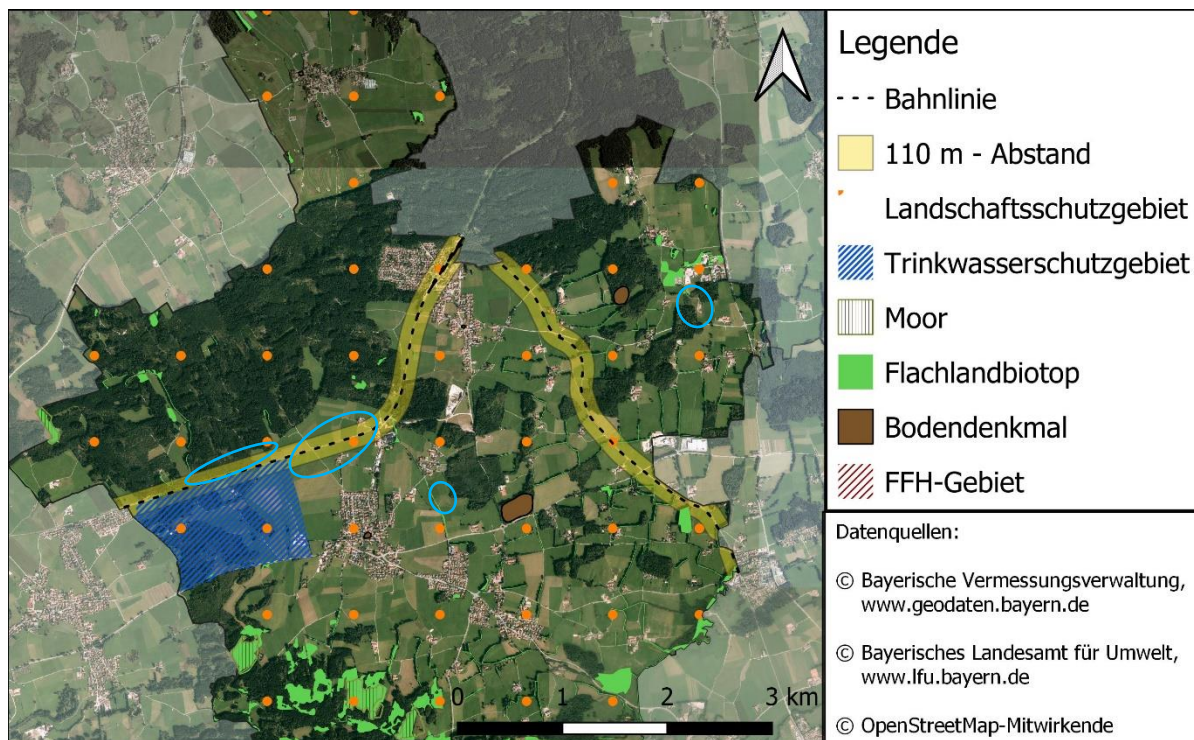


Abbildung 5-9: Standorte für mögliche PV-Freiflächenanlagen.

Mit entscheidend für die **Dimensionierung** einer Freiflächenanlage ist auch die Entfernung und mögliche Leistungsaufnahme der nächstgelegenen Trafostationen. Nach Süden geneigte Flächen haben den Vorteil, dass aufgrund geringerer Verschattung die Modulflächen enger gestellt werden können. Ebene Flächen können mit derzeit marktfähigen Modulen pro Hektar eine maximale, elektrische Leistung von 650 kW erzeugen. Um die maximale Leistung für fest vergütete PV-Freiflächen von 750 kW auszunutzen, wären Flächen von jeweils ca. 1,2 ha ausreichend.

Wichtig für den Erfolg eines Projekts ist die **Wirtschaftlichkeit** und somit u.a. niedrige Kosten für Fachgutachten, Bebauungs- und Flächennutzungsplanung. Ferner sollte die Grundstückspacht nicht wesentlich höher als der in der Region übliche Bereich für landwirtschaftlichen Nutzung sein. Die Entwicklung eines PV-Projekts könnte sowohl für die bestehende Energiegenossenschaft als auch für die jeweiligen Grundstückseigentümer interessant sein. In Abbildung 5-10 ist die Aufteilung der Kosten für die Realisierung von Freiflächenanlagen dargestellt. Die Lebensdauer von PV-Modulen wird in der Fachliteratur in der Regel mit 30 Jahren angegeben (Kaltschmitt u. a. 2014, 433).

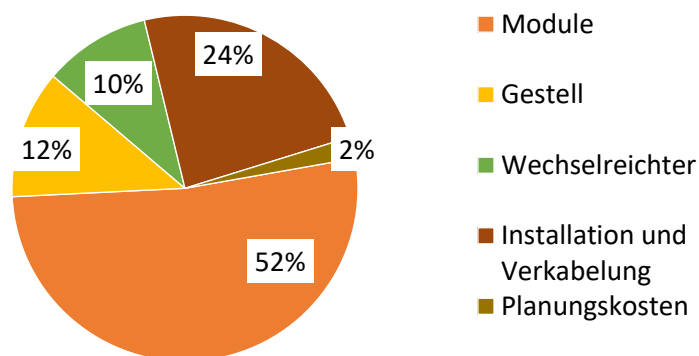


Abbildung 5-10: Kostenaufteilung bei Freiflächenanlagen (nach: Kaltschmitt u. a. 2014, 434)

Sollten für die Errichtung eines Freiflächenparks Kredite erforderlich sein, fordern Banken mittlerweile Ertragsgutachten für den jeweiligen Standort. Im Vorfeld kann jedoch durch den Einsatz von sog. Pyranometern relativ genau ermittelt werden, wie hoch die Einstrahlung über einen längeren Zeitraum hin ist. Ähnlich wie bei Windkraft empfiehlt sich die Messung über ein ganzes Jahr.

Zusätzlich zu diesen Ertragsdaten hängt die Wirtschaftlichkeit von den Baukosten der Anlage sowie den dementsprechenden Kapitalkosten ab. Die Einspeisevergütung beträgt derzeit knapp 6 ct/kWh. Abbildung 5-11 zeigt eine beispielhafte Kostenaufstellung für einen PV-Park mit einer Leistung von 750 kW.

Bei Kapitalkosten von 4 % auf die Kreditlaufzeit von 20 Jahren können Systemkosten von 900,-€ pro kW installierter Leistung bezahlt werden, so dass das Projekt noch in den schwarzen Zahlen ist. Grundlage jeder Investitionsbereitschaft ist jedoch die Aussicht auf gewisse Überschüsse. Derzeit liegen die Preise je nach Lage des Grundstücks und Entfernung zum nächstmöglichen Einspeisepunkt zwischen 650,- € und 850,- € netto je kW_p (Abbildung 5-11).

Als **Maßnahme für die Gemeinde Waakirchen** wird empfohlen, nach der Erntezeit im Winter 2020/21 eine Versammlung der Flächeneigentümer sowie der landwirtschaftlichen Interessensverbände zu organisieren. Dabei sollte das PV-Potenzial auf Freiflächen sowie mögliche Planungsschritte vorgestellt werden.

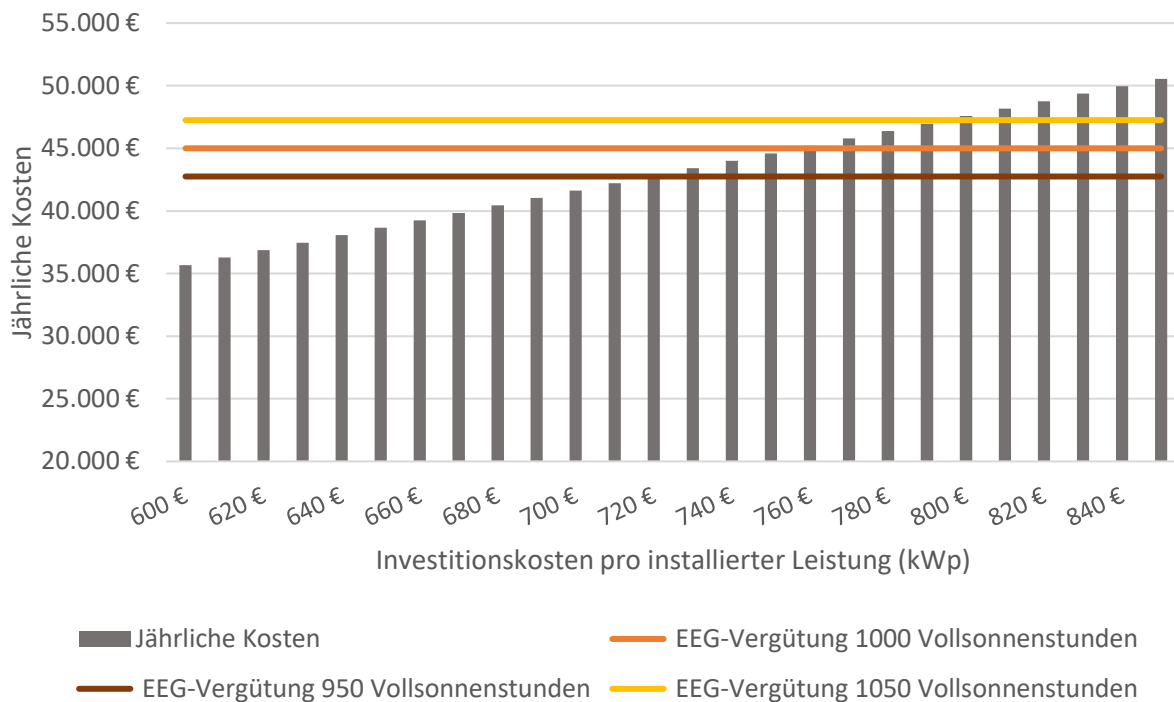


Abbildung 5-11 Rentabilität einer möglichen Freiflächenanlage in Abhängigkeit von Kosten und Vollsonnenstunden.

5.2.2 Besichtigung Wärmeverbundnetz Krottenthal

Die Zielsetzung eines Wärmeverbundes ist es, die umliegenden Liegenschaften von einer zentralen Wärmequelle über ein Wärmenetz zu versorgen und damit die Effizienz in der Wärmebereitstellung zu erhöhen. Eine Biomasse-Heizanlage bietet dabei die Möglichkeit heimische, nachwachsende Energieträger zu nutzen. Mit der Realisierung von solchen Wärmenetzen können Hausbesitzer einen zusätzlichen ökologischen Beitrag leisten. Gleichzeitig wird durch die Nutzung vorhandener Ressourcen die Wertschöpfung vor Ort gesteigert und der Wirtschaftsstandort gefördert. Weitere Informationen sowie Vor- und Nachteile von Wärmenetzen sind in Kapitel 4.1.2.1. aufgeführt.

Um sich ein Bild davon zu machen ist es sinnvoll, bereits bestehende Projekte zu besichtigen. Naheliegend wäre ein Ortstermin bei der Heizzentrale in Krottenthal. Sofern kleinere Verbundnetze in Erwägung gezogen werden, gibt es selbstverständlich viele weitere gute Beispiele auf die wir gerne verweisen.

5.2.3 Kleinstwasserkraft im Wasserversorgungsnetz

Die Fallenergie des Wassers im Trinkwassernetz kann durch die Integration von Kleinstwasserkraftanlagen in das Rohrsystem zur Stromerzeugung genutzt werden.

Das Wasser wird vom Pumpwerk Fuchsloch (720 ü. NN) in den Hochbehälter Marienstein gepumpt. Dieser liegt auf einer Höhe von 840 m ü. NN. Das Potenzial zur Nutzung der Wasserkraft liegt zum einen in der nutzbaren Höhendifferenz. Da die ersten Wohngebäude

von Marienstein bereits auf 810 m ü. NN liegen, ist lediglich eine wirksame Leistung von 30 m gegeben. Eine weitere wichtige Größe für die Leistungsbemessung einer Wasserturbine ist der Volumenstrom.

Der Wasserbeschaffungsverband Ort bei Kochel installierte kürzlich eine Turbine in die Leitung zwischen Hochbehälter und dem Verteilnetz im Dorf. Mit einer durchschnittlichen Schüttung von 6 l/s und einer wirksamen Höhe von 160 m kann eine maximale Leistung von 17 kW erzielt werden. Zu berücksichtigen ist, dass derzeit für die Einspeisung von Strom aus Kleinwasserkraftanlagen lediglich ca. 12 ct je kWh vergütet werden.

Im Rahmen der BAFA Kleinserien Richtlinie sind die Anschaffung und Installation von Kleinstwasserkraftanlagen in Kläranlagen, Abwasseranlagen, Trinkwassernetzen oder vergleichbaren technischen Anlagen bis zu einer Leistung von 30 kW förderfähig. Der maximale Förderbetrag liegt bei 30 % der förderfähigen Investitionskosten und bemisst sich nach den installierten elektrischen Leistungseinheiten (BAFA 2019):

≤ 1 kW_{el.}: 4.000 €

> 1 kW_{el.}: 2.000 € je weiteres kW_{el.}

5.3 Langfristige Maßnahmen

5.3.1 Biologische Wasserstofferzeugung

Die Potenzialanalyse zur Erzeugung regenerativer Energien aus Biomasse zeigt auf, dass neben der klassischen Nutzung von Energieholz zur Wärmeerzeugung weitere biogene Reststoffe zur Verfügung stehen: Aus dem Nutztierbestand von Waakirchen 2018 (ca. 2.175 Rinder, davon über 1.000 Milchkühe) ließen sich theoretisch ca. **600.000 m³/a** Methan produzieren. Rechnerisch wären dies ca. 25 % des derzeitigen Erdgas-Verbrauchs des Orts. Bisherige Technologien zielten darauf ab, mittels Biogas-Anlagen regenerativen Strom zu erzeugen. Bis zur EEG-Novellierung im Jahr 2012 wurde mit einem sog. NA-WARO-Bonus die Stromerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen stark gefördert. Dies führte zu einem ökologisch bedenklichen Anbau von Energiemais und schädigte so das Image der Bioenergie-Branche. Seit 2012 werden nur noch Biogas-Anlagen zur Stromeinspeisung zugelassen, die mit mind. 80 %-igem Einsatz von Gülle und Mist arbeiten. Hohe Auflagen beim Gewässerschutz führen dazu, dass mittlerweile kaum mehr neue Biogasanlagen errichtet werden.

Neuere Technologien sowie eine korrigierte energiepolitische Ausrichtung zielen nicht mehr auf die direkte Stromerzeugung aus Biogas ab, sondern stellen die Erzeugung und Speicherung von Energie in chemischer Form in den Vordergrund. Wird aus biogenen Reststoffen Wasserstoff gewonnen, so kann dieser gelagert, transportiert und vielseitig verwendet werden. Neben der Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse kann auch dessen Produktion aus biogenen Reststoffen erfolgen. Über einen Verkohlungsprozess

sowie eine anschließende Pyrolyse (Vergasung) in Verbindung mit Dampfreformierung kann mit Unterstützung von aktuellen Fördermitteln eine wirtschaftliche Herstellung des Gases erfolgen. Eine unmittelbar anschließende Aufwertung zu Biomethan (CH_4) in Verbindung mit CO_2 aus industriellen Prozessen trägt zur energetischen Nutzung mit größtmöglicher Wertschöpfung bei (Abbildung 5-12).

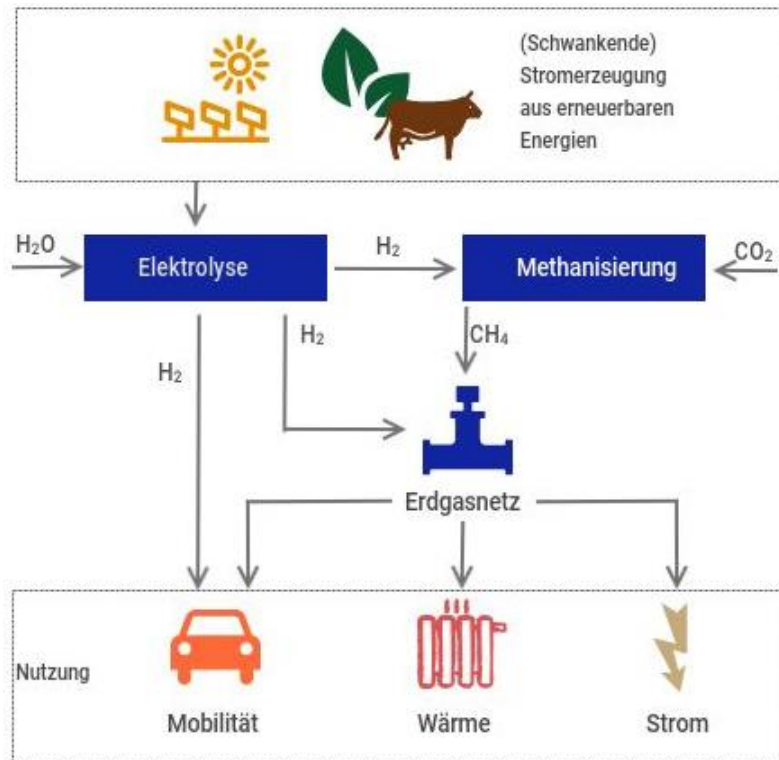


Abbildung 5-12: Das Prinzip "Power to Gas" (nach: dena 2015).

Der so gewonnene Wasserstoff könnte zukünftig einen Beitrag zur ökologischen Gestaltung der Mobilität leisten. Da die Gemeinde Waakirchen an wichtigen und stark befahrenen Bundesstraßen liegt, könnte bei der zukünftigen Verkehrsplanung evtl. eine Wasserstoff-tankstelle mit berücksichtigt werden. Die Erzeugung und Vermarktung von Wasserstoff aus biogenen Reststoffen könnte zusätzlich die örtliche Landwirtschaft stärken. Aufgrund der Planungen bzgl. Umgehungsstraße Waakirchen könnte ein geeigneter Standort frühzeitig in die Überlegungen mit einfließen. Ebenso logistisch günstig gelegen wäre der Ortsteil Krottenthal.

5.3.2 Standort Umspannwerk

Das Umspannwerk im Ortsteil Point sorgt seit dessen Bau für eine relativ effiziente Anlieferung von Strom aus entfernten Kraftwerken. Vor Ort wird es auf niedrigere Spannungsebenen heruntertransformiert, die in Verteilnetzen technisch leichter zu handhaben sind. Mit dem Ausbau von regenerativen Energieträgern sind die Anforderungen an die Netze erheblich gestiegen. Der Ausgleich zwischen Stromproduktion und Stromverbrauch muss zeitgleich erfolgen. Mit Batteriespeichern könnte zusätzlich ausgeglichen werden. Aktuell

werden Strommengen, die in Batterien eingelagert werden jedoch wie Stromverbräuche von Letztverbrauchern mit allen herkömmlichen Umlagen beaufschlagt. So ist ein wirtschaftlicher Betrieb derzeit noch nicht möglich. Pumpspeichieranlagen gelten nicht als Letztverbraucher, sind für den Bezug und die Lieferung von sog. Regelenergie zugelassen und können daher überschüssige Strommengen in höher gelegene Gewässer pumpen. Die am Jochberg geplante Anlage hätte diese Funktion ebenfalls erfüllen können, wurde aber bisher nicht realisiert.

Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen besteht im günstigen Strombezug bei hohem Stromangebot. Im Jahr 2019 lag der Strompreis in über 200 Stunden unter Null Euro. Dies wird u.a. durch nicht oder kaum regelbare Atom- und Kohlekraftwerke verursacht. In Kombination mit dem Angebot aus regenerativen Erzeugungsanlagen führt dies zu hohen Stromspitzen. Eine Möglichkeit besteht darin, dass EE-Anlagen ab 100 kW im Gegensatz zu Großkraftwerken per Fernzugriff abschaltbar sind.

Mit dem Ausbau der Solarenergie in Waakirchen vor allem auf PV-Freiflächen könnten bei guter Witterung ebenfalls Stromspitzen entstehen, die den Strombedarf des Netzes übersteigen. Teil des Genehmigungsverfahrens für die Zulassung jeder PV-Anlage ist die Netzverträglichkeitsprüfung. Hierbei wird untersucht, ob die maximale Strommenge im Stromnetz abtransportiert werden kann. Was bei Dachanlagen meist reine Formsache ist, kann bei PV-Freiflächen die Investitionskosten für die Zuleitung zum nächstmöglichen Einspeisepunkt erheblich in die Höhe treiben.

Sofern sich mehrere Flächeneigentümer für eine Installation von großen Photovoltaikparks entscheiden, sollte die Gemeinde frühzeitig das Gespräch mit dem Netzbetreiber suchen und die planerischen Grundlagen für ein Spitzenlast-Management legen.

Vorstellbar wäre die Installation einer Container-Batterieanlage am Standort oder im Umgriff des Umspannwerks. Hier könnte Regelenergie kurzfristig eingelagert oder produziert werden.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Nutzung von Spitzenströmen zur Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse (Kapitel 5.3.1). Bisher liegt der gesetzlich zulässige Anteil für das Zumischen von Wasserstoff in die Erdgasinfrastruktur bei fünf Volumenprozenten, wobei eine Toleranzerhöhung auf zehn Volumenprozenten anvisiert ist. Auch für diese Technologie könnte das nähere Umfeld des Umspannwerks als Standort interessant sein.

5.3.3 Waakirchener Dorfmitte

Momentan sind zwar die Planungen für die Gestaltung der neuen Dorfmitte gestoppt, sofern jedoch eine Bebauung des Grundstücks erfolgt, sollte im Sinne des Klimaschutzes eine nachhaltige Energieversorgung mitgeplant werden. Eine pauschale Aussage, ob eine

gemeinsame regenerative Wärmeversorgung wirtschaftlich zu betreiben ist, kann in diesem Stadium leider noch nicht getroffen werden. Energetische Anforderungen an Neubauten werden u.a. in der Energieeinsparverordnung ENEC sowie dem EE-Wärme-Gesetz beschrieben. Zukünftig werden diese Vorgaben im Gebäudeenergiegesetz GEG zusammengefasst.

Da die Grundstücke derzeit im Besitz der Gemeinde sind, können mittels städtebaulichem Vertrag zusätzliche Vorgaben gemacht werden. Eine Verbesserung der Gebäudehülle nach KfW-Effizienzstandards (Abbildung 6-1) gegenüber dem gesetzlichen Mindestmaß könnte zum Beispiel gefordert werden. Das hat unmittelbare Auswirkungen auf die Baukosten der Gebäude, sodass sich das auch in den Mietpreisen niederschlagen wird. Die Vorteile von hohen Standards wie z.B. dem KfW-Effizienzhaus 40 sind niedrige Energiekosten für die Nutzer, hohe Zuschüsse für die Investoren, sowie ein geringer Ausstoß von zusätzlichen Treibhausgasen. Eine finale Aussage, welcher Energiestandard gewählt werden soll, kann erst mit weiteren Details der Planungen erfolgen.

Wärmeverbund

Mit einem hohen Energiestandard sinkt die Wirtschaftlichkeit einer zentralen Biomasseheizung. Das heißt, eine gemeinsame Hackschnitzelheizung könnte zu relativ hohen Wärmepreisen führen. Sollte ein Wärmeverbund in Erwägung gezogen werden, wäre es damit sinnvoll, die Hauseigentümer in der näheren Umgebung zu befragen, ob sie ebenfalls an einer Lieferung von regenerativer Wärme interessiert sind. Zusammen mit den Neubauten in der Dorfmitte könnte eine wirtschaftlich interessante Lösung für alle Beteiligten entstehen.

Eine Verknüpfung der Sektoren Mobilität, Wärme und Strom ist zudem anzustreben. Sie bietet aus heutiger Sicht zusätzliche Vorteile für Nutzer und Klimaschutz. Alternativ zur Wärmeversorgung mit Biomasse sollte im Verlauf der weiteren Planungen eine gemeinsame Strom- und Wärmeversorgung inkl. E-Ladeinfrastruktur in Erwägung gezogen werden:

Quartierslösung

Zielführend wäre eine Energiezentrale für alle Wohn- und Geschäftsgebäude. Zur effizienten Wärmeversorgung könnte ein großes BHKW sowie ein Brennwertkessel zur Verfügung stehen. Energieträger wäre derzeit noch Erdgas, die Option grüner Wasserstoff sollte jedoch berücksichtigt werden.

Das BHKW arbeitet wärmegeführt und erzeugt zusätzlich Strom.

Sowohl Wärme als auch Strom werden zu den anderen Gebäuden weitergeleitet. Dies bedeutet auch, dass ein zentraler Stromanschluss für alle Gebäude zur Verfügung steht. Das daran angeschlossene Arealnetz besteht aus der Unterverteilung zu den Wohnungen und Gewerbebetrieben, es wird als Kundenanlage bezeichnet. Erzeugt das BHKW ausreichend

Strom, werden Kunden direkt mit diesem Strom versorgt, andernfalls wird Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen.

Zusätzlich sollte jedes Gebäude über eine PV-Anlage verfügen, die ebenfalls Strom für die jeweiligen Bewohner zur Verfügung stellt. Dies ergänzt sich insofern gut mit dem BHKW, dass die hohen Erträge von Solarstrom im Sommer zu erzielen sind, beim BHKW hingegen in der Heizperiode.

Unüblich ist derzeit noch ein derartiges Zählerkonzept. Es muss für jede Wohneinheit ein Unterzähler eingerichtet sein. Die Strommengen von BHKW und PV-Anlagen müssen wegen KWK- und EEG-Vergütung messbar sein. Erfahrungsgemäß kann die Abrechnung des Systems nur mit einem externen Dienstleister wie z.B. den Tölzer Stadtwerken, dem E-Werk Tegernsee, oder dem 17er erfolgen. Vorteil für die Nutzer ist, dass in der Mischkalkulation zwischen BHKW-Strom, PV-Strom und Netzbezug ein wesentlich günstiger Strompreis erzielt werden kann, als mit reinem Netzbezug bzw. der Einspeisevergütung.

Der ökologisch große Vorteil entfaltet sich in der zusätzlichen Bereitstellung von Strom für E-Ladesäulen, die den Bewohnern zur Verfügung gestellt werden könnten. Mit intelligenter Ladesoftware können mehrere Ladesäulen bedient werden, ohne Spitzenlasten zu erzeugen. Es wird nicht mit maximaler Ladeleistung geladen, sondern mit der jeweils aus den Systemen zur Verfügung stehenden Strommenge. Dies wurde z.B. im Landratsamt Bad Tölz-Wolfratshausen bereits in die Praxis umgesetzt.

Im Sinne einer nachhaltigen Mobilität sollten auch für hochwertige Fahrräder geeignete Unterstell-Möglichkeiten sowie geeignete Ladestationen geschaffen werden.

5.4 Übersicht der Maßnahmen

Tabelle 5-4: Übersicht der Maßnahmenempfehlungen für Waakirchen.

Kategorie	Titel der Maßnahme	Liegenschaft	Kategorie	Investitionskosten	Amortisierungsdauer	CO2-Einsparung	Primärenergieeinsparung
Kurzfristige Maßnahmen	Thermografie Spaziergang	Gemeinde Waakirchen	sonst. Handlungsmöglichkeiten				
	LED-Technik in der Straßenbeleuchtung	Gemeinde Waakirchen	Energieeffizienz, Energieeinsparung	54.000 €	6 – 8 Jahre	20 t/a	90 MWh/a
	Visualisierung der Energiewende	Gemeinde Waakirchen	sonst. Handlungsmöglichkeiten				
	PV-Anlage	Pumpwerk Piesenkam	Energieerzeugung regenerativ	3.600 €	11 Jahre	1,4 t/a	2,1 MWh/a
	PV-Anlage (Freifläche) Variante 1	Pumpwerk Fuchsloch	Energieerzeugung regenerativ	28.728 €	7 Jahre	11,7 t/a	45,1 MWh/a
	Variante 2			515.200 €	14 Jahre	211,4 t/a	390,1 MWh/a
	PV-Anlage	FFW Piesenkam	Energieerzeugung regenerativ	7.980 €	11 Jahre	2,6 t/a	5,0 MWh/a
	Fortführung des kommunalen Energiemanagements	Alle kommunalen Liegenschaften	Energieeffizienz, Energieeinsparung				
	Sanierung der Heizanlage	Altes Schulhaus Marienstein	Energieeffizienz, Energieeinsparung, Energieerzeugung regenerativ	40.000 €	k.A.	18,5 t/a	75 MWh/a
	Klimaschutz im Gemeindebote		Sonstige Handlungsmöglichkeiten				
	Klimaschutz in der Bauleitplanung		Sonstige Handlungsmöglichkeiten				
	Heizungstausch-Offensive	Gemeinde Waakirchen	Sonstige Handlungsmöglichkeiten				

Mittelfristige Maßnahmen	PV-Freiflächen	Entlang von Bahnlinien und auf Konversions- flächen	Energieerzeugung regenerativ				
	Besichtigung Wärmever- bund Krottenthal	Gemeinde Waakirchen	Energieerzeugung regenerativ				
	Kleinstwasserkraft im Was- serversorgungsnetz	Gemeinde Waakirchen	Energieerzeugung regenerativ				
Langfristige Maßnahmen	Biologische Wasserstoffer- zeugung		Energieerzeugung re- generativ, Energie- speicherung				
	Standort Umspannwerk	Umspannwerk Point	Energieerzeugung regenerativ, Energie- speicherung				
	Waakirchener Dorfmitte	Waakirchen Dorfmitte	Energieeffiziez, Ener- gieerzeugung regene- rativ				

6 Fördermittel und Finanzierung für Energieprojekte

Für die Sanierung von Privatgebäuden stehen attraktive Mittel, sowohl zur Komplettsanierung, als auch für Einzelmaßnahmen, zur Verfügung. Über die Hausbanken können Anträge für Zuschüsse und Kredite gestellt werden. In diesem Kapitel wird eine Auswahl von Programmen im Überblick dargestellt.

Eine Zusammenfassung über alle Fördermöglichkeiten in den Bereichen energetische Sanierung, energieeffizientes Bauen, Energiesparen und Einsatz erneuerbarer Energien für Kommunen, Unternehmen und private Energieverbraucher bietet der „Förderkompass Energie“ von den bayerischen Energieagenturen:

<http://energieagenturen.bayern/filesystem%2FD40035ca1X15ba3c80c38X5945%2Ffoerderkompass.pdf%26nocache%3Dtrue>

6.1 Verbraucherzentrale Bayern

Seit 2015 bietet die Verbraucherzentrale an sogenannten Beraterstützpunkten kostengünstige Energieberatungen an. Für den Beratungsstützpunkt Geretsried können Beratungstermine unter der Tel. 0800 809 802 400 vereinbart werden. Zusätzlich werden auch Energieberatungen im eigenen Haushalt angeboten. Nachfolgend eine Übersicht über die Kosten und Leistungen der Beratungsangebote (Verbraucherzentrale Energieberatung e.V., 2016):

Tabelle 6-1: Energieberatungsangebot der Verbraucherzentrale Bayern.

Leistung	Kosten	Bemerkung
Telefonische Beratung	Kostenfrei	Tel.: 0800 809 802 400
Online-Beratung	Kostenfrei	Onlineformular
Stationäre Beratung	Kostenfrei	Bad-Tölz, Garmisch-Partenkirchen, Geretsried, Miesbach, Murnau, Peiting, Penzberg, Weilheim
Basis-Check	Kostenfrei	Terminvereinbarung unter Tel. 0800 809 802 400
Gebäude-Check	30 Euro	
Heiz-Check	30 Euro	
Solarwärme-Check	30 Euro	
Detail-Check	30 Euro	
Eignungs-Check Solar	30 Euro	

6.2 PV-Speicher Programm

Seit August 2019 fördert der Freistaat Bayern mit einem neuen Programm die Installation von zusätzlichen PV-Anlagen, wenn sie mit einem Batteriespeicher ausgestattet werden. Förderfähig sind Anlagen in selbstgenutzten Ein – und Zweifamilienhäusern. Die Höhe der Förderung richtet sich nach den installierten Kapazitäten des Speichers und der Leistung der PV-Anlage:

Tabelle 6-2: Staffelung des Förderumfangs im PV-Speicher Programm.

Nutzbare Kapazität Batteriespeicher und Leistung PV-Anlage	Förderung
3,0 bis 3,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 3,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	500 €
4,0 bis 4,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 4,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	600 €
5,0 bis 5,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 5,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	700 €
6,0 bis 6,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 6,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	800 €
7,0 bis 7,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 7,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	900 €
8,0 bis 8,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 8,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	1.000 €
9,0 bis 9,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 9,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	1.100 €
10,0 bis 10,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 10,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	1.200 €
11,0 bis 11,9 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 11,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	1.300 €
usw.	usw.
ab 30,0 kWh (Batteriespeicher) und $\geq 30,0 \text{ kW}_p$ (PV-Anlage)	3.200 €

Wird im Zuge dieser Maßnahmen auch eine Ladevorrichtung für E-Autos installiert, so ist ein weiterer Zuschuss von 200,- € möglich.

6.3 KfW-Programm 151/152 Energieeffizient Sanieren – Kredite

Zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden bietet die KfW-Bank das Programm 151/152 Energieeffizient Sanieren für Häuser deren Bauantrag oder die Bauanzeige vor dem 01.02.2002 gestellt wurden, an. Förderfähig sind alle energetischen Maßnahmen, die zum KfW-Effizienzhaus-Standard (Abbildung 6-1) führen. Einige Beispiele für förderfähige Einzelmaßnahmen sind:

- die Wärmedämmung von Wänden, Dachflächen, Keller- und Geschossdecken
- die Erneuerung der Fenster und Außentüren
- die Erneuerung oder Optimierung der Heizungsanlage (sofern diese älter als 2 Jahre sind)
- die Erneuerung, der Einbau einer Lüftungsanlage
- Erstanschluss an Nah- oder Fernwärme

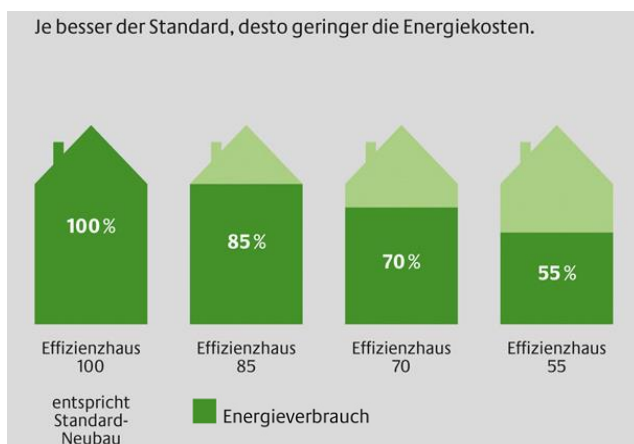


Abbildung 6-1: KfW-Effizienzhaus-Standards (dena).

jedem in Anspruch genommen werden, der Wohnraum energetisch saniert oder sanierten Wohnraum kaufen möchte (bei gesonderter Auflistung der energetischen Sanierungsmaßnahmen)

Damit diese Einzelmaßnahmen förderfähig sein können, müssen bestimmte technische Mindestanforderungen erfüllt werden. Zusätzlich werden Baunebenkosten, Wiederherstellungskosten, Beratungs-, Planungs- und Baubegleitungsleistungen gefördert. Für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder für energetische Einzelmaßnahmen ist dies zinsgünstig, da es unter dem Marktniveau liegt. Das KfW-Programm kann von

Umfang der Förderung

- *Bis 120.000 Euro für jede Wohneinheit beim KfW-Effizienzhaus oder 50.000 Euro bei Einzelmaßnahmen*
- *0,75 Prozent effektiver Jahreszins*

Bei der Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder dem Kauf von saniertem Wohnraum beträgt der maximale Kreditbetrag 120.000 € (Kredit 151).

Bei energetischen Einzelmaßnahmen, die keinen KfW-Effizienzhaus-Standard anstreben, beträgt der maximale Kreditbeitrag 50.000 € (Kredit 152).

Tabelle 6-3: Umfang der Förderungen in den Förderprogrammen 151/152.

Maßnahme	Tilgungszuschuss	Tilgungszuschuss in Euro je Wohneinheit
KfW-Effizienzhaus 55	40%	Bis zu 48.000€
KfW-Effizienzhaus 70	35%	Bis zu 42.000€
KfW-Effizienzhaus 85	30%	Bis zu 36.000€
KfW-Effizienzhaus 100	27,5%	Bis zu 33.000€
KfW-Effizienzhaus 115	25%	Bis zu 30.000€
KfW-Effizienzhaus Denkmal	25%	Bis zu 30.000€
Einzelmaßnahme	20%	Bis zu 10.000€

Dieses KfW-Programm wird aus dem CO₂-Gebäudesanierungsprogramm des Bundes finanziert.

6.4 KfW-Programm 430 Energieeffizient Sanieren - Investitionszuschuss

Für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder energetischen Einzelmaßnahmen tritt das Programm 430 Energieeffizient Sanieren-Investitionszuschuss in Kraft. Dieser Zuschuss fördert die energetische Sanierung von Wohngebäuden, für die der Bauantrag oder die Bauanzeige vor dem 01.02.2002 gestellt wurde. Es sind alle energetischen Maßnahmen förderfähig, die zum KfW-Effizienzhaus-Standard (Abbildung 6-1) führen. Falls der KfW-Effizienzhaus-Standard nicht angestrebt wird, werden durch diesen Zuschuss auch Einzelmaßnahmen gefördert:

- Wärmedämmung von Wänden, Dachflächen, Keller- und Geschosdecken
- Erneuerung der Fenster und Außentüren
- Erneuerung oder Optimierung der Heizungsanlage
- Erneuerung oder Einbau einer Lüftungsanlage

Damit diese Einzelmaßnahmen förderfähig sind, müssen diese bestimmte technische Mindestanforderungen erfüllen. Zusätzlich werden Baunebenkosten, Wiederherstellungskosten und Beratungs-, Planungs- sowie Baubegleitungsleistungen gefördert. Wenn sanierter Wohnraum gekauft wird, können die Kosten der energetischen Sanierung gefördert werden, vorausgesetzt diese sind gesondert (z.B. im Kaufvertrag) ausgewiesen. Das Programm richtet sich an private Eigentümer, die Wohnraum energetisch sanieren oder sanierten Wohnraum kaufen (bei gesonderter Auflistung der energetischen Sanierungsmaßnahmen. Eine flexible Kombination mit anderen Fördermitteln ist möglich.

Die förderfähigen Investitionskosten für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus betragen max. 120.000€.

Die förderfähigen Investitionskosten für Einzelmaßnahmen betragen max. 50.000 €.

Tabelle 6-4: Umfang der Förderungen im Förderprogramm 430.

Maßnahme	Investitionszuschuss	Geförderte Kosten je Wohneinheit
KfW-Effizienzhaus 55	40%	Max. 48.000€
KfW-Effizienzhaus 70	35%	Max. 42.000€
KfW-Effizienzhaus 85	30%	Max. 36.000€
KfW-Effizienzhaus 100	27,5%	Max. 33.000€
KfW-Effizienzhaus 115	25%	Max. 30.000€

KfW-Effizienzhaus Denkmal	25%	Max. 30.000€
Einzelmaßnahme	20%	Max. 10.000€

Darüber hinaus können im Rahmen der Sanierungsmaßnahmen u.a. die Kosten für Ladestationen und Smart-Meter und Smart-home-Systeme mitfinanziert werden.

6.5 Programme für Unternehmen

Im gewerblichen Bereich gelten andere Förderprogramme. Für die Förderung von Energieeffizienz und Umweltschutz gibt es folgende Energieeffizienzprogramme:

- **Energieeffizient Bauen und Sanieren (KfW-Programm 276)**

Das Programm ist bei Vorhaben innerhalb von Deutschland offen für Unternehmen oder Freiberufler mit Sitz im In- und Ausland oder für Contracting-Geber, die Energiedienstleistungen an gewerblichen Gebäuden erbringen.

KfW-Programm 276	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kreditbetrag: Bis zu 25 Mio. € pro Vorhaben und bis zu 100 % der förderfähigen Investitionskosten</i>
---------------------	--

Die Höhe des Tilgungszuschuss ergibt sich aus dem Prozentsatz des Zusagebetrags und einem Höchstbetrag pro Quadratmeter Nettogrundfläche.

Tabelle 6-5: Umfang der Förderungen im Programm 276 für Sanierungsmaßnahmen.

Sanierung	Prozentsatz des Zusagebetrags	Höchstbetrag pro m ²
KfW-Effizienzhaus 70	27,5%	Max. 275€
KfW-Effizienzhaus 100	20%	Max. 200€
KfW-Effizienzhaus Denkmal	17,5%	Max. 175€
Einzelmaßnahme	20%	Max. 200€

Tabelle 6-6: Umfang der Förderungen im Programm 276 für Neubauten.

Neubau	Prozentsatz des Zusagebetrags	Höchstbetrag pro m ²
KfW-Effizienzhaus 55	5%	Max. 50€
KfW-Effizienzhaus 70	Es wird nur ein zinsverbilligter Kredit gewährt	

- **Zuschuss Brennstoffzelle (KfW-Programm 433)**

Das Förderprogramm 433 unterstützt die Einführung der Brennstoffzellentechnologie zur Wärme- und Stromversorgung von neuen und bestehenden Gebäuden.

KfW-Programm
433

- *Der Zuschuss setzt sich aus einem Festbetrag von 5.700€ + einem leistungsabhängigen Betrag von 450€ je angefangene 0,1 kW_{el} zusammen*
- *Zuschuss max. 40% der förderfähigen Kosten*

Förderfähige Kosten sind die Kosten für das Brennstoffzellensystem, dessen Einbau, die Vollwartungskosten in den ersten 10 Jahren und die Kosten für die Leistungen des Experten für Energieeffizienz.

- **Produktionsanlagen/-prozesse (KfW-Programm 292)**

Das Förderprogramm 292 unterstützt Energieeffizienzmaßnahmen im Bereich der Anlagenproduktion und -prozessen. Das Programm ist bei Vorhaben innerhalb von Deutschland offen für Unternehmen mit Sitz im In- und Ausland, bei Vorhaben im Ausland für Unternehmen mit Sitz in Deutschland, deren Tochtergesellschaften oder Joint Ventures mit hoher deutscher Beteiligung.

KfW-Programm
292

Kreditbetrag: Bis zu 25 Mio. € pro Vorhaben und bis zu 100 % der förderfähigen Investitionskosten.

- **Energieeffizienz in der Wirtschaft: KfW-Programm 295 bzw. BAFA-Zuschuss**

Zu den gleichen Förderbedingungen stellt die KfW-Bank einen Kredit bzw. das BAFA einen Investitionskostenzuschuss zur Verfügung.

Das Programm umfasst vier Module:

- Modul 1: Querschnittstechnologien
- Modul 2: Prozesswärme aus erneuerbaren Energien
- Modul 3: Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Sensorik und Energiemanagement-Software
- Modul 4: Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen

Das Förderprogramm 295 bzw. der BAFA-Zuschuss ist offen für Unternehmen aller Branchen und Größen mit einem Standort in Deutschland. Eine Kombination des Kredits mit Tilgungszuschuss und Investitionszuschuss für die gleiche Maßnahme ist nicht möglich.

Über die verschiedenen Förderprogramme hinaus besteht die Möglichkeit der Förderung von Energiemanagementsystemen:

- Initialberatung: Vor-Ort-Besichtigung und auf Basis einer Analyse vorhandener energietechnischer Daten
- Detailberatung: Energieanalyse des Betriebs mit konkretem Maßnahmenplan

<p>KfW-Programm 295 bzw. BAFA-Zuschuss: Umfang der Förderung</p>	<p><i>KfW-Programm 295:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Kreditbetrag: Bis zu 25 Mio. € pro Vorhaben und bis zu 100 % der förderfähigen Investitionskosten</i>• <i>Tilgungszuschuss bis zu 40 %, Modul 2: bis zu 55 %</i> <p><i>BAFA-Zuschuss:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Höhe der Förderung: max. 10 Mio. €, Modul 1: max. 200.000 €</i>• <i>Förderquote: Bis zu 40 % der förderfähigen Investitionen, Modul 2: bis zu 55 % der förderfähigen Investitionen</i>
--	--

6.6 BAFA-Zuschuss für erneuerbare Energien (Marktanreizprogramm)

Die Zuschüsse für regenerative Heizsysteme können beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle beantragt werden. Es werden Installationen von umweltschonenden Heizungssystemen auf Basis nachwachsender Rohstoffe gefördert. Zu beachten ist, dass die Antragstellung vor dem Vorhabenbeginn (vor Abschluss eines Lieferungs- oder Leistungsvertrages) erfolgen muss. Ab dem 01.01.2020 tritt die geänderte Richtlinie in Kraft. Für vorher beantragte Maßnahmen und bereits bewilligte Anträge gelten die Bestimmungen der Förderrichtlinie vom 11.03.2015

<p>Austauschprämie für Ölheizungen</p>	<p><i>Beim Austausch einer Ölheizung gegen eine förderfähige Hybridheizung, Biomasseanlage oder Wärmepumpenanlage wird der gewährte Fördersatz um 10 Prozentpunkte erhöht. Damit beträgt dann die Förderung von Heizungen, die ausschließlich erneuerbare Energien nutzen, 45% und für Erdgas-Hybridheizungen 40%.</i></p>
--	--

6.6.1 Biomasse-Anlagen

Mit Investitionszuschüssen werden effiziente und emissionsarme Biomasseanlagen gefördert. Gegenstand der Förderung ist die Errichtung oder Erweiterung von Biomasseanlagen für die thermische Nutzung von mindestens 5 kW Nennwärmeleistung. Die Installation bei bestehenden Gebäuden, die zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits seit mehr als 2 Jahren ein Heizungs- bzw. Kühlsystem in Betrieb haben, wird mit bis zu **35 %** der förderfähigen Kosten unterstützt. Beim Austausch einer Ölheizung bis zu **45 %**.

Bei Neubauten werden Biomasseanlagen mit **35%** der förderfähigen Kosten gefördert, wenn sie die entsprechenden technischen Mindestanforderungen erfüllen.

Förderfähige Biomasseanlagen sind:

- Kessel zur Verbrennung von Biomassepellets und –hackschnitzeln
- Pelletöfen mit Wassertasche
- Kombinationskessel zur Verbrennung von Biomassepellets bzw. Hackschnitzeln und Scheitholz
- besonders emissionsarme Scheitholzvergaserkessel

6.6.2 Solarkollektoranlagen (thermisch)

Das BAFA bezuschusst Investitionen in thermische Solarkollektoranlagen. Die Förderung beinhaltet die Errichtung oder Erweiterung von Solarkollektoranlagen zur thermischen Nutzung, wenn sie überwiegend der Warmwasserbereitung und/oder Raumheizung, der Kälteerzeugung oder der Zuführung der Wärme/Kälte in ein Wärme- oder Kältenetz dienen. Bei bestehenden Gebäuden, die zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits seit mehr als 2 Jahren ein Heizungs- bzw. Kühlsystem in Betrieb haben, beträgt die Förderung bis zu **30%** der förderfähigen Kosten. Flachkollektoren müssen hierbei eine Bruttokollektorfläche von mindestens 9 m² oder mehr haben und der dazu gehörende Pufferspeicher ein Volumen von 40 l/m² Bruttokollektorfläche. Vakuumröhren- oder Vakuumflachkollektoren müssen eine Bruttokollektorfläche von mindestens 7 m² oder mehr haben und der dazu gehörende Pufferspeicher ein Volumen von 50 l/m² Bruttokollektorfläche. Für Luftkollektoren gibt es keine Mindestanforderungen. Anlagen ausschließlich zur Warmwasserbereitung müssen mindestens eine Bruttokollektorfläche von 3 m² und ein Puffervolumen von mindestens 200 l aufweisen.

In Neubauten beträgt die Förderung **30%** der förderfähigen Kosten, wenn sie die entsprechenden technischen Mindestanforderungen erfüllen. Die Bruttokollektorfläche muss mindestens 20 m² und das Puffervolumen wie oben beschrieben entsprechend der Kollektorart betragen. Wohngebäude müssen aus mindestens drei Wohneinheiten bestehen, Nichtwohngebäude müssen mindestens 500 m² beheizte Nutzfläche aufweisen oder es handelt sich um ein Solaraktivhaus, dessen solarer Deckungsgrad bei mindestens 50 % liegt.

6.6.3 Wärmepumpen

Gegenstand der Förderung ist die Errichtung von effizienten Wärmepumpenanlagen einschließlich der Nachrüstung bivalenter Systeme, wenn sie überwiegend der Warmwasserbereitung und/oder Raumheizung von Gebäuden oder der Zuführung der Wärme in ein Wärmenetz dienen. Bei Bestandsgebäuden, die zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits seit mehr als 2 Jahren ein Heizungs- bzw. Kühlsystem in Betrieb haben, beträgt die Förderung bis zu **35%** der förderfähigen Kosten. Beim Austausch einer Ölheizung bis zu **45 %**.

In Neubauten werden die Anlagen mit **35%** der förderfähigen Kosten gefördert, sofern sie die entsprechenden Mindestanforderungen erfüllen.

6.6.4 Gas-Hybridheizungen

Gegenstand der Förderung ist die Errichtung von Hybridheizungen, die mehrere Anlagen kombinieren und mit deren Inbetriebnahme Wärme aus erneuerbarer Energie nutzen. Die Förderung bezieht sich auf eine Installation in bestehenden Gebäuden, die zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits seit mehr als 2 Jahren ein Heizungs- bzw. Kühlsystem in Betrieb haben

EE-Hybridheizungen kombinieren ausschließlich Technologie-Komponenten zur thermischen Nutzung erneuerbarer Energien (Solar, Biomasse oder Wärmepumpen) über eine gemeinsame Steuerungs- und Regelungstechnik. Die technischen Voraussetzungen für die Förderung ergeben sich aus den technischen Voraussetzungen der einzelnen Komponenten. Hierbei beträgt die Förderung bis zu **35 %**, beim Austausch einer Ölheizung bis zu **45 %** der förderfähigen Kosten.

Gas-Hybridheizungen kombinieren eine neue Gasheizung mit einem oder mehreren Technologie-Komponenten zur thermischen Nutzung erneuerbarer Energien (Solar, Biomasse oder Wärmepumpe) über eine gemeinsame Steuer- und Regelungstechnik. Hierbei beträgt die Förderung bis zu **30 %** der förderfähigen Kosten. Beim Austausch einer Ölheizung beträgt die Förderung bis zu **40 %** der förderfähigen Kosten.

Technische Voraussetzungen für die Förderung sind u.a.:

- eine jahreszeitbedingte Raumheizungseffizienz (ETA S) von mind. 92%
- eine hybridfähige Steuerungs- und Regelungstechnik
- der regenerative Wärmeerzeuger muss mind. 25 % der Heizlast bedienen
- ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage

6.6.5 „Renewable Ready“ Gas-Brennwertheizungen

Gegenstand der Förderung sind „Renewable Ready“ Gas-Brennwertheizungen, die spätestens 2 Jahre nach der Inbetriebnahme zusätzlich Wärme aus erneuerbaren Energien

nutzen. Die Förderung bezieht sich auf die Installation einer Gas-Hybridheizung bei der zunächst nur ein neuer Gasbrennwertkessel installiert wird und erst später die thermische Nutzung erneuerbarer Energien realisiert wird. Voraussetzung ist die Installation einer hybridfähigen Steuerungs- und Regelungstechnik für den künftigen erneuerbaren Teil des Heizsystems. Diese Förderung bezieht sich nur auf bestehende Gebäude, die zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits seit mehr als 2 Jahren ein Heizungs- bzw. Kühlsystem in Betrieb haben.

Weitere technische Voraussetzungen für die Förderung:

- der Maßnahme liegt das Konzept für die geplante Gas-Hybridheizung, die alle Technischen Voraussetzungen erfüllt, zu Grunde
- eine jahreszeitbedingte Raumheizungseffizienz (ETA S) von mindestens 92%
- eine hybridfähige Steuerungs- und Regelungstechnik
- Nachweis der Umwandlung in eine Gas-Hybridheizung innerhalb von 2 Jahren
- ein Speicher für die künftige Einbindung des erneuerbaren Wärmeerzeugers (Ausnahmsweise kann in Nichtwohngebäuden auf einen Speicher verzichtet werden, wenn Biogas zu einem Anteil von mehr als 55% dauerhaft über die Mindestnutzungsdauer der Anlage eingesetzt wird)
- hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage

Die Förderung beträgt bis zu **20%** der förderfähigen Kosten.

6.7 BAFA Impulsprogramm Mini-KWK-Anlagen (BAFA)

Durch die KWK-Richtlinie 2004/8/EG werden BHKWs bis 20 kW elektrischer Leistung gefördert. Nach diesem Förderprogramm können neue BHKWs bis 20 kW_{el} in bestehenden Gebäuden einen einmaligen Investitionszuschuss erhalten, dieser ist nach der elektrischen Leistung der Anlage gestaffelt. Förderfähig sind die Neuerrichtungen von strom- und wärmegeführter Mini-KWK-Anlagen in Bestandsbauten. Für diese gelten folgende Richtlinien:

- Gelistet auf der Liste der förderfähigen Mini-KWK-Anlagen der BAFA
- Betreut über einen Wartungsvertrag
- Nicht in Gebieten mit einem Anschluss- und Benutzungsangebot für Fernwärme
- Es existiert ein Wärmespeicher mit einem Speichervolumen von 60 Liter Wasser pro kW thermischer Leistung, wobei ein Speichervolumen von maximal 1.600 Liter ausreicht
- Installation eines Stromzählers für den KWK-Strom
- Sofern die Mini-KWK-Anlagen mehr als 10 kW elektrische Leistung aufweisen, müssen sie auf die Signale des Strommarktes reagieren können.

Die Fördersätze der Basisförderung je installierter kW_{el} für die jeweiligen Leistungsbereiche sind wie folgt festgesetzt:

Tabelle 6-7: Basisförderung bei Mini-KWK-Anlagen.

<i>Leistung Minimum [kW_{el}]</i>	Leistungsmaximum [kW _{el} .]	Förderbetrag € je kW _{el} kumuliert über Leistungsstufen
>0	<=1	1.900
>1	<=4	300
>4	<=10	100
>10	<=20	10

Die Laufzeit des Förderprogramms ist bis 31.12.2020 begrenzt. Ab 01.01.2021 können keine neuen Förderanträge mehr gestellt werden.

Bonusförderung Stromeffizienz:

Bei Erfüllung der Anforderungen der Bonusförderung Stromeffizienz (hoher elektrischer Wirkungsgrad) wird zusätzlich zur Basisförderung ein Bonus in Höhe von 60 % der Basisförderung gewährt.

Bonusförderung Wärmeeffizienz:

Diese soll zum verstärkten Einsatz von Brennwertwärmetauschern in Mini-KWK-Anlagen beitragen. Besonders sinnvoll ist der Einsatz von Brennwerttechnik in hydraulisch abgeglichenen Heizungssystemen. Für Anlagen, welche:

- Einen serienmäßigen oder nachgerüsteten Abgaswärmetauscher zur Brennwertnutzung aufweisen
- Die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs für Heizungssysteme nachweisen.

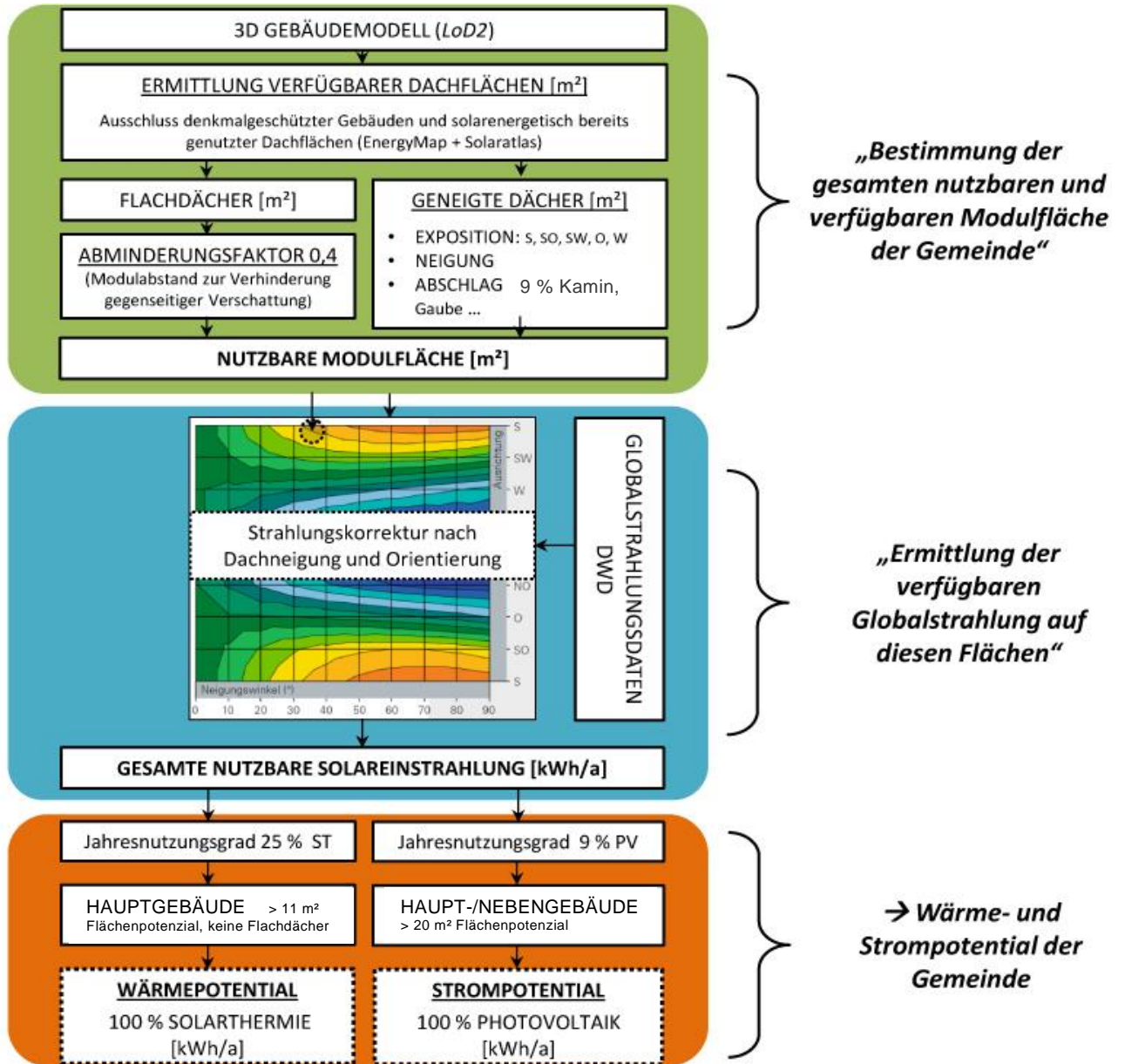
Bei Erfüllung der Anforderungen der Bonusförderung Wärmeeffizienz wird zusätzlich zur Basisförderung ein Bonus in Höhe von 25 % der Basisförderung gewährt. Die Bonusförderungen können nur zusätzlich zur Basisförderung für neue KWK-Anlagen in Anspruch genommen werden.

6.8 BAFA Heizungsoptimierung

Seit 1. August 2016 wird die Optimierung von bestehenden Wärmeverteilungen mit einem Zuschuss von 30% gefördert (BAFA 2016). Es werden Leistungen im Zusammenhang mit der Erneuerung von Heizkreis-, Warmwasser- und Zirkulationspumpen sowie der hydraulische Abgleich gefördert. Die Förderobergrenze liegt bei 25.000 Euro. Förderberechtigt sind sowohl juristische als auch Privatpersonen, Gewerbebetriebe und kommunale Träger.

7 Anhang

Anhang 1:



Anhang 2: Wirtschaftlichkeitsberechnungen nach VDI 2067 mit PVSol: Parameter (Fraunhofer ISE, 2017).

Parameter	Wert
Anfangsdegradation	2 % zzgl. jährliche Degradation 0,5 %
Optimale Ausrichtung der Fläche	Süd 30°
Performance Ratio	je nach Verschattung vom Tool berechnet
Jährliche Kosten	1 % des Systemanlagenpreises
Nutzungsdauer	20 Jahre
Inflationsrate/Preissteigerungen	2 %
nominaler kalkulatorischer Zinssatz	3 %
Strombezugspreis	Arbeitspreis: 0,22 €/kWh, Grundpreis: 6,90 €/Monat
EEG-Vergütung	0,0987 €/kWh (Aufdachanlagen < 10 kW _p)
Zeitpunkt der Inbetriebnahme	01.01.2021
Systemkosten	1.300 – 1.500 €/kW _p

8 Literaturverzeichnis

Agentur für Erneuerbare Energien (2013): *Studienvergleich: Entwicklung der Volllaststunden von Kraftwerken in Deutschland.*

Bad Tölz (2017): „Klimastation Bad Tölz - Wetterstatistik“. Abgerufen am 28.08.2018 von <http://meteo.bad-toelz.de/statistic.php>.

BAFA (2016): „Förderung der Heizungsoptimierung durch hocheffiziente Pumpen und hydraulischen Abgleich (Zuschuss)“. Abgerufen am 02.11.2017 von <http://www.deutschland-machts-effizient.de/KAENEF/Redaktion/DE/Publikation/2016/flyer-bringen-sie-ihre-heizung-auf-den-neuesten-stand.html>.

Baunetz Wissen (o. J.): „Baunetz Wissen“. Abgerufen am 09.07.2020 von <https://www.baunetzwissen.de/gebaeudetechnik/fachwissen/glossar-a-z/energiepfahl-49457>.

Bayernwerk AG (2018a): „Energiemonitor“. Abgerufen am 21.07.2020 von <https://www.bayernwerk-shop.de/energiemonitor>.

Bayernwerk AG (2018b): *Netzabsatzdaten.*

Bayernwerk AG (2018c): *Netzeinspeisedaten.*

BDEW (2015): *Grundlagenpapier Primärenergiefaktoren.*

Biogas Forum Bayern (2017): „Plattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern“. Abgerufen am 23.03.2017 von <http://www.biogas-forum-bayern.de>.

BLfD (2015): „Denkmaldatenbank“.

BSW (2017): „Solaratlas“. Abgerufen am 03.05.2017 von <http://www.solaratlas.de>.

Bundesnetzagentur (2020): *Statistiken-Solaranlagen-Ausschreibungen.*

BWE (2013): *Kleinwindanlagen - Handbuch der Technik, Genehmigung und Wirtschaftlichkeit kleiner Windräder.*

dena (2015a): *Energiesparen und Energieeffizienz im Haushalt.*

dena (2015b): *Systemlösung Power to Gas.*

DWD (2017): „German global radiation grids“. Abgerufen am 19.10.2017 von ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/grids_germany/annual/radiation_global/.

E-Werk Tegernsee (2017): „Stromkennzeichnung 2016“.

EEG (2017): *Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 22. Dezember 2016 (BGBl. I S. 3106) geändert worden ist.*

FNR (2014): *Basisdaten Bioenergie Deutschland 2014.* Rostock.

- Friedlingstein, Pierre; Andrew, Robbie M; Rogelj, Joeri; u. a.** (2014): „Persistent growth of CO₂ emissions and implications for reaching climate targets“. In: *Nature geoscience*. Nature Publishing Group 7 (10), S. 709.
- GfK** (2017): „Kaufkraft Deutschland 2018“. Abgerufen am 24.08.2018 von <http://www.gfk.com/de/insights/press-release/kaufkraft-der-deutschen-steigt-2018/>.
- Hähnlein, Stefanie; Blum, Philipp; Bayer, Peter** (2011): „Oberflächennahe Geothermie - aktuelle rechtliche Situation in Deutschland“. In: *Grundwasser*. 16 (2), S. 69–75, doi: 10.1007/s00767-011-0162-0.
- Halmbacher, Veronika; Mayer, Bernhard; Deingruber, Stefan; u. a.** (2018): „Energieeffizienz und Klimaschutz in der Bauleitplanung“. Abgerufen am 16.06.2020 von [https://energiewende-oberland.de/download/afn96a40hl8obj03o7ob7rtj6fd/Energieeffiziente Bauleitplanung_Onlineversion.pdf](https://energiewende-oberland.de/download/afn96a40hl8obj03o7ob7rtj6fd/Energieeffiziente_Bauleitplanung_Onlineversion.pdf).
- Hofer, Veronika; Süß, Andreas; Prasch, Monika; u. a.** (2016): *Potenzialanalyse für Energien der Region „Energiewende Oberland“*.
- IKZ** (2015): „Eis für die Heizung“. Abgerufen am 14.07.2020 von <https://www.ikz.de/heizungstechnik/news/detail/eis-fuer-die-heizung/>.
- Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung** (2010): *Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien*.
- Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas** (2014): *Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg.
- kea** (2016): „CO₂-Emissionsfaktoren“.
- LfStat** (2020): „Demographiespiegel: Gemeinde, Bevölkerung, Geschlecht, Stichtage“.
- LfStat** (2018a): „Fläche: Gemeinde, Fläche (ALKIS), Art der tatsächlichen Nutzung (6) , Jahre“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfStat** (2018b): „Fortschreibung des Bevölkerungsstandes: Bevölkerung , Altersgruppen (9), Geschlecht, Stichtag“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfStat** (2018c): „Fortschreibung des Bevölkerungsstandes (Bevölkerung: Gemeinden, Stichtage)“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfStat** (2018d): „Gebäude- und Wohnungsbestand: Gemeinde, Wohngebäude, Wohnungen, Wohnfläche, Stichtage“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfStat** (2018e): „Landwirtschaftszählung: Gemeinde, Betriebe mit Viehhaltung, Viehbestand, Tierarten, Stichtag“. Abgerufen am 24.08.2018 von <https://www.statistikdaten.bayern.de>.
- LfU** (2020a): „Energie-Atlas Bayern. Solarenergie Potenzial“. Abgerufen am 09.07.2020 von

<https://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?wicket-crypt=LHswVCBxjh0&wicket-crypt=AehmefctV2Y>.

LfU (2019a): „Energieatlas Bayern. Solarenergie“.

LfU (2019b): „Neubaupotenzial an bestehenden Querbauwerken -Energieatlas Bayern“. Abgerufen am 06.10.2017 von <https://www.energieatlas.bayern.de/>.

LfU (2020b): „Oberflächennahe Geothermie“. Abgerufen am 11.05.2020 von https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_107_oberflaechennahe_geothermie.pdf.

Rogelj, Joeri; Den Elzen, Michel; Höhne, Niklas; u. a. (2016): „Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C“. In: *Nature*. Nature Publishing Group 534 (7609), S. 631.

StMUG; StMWIVT; OBB (2010): *Leitfaden Energienutzungsplan*.

StMWi (2017a): „Abwärmeinformationsbörse“. Abgerufen am 18.04.2018 von https://www.energieatlas.bayern.de/thema_abwaerme/abwaermeinformationsboerse.html.

StMWi (2017b): „Glossar des Energieatlas Bayern“. Abgerufen am 02.02.2018 von <https://www.energieatlas.bayern.de/glossar/w-z/waermebelegungsdichte.html>.

StMWi (2017c): „Pressemitteilung: Bayerische Staatsregierung beschließt Verordnung über Gebote für Photovoltaik-Freiflächenanlagen“. Abgerufen am 14.12.2017 von <http://www.bayern.de>.

Strohm, Kathrin; Schweinle, Jörg; Liesebach, Mirko; u. a. (2012): *Kurzumtriebsplantagen aus ökologischer und ökonomischer Sicht*. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie.

UBA (2017): „Stromsparen: weniger Kosten, weniger Kraftwerke, weniger CO2 Fakten und Argumente für das Handeln auf der Verbraucherseite“. Abgerufen am 21.09.2017 von <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3191.pdf>.

Umweltbundesamt (2018): *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990-2017*.

vbw (2012): *Energetische Gebäudesanierung in Bayern - Stand 2012*.

Verein Deutscher Ingenieure (2012): *VDI 2067*.