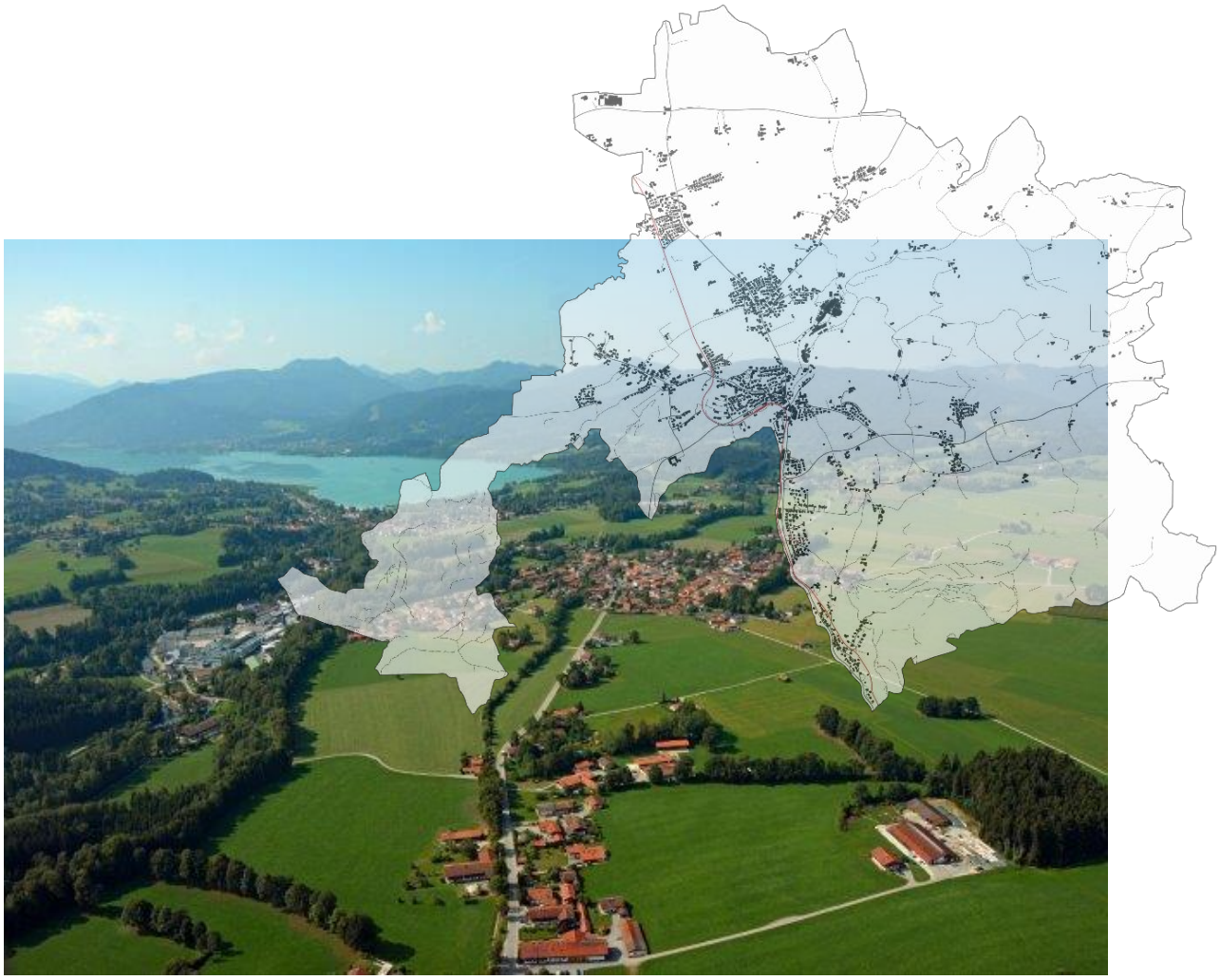
ENERGIENUTZUNGSPLAN

GEMEINDE GMUND AM TEGERNSEE



ENERGIEWENDE OBERLAND - KOMPETENZZENTRUM ENERGIE EKO E.V.

Auftraggeber

Gemeinde Gmund

Auftragnehmer

EWO-Kompetenzzentrum Energie EKO e.V., Penzberg

Dank

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

Bei der Erstellung des Energienutzungsplans haben dankenswerter Weise der AK Energie der Gemeinde Gmund sowie Frau Maleen Holm, Architektin von Ingenieurbüro Holm mitgewirkt.

Titelbild

Foto: Gemeinde Gmund

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

Jahr: 2021

Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Inhalt

Abbildungsverzeichnis ..... **V**

Tabellenverzeichnis ..... **VIII**

Abkürzungen ..... **IX**

Vorwort ..... **X**

1 Einleitung **12**

1.1 Ausgangslage 13

1.1.1 Übersicht Gmund am Tegernsee 13

1.1.2 Demographie 14

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 22

2.2 Wärme 24

2.3 Gebäudebestand und Wärmekataster 27

2.4 Kommunale Liegenschaften – Energie-Benchmarking 28

2.4.1 Spezifischer Stromverbrauch 29

2.4.2 Gesamter und spezifischer Heizenergieverbrauch 30

2.5 Primärenergiebedarf 31

2.6 CO_2- Bilanz 32

2.7 Vergleichende Betrachtung 33

3 Potenzialanalyse **35**

3.1 Energieeinsparpotenziale bis 2035 35

3.1.1 Einsparpotenziale Strom 36

3.1.2 Wärmeeinsparpotenziale im Gebäudebestand 37

3.1.3 Effizienz in der Energieerzeugung 40

3.2 Regenerative Energieerzeugungspotenziale 41

3.2.1 Solarenergie (Dachflächen) 41

3.2.2 Freiflächen-Photovoltaik 45

3.2.3 Bioenergie aus Land- und Forstwirtschaft 47
3.2.4 Windenergie 53
3.2.5 Wasserkraft 55
3.2.6 Oberflächennahe Geothermie 56
3.2.7 Tiefengeothermie 63
3.3 Abwärmepotenziale 64
3.4 E-Mobilität 65
4 Konzeptentwicklung 66
4.1 Handlungsbedarf und Handlungsoptionen 66
4.1.1 Strom 66
4.1.2 Wärme 68
4.1.3 Ausbauszenario Erneuerbare Energien 71
4.2 Wirtschaftliche Bewertung EE-Ausbau 76
5 Maßnahmenempfehlungen für Gmund 78
5.1 Kommunale Liegenschaften 79
5.1.1 PV Anlage Bauhof 80
5.1.2 PV-Anlage Kläranlage 80
5.1.3 PV-Anlage Pius Kinderkrippe 81
5.1.4 Pius Kindergarten 81
5.1.5 Photovoltaik auf kommunalen Wohngebäuden 82
5.1.6 PV-Anlage auf der Viehzuchthalle mit E-Ladesäulen 84
5.1.7 PV-Carport am Parkplatz Strandbad 85
5.1.8 Einführung kommunales Energiemanagements (KEM) 85
5.1.9 VHS-Gebäude in Dürnbach 86
5.1.10 Strandbad Seeglas 86
5.1.11 Grundschule Gmund und Turnhalle 87
5.1.12 Rathaus 88
5.2 Maßnahmen für Bürgerinnen und Bürger 89
5.2.1 Ausbau Wärmeverbund an der Hirschbergstrasse 89
5.2.2 Energiekarawane Gmund 90
5.2.3 Thermographie-Spaziergang 91

5.2.4 Austauschaktion „ältester Heizkessel“ 92
5.3 Sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde 93
5.3.1 Handlungsoptionen für CO_2-neutrale Neubaugebiete 93
5.3.2 Machbarkeitsstudie Wärmenetz aus Abwärme 95
5.3.3 Klimaschutz im Gemeindebote 97
5.3.4 Gründung Energie-Effizienz-Netzwerk für Hotels und Gastätten 97
5.3.5 Dachintegrierte PV-Anlagen / Solardachziegel 98
5.3.6 Heizungstausch-Offensive – welches Heizsystem ist das richtige? 99
5.4 Übersicht der Maßnahmen 102
6 Fördermittel und Finanzierung für Energieprojekte 104
6.1 PV-Speicher Programm 104
6.2 Verbraucherzentrale Bayern 105
6.3 KfW-Programme 151/152 und 430 Energieeffizient Sanieren 105
6.4 Programme für Unternehmen 106
6.5 Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) 107
7 Anhang 111
8 Literaturverzeichnis 114

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Übersicht über das Gemeindegebiet von Gmund am Tegernsee. 13
Abbildung 1-2: Entwicklung der Bevölkerungszahl in Gmund von 1960-2018 und Vorausberechnung für den 31.12.2035 (LfStat 2020c). 14
Abbildung 1-3: Bevölkerungsentwicklung nach Altersgruppen in Gmund (LfStat 2020a). 14
Abbildung 1-4: Übersicht der Flächennutzung gemäß amtlichem Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) in Gmund (LfStat 2020b). 15
Abbildung 1-5: Entwicklung der Wohnfläche in Gmund am Tegernsee (LfStat 2020d). 16
Abbildung 1-6: Darstellung aller Schutzgebietskategorien in Gmund am Tegernsee. 17
Abbildung 1-7: Klimaveränderungen im Oberland dargestellt anhand langjähriger Klimaveränderungen gemessen am meteorologische. Observatorium Hohenpeißenberg (DWD 2018). 18
Abbildung 2-1: Endenergieverbrauch nach Sektoren: Mobilität, Strom, Wärme. 20
Abbildung 2-2: Endenergiebilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2018/2019 in Gmund. 21
Abbildung 2-3: Aufteilung des Netzabsatzes in Gmund nach Sektoren (ohne Papierfabriken) im Jahr 2016 (Bayernwerk AG 2018a). 22
Abbildung 2-4: Gegenüberstellung von Netzbezug (links) und -einspeisung sowie die Zusammensetzung der Energieträger (rechts) (E-Werk Tegernsee 2019, Bayernwerk AG 2018a). 23
Abbildung 2-5: Einspeisemengen nach Erzeugungsform 2015-2018 (Bayernwerk AG 2018b). 23
Abbildung 2-6: Räumliche Darstellung der bestehenden erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen (Strom) in Gmund. Die Höhe der Balken orientiert sich an der installierten Anlagenleistung . 24
Abbildung 2-7: "Heatmap": Darstsellung der Wärmebedarfsdichten in Gmund. Links: Mit Papierfabriken. Rechts: Ohne Papierfabriken. 25
Abbildung 2-8: Ermittelter Energiemix Wärme (Endenergie) in Gmund (2018/19). 25
Abbildung 2-9: Exemplarischer Ausschnitt aus dem gebäudescharfen Wärmekataster von Gmund [kWh/a]. 27
Abbildung 2-10: Exemplarischer Ausschnitt aus der Wärmedichtekarte von Gmund [MWh/(ha*a)]. 27
Abbildung 2-11: Spezifischer Stromverbrauch der Nicht-Wohngebäude der kommunaler Liegenschaften 2015-2017 (* 2019) im Vergleich zum dena-Verbrauchskennwert. 29
Abbildung 2-12: Anteil der Energieträger am gesamten Heizwärmeverbrauch kommunaler Liegenschaften 2015. 30
Abbildung 2-13: Spezifischer Heizenergieverbrauch (witterungsbereinigt) der Nicht-Wohngebäude der kommunaler Liegenschaften 2016/17 (* 2019) im Vergleich zum dena-Verbrauchskennwert. 31
Abbildung 2-14: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern in Gmund 2018/19. 31
Abbildung 2-15: CO2-Bilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2018/19 in Gmund. 33
Abbildung 3-1: Übersicht der Betrachtungsebenen von Energiepotenziale (StMUG u. a. 2011). 35
Abbildung 3-2: Mögliche Wärmebedarfsentwicklung bei Sanierungsquoten von 1 % und 2 % bis zum Jahr 2035 in Gmund (ohne Papierfabriken). 40

Abbildung 3-3: Ausschnitt des LoD2-Gebäudemodells in Gmund (Basiskarte: OpenStreetMap.org). 42
Abbildung 3-4: Durch Korrektur der Globalstrahlungsdaten nach Neigung und Ausrichtung ist für jede Dachfläche die verfügbare Globalstrahlung bekannt (Hofer u. a. 2016). 43
Abbildung 3-5: Verlauf der Bahnlinie im Gemeindegebiet von Gmund mit 200-m Korridor und Schutzgebieten. 46
Abbildung 3-6: Eigentumsverhältnisse Forst im Gemeindegebiet von Gmund. 48
Abbildung 3-7: Bereits genutzes und zusätzlich nachaltig nutzbares Potenzial nach derzeitiger Sortierungspraxis in den Privat-/Körperschafts auf dem Gemeindegebiet von Gmund. 49
Abbildung 3-8: Die sich aus dem Nutztierbestand in Gmund ergebenden Biogaspotenziale. 51
Abbildung 3-9: Beispiele für alternative Biogassubstrate: Sida (1) und Riesenweizengras (2), mit denen jeweils hohe Biogaserträge erzielt werden können (Biogas Forum Bayern 2017). 52
Abbildung 3-10: Gebietskulisse Windkraft Gemeindegebiet Gmud. 53
Abbildung 3-11: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 130 m Höhe über Grund. 54
Abbildung 3-12: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 10 m Höhe über Grund. 55
Abbildung 3-13: Gewässerkulisse von Gmund. 56
Abbildung 3-14: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmekollektoren im Gemeindegebiet Gmund. 59
Abbildung 3-15: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden im Siedlungsgebiet von Gmund. 60
Abbildung 3-16: Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen im Siedlungsbereich von Gmund. 61
Abbildung 3-17: Beispielansicht eines Erdwärmekorbs. 62
Abbildung 3-18: Das Prinzip von Energiepfählen (www.baunetzwissen.de). 62
Abbildung 3-19: Gebiete in Bayern mit günstigen geologischen Verhältnissen zur Energiegewinnung. 63
Abbildung 3-20: 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. 65
Abbildung 4-1: Anteil des in Gmund erneuerbar erzeugten Stroms am Gesamtstrombezug und der fossilen Stromerzeugung 2018. 66
Abbildung 4-2: Ist-Stand (2018) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in Gmund im Vergleich zum Gesamtverbrauch 2018 bzw. zum Verbrauch 2018 unberücksichtigt der Papierfabriken und Szenarien dazu. 68
Abbildung 4-3: Erneuerbarer und fossiler Anteil der Wärmeversorgung im Jahr 2019 in Gmund. 68
Abbildung 4-4: Ist-Stand (2016) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in Gmund. 70
Abbildung 4-5: Ausbaupfad bis 2035 für eine zukünftige Stromversorgung in Gmund. 72
Abbildung 4-6: Ausbaupfad für eine zukünftige Wärmeversorgung in Gmund. 73
Abbildung 4-7: Möglicher Beitrag zum Klimaschutz im Wärme- und Stromsektor bei Realisierung der oben dargestellten Szenarien in Gmund. 74

Abbildung 4-8: Summe der Gesamtkosten 2018/2019 für Wärme und Strom in Gmund. 76
Abbildung 4-9: Regionale Wertschöpfung in 2018/2019 und 2035 durch erneuerbare Energien entsprechend der Szenarien..... 77
Abbildung 5-1: Ablaufschema bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen..... 79
Abbildung 5-2: Geeignete Dachfläche für eine PV-Anlage auf dem Bauhofgebäude. 80
Abbildung 5-3: PV-Anlage Kläranlage. 80
Abbildung 5-4: Einstrahlungsmengen im Jahresverlauf (https://www.solarstromerzeugung.de/grundlagen/sonnenlicht/). 81
Abbildung 5-5: PV-Anlage auf dem Süddach des Kindergartens. 82
Abbildung 5-6: Beispiel und Prinzip des Aqua-Systems (www.paradigma.de). 82
Abbildung 5-7: Konventionelle Stromlieferung vs. Mieterstrommodell. 83
Abbildung 5-8: Die neue Viehzuchthalle in Gmund. 84
Abbildung 5-9: Geeignete Fläche (links) & Beispiel eines PV-Carports (solar-prinz.de) (rechts)..... 85
Abbildung 5-10: Einstrahlungsintensität auaf den Dachflächen des Strandbad Seeglas im Solarpotenzialkataster (Landratsamt Miesbach 2021). 87
Abbildung 5-11: Warmwasser-Wärmepumpe (www.baunetzwissen.de)..... 88
Abbildung 5-12: Wärmebild der Unterstation der Warmwasserverteilung 88
Abbildung 5-13: Entwicklung der Vollkosten je MWh Nutzwärme für die unterschiedlichen Energieträger durch Einführung der CO2-Besteuerung (Basis: Carmen e.V. und eigene Berechnung). . 96
Abbildung 5-14: Beispiele für eine dachintegrierte PV-Anlage in Dürnbach (links) und Solardachziegel (https://www.autarq.com) (rechts). 98
Abbildung 5-15: Ausschnitt aus dem Solarpotenzialkataster des Landkreises Miesbach (https://www.solare-stadt.de/kreis-miesbach/). 99
Abbildung 5-16: Energiestandards von Gebäuden [kWh/m²*a]. 100
Abbildung 6-1: KfW- ffizienzhaus-Standards (dena). 105

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Primärenergiebedarf in Gmund im Jahr 2018/19 nach Energieträgern und zughörige Primärenergiefaktoren nach GEG 2020. 32

Tabelle 2-2: CO_2-Äquivalente der jeweiligen Energieträger [kg/MWh] (GEG 2020; Umweltbundesamt 2018) 32

Tabelle 2-3: Einwohnerspzifischer Vergleich der Endenergie- und CO_2-Bilanz 2016 (E-Werk Tegernsee 2019; LfStat 2018d, 2018c). 34

Tabelle 3-1: Wärmedichtekarte mit den Sanierungsschwerpunkten (blaue Ellipsen) in den jeweiligen Ortsteilen. 38

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). 37

Tabelle 3-3: Übersicht über das PV-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Gmund. 44

Tabelle 3-4: Übersicht über das ST-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Gmund. 45

Tabelle 3-5: Berechnungsgrundlage zur Abschätzung des Biogaspotenzials in Gmund (FNR 2014). 50

Tabelle 5-1: Simualtionsergebnisse für 10, 20 und 30 Ladungen pro Tag mit und ohne Batteriespeicher. . 84

Tabelle 5-2: Umfang der Förderungen im KfW-Programm 151/152. 100

Tabelle 5-3: Entscheidungsmatrix für Heizsysteme in Ein- und Zweifamilienhäusern. 101

Tabelle 6-1: Energieberatungsangebot der Verbraucherzentrale Bayern. 105

Abkürzungen

ALKIS	**A**mtliches **L**iegenschafts**k**ataster**i**nformations**s**ystem
LWF	**B**ayerische Landesanstalt für **W**ald und **F**orstwirtschaft
BAFA	**B**undes**a**mt **f**ür Wirtschaft und **A**usfuhrkontrolle
BImSchG	**B**undesimmissions**sch**utz**g**esetz
BSW	**B**undesverband **S**olarwirtschaft e.V.
BWE	**B**undesverband **W**ind **E**nergie
CO_2	Kohlenstoffdioxid
dena	**D**eutsche **EN**ergie **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.
ENP	**E**nergie**n**utzungs**p**lan
EW	**E**in**w**ohner
EWO	**E**nergie**w**ende **O**berland
Fm	**F**est**m**eter
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GW	**G**iga**w**att
GWh	Gigawattstunde
INOLA	Innovationen für ein nachhaltiges Land- und Energiemanagement
KBA	**K**raftfahrt-**B**undes**a**mt
KfW	**K**reditanstalt **f**ür **W**iederaufbau
KU	**K**ommunal**u**nternehmen
kW	**K**ilo**w**att
kWh	Kilowattstunde
LfL	Bayerische **L**andesanstalt **f**ür **L**andwirtschaft
LfU	**L**andesamt **f**ür **U**mweltschutz
LfStat	Bayerisches **L**andesamt **f**ür **Stat**istik
LMU	**L**udwigs-**M**aximilians-**U**niversität München
m²	Quadratmeter
MW	**M**ega**w**att
MWh	Megawattstunde
PV	**P**hoto**v**oltaik
SMG	**S**tandort **Ma**rketing **G**esellschaft Miesbach
Srm	**S**chütt**r**aum**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**ngenieure

Vorwort

Sehr geehrte Mitbürgerinnen und Mitbürger,

Unsere Gemeinde ist bereits im Jahr 2006 der Bürgerstiftung Energiewende Oberland beigetreten. Damit wurde frühzeitig schon das Ziel festgelegt, bis zum Jahr 2035 unabhängig von fossilen Energieträgern zu werden.

Ein Blick in die Geschichte unseres Ortes zeigt, dass die Anfänge der gewerblichen Papierherstellung auch ohne Kohle, Öl und Gas gemacht wurden: Zunächst wurde die Wasserkraft wie in vielen anderen Orten auch mechanisch genutzt, im Jahr 1889 ist eine erste elektrische Wasserkraftanlage im Mühltal errichtet worden. Damit konnten ganzjährig Holzfasern gemahlen und daraus Papier hergestellt werden. Im Bereich Wärmeversorgung war Holz der einzig verfügbare Brennstoff. Wer Waldbesitzer war konnte sich und seiner Familie meist eine warme Stube bieten. Die Pechkohle aus der Region war zum Heizen für die Landbevölkerung lange Zeit unerschwinglich. Kälte und Frost waren jedoch im Winterhalbjahr für viele unserer Vorfahren ständige Begleiter.

Dank der zuverlässigen Versorgung mit Öl und Gas können wir nun seit über 50 Jahren unsere Häuser komfortabel beheizen und haben bei Bedarf jederzeit warmes Wasser zur Verfügung. Doch diese Art der Energieversorgung hat auch Nachteile, die zwar vor Ort noch nicht in ihrer vollen Tragweite spürbar sind, global gesehen jedoch durch den Ausstoß von zusätzlichem Kohlendioxid schon jetzt großen Schaden anrichten.

Mit den ersten Schritten zur elektrischen Beleuchtung durch eine Wasserkraftanlage brachte Carl Miller innovative Technologie ins Tegernseer Tal. Für unsere Vorfahren war die Einführung dieser Technologie eine wesentliche Erleichterung vor allem in den Wintermonaten. Heute wird für die Beleuchtung von Straßen und Gebäuden nur noch ein Bruchteil des gesamten Stromverbrauchs verwendet. Denn unzählige Elektrogeräte sorgen für immer höhere Verbräuche. Mittlerweile wird das Stromnetz europaweit organisiert, so dass jederzeit genügend Strom zur Verfügung steht.

Mit der Erstellung dieses Energienutzungsplans soll der Weg aufgezeigt werden, wie eine nachhaltige Energieversorgung in den Bereichen Wärme und Strom aussehen kann. Zusammen mit unseren Mitarbeitern/-innen im Rathaus, ansässigen Firmen, Handwerksbetrieben, Bürger/-innen, sowie Vertretern der Forst- und Landwirtschaft wurden vom EWO-Kompetenzzentrum Energie aus Penzberg zahlreiche Ideen gesammelt und Vorschläge erarbeitet wie die Gemeinde Gmund am Tegernsee die Energieversorgung nachhaltig sicherstellen kann.

Für uns besteht die Herausforderung, einen Weg einzuschlagen, der unsere Region zukunftsfähig erhält und dennoch die Vorteile einer modernen regenerativen Energieversorgung nutzt. Wir als Gemeindeverwaltung versuchen dies im Rahmen unserer Möglichkeiten bei den kommunalen Liegenschaften. Nehmen auch Sie diesen Bericht zum Anlass, um weitere Maßnahmen der Energiewende vor Ort umzusetzen.

Alfons Besel
1. Bürgermeister

1 Einleitung

Der vorliegende Energienutzungsplan stellt eine umfassende Analyse des Ist-Standes der Energiewende in der Gemeinde Gmund am Tegernsee 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. Vor allem in der Wärmewende gibt es großen Handlungsbedarf.

Als Tourismusregion steht das Tegernseer Tal vor der besonderen Herausforderung, die attraktive Landschaft und deren Kommunen naturverträglich zu gestalten und dennoch den Ausbau erneuerbarer Energien voran zu treiben. Hätten die Generationen im vergangenen Jahrhundert jedoch lediglich auf das Bewahren der Ist-Situation bestanden, wäre das Tal heute nicht so gut erschlossen und damit wirtschaftlich wesentlich schwächer. Bei der zukünftigen Gestaltung von Gebäuden wird die Energiewende sichtbar sein, was die Attraktivität der Region nicht zwingend mindert.

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 Gmund 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 Gmund ist deshalb die Erfassung folgender Rahmendaten:

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

Diesen Kapiteln vorangestellt ist eine kurze Übersicht über die Gemeinde Gmund am Tegernsee.

1.1.1 Übersicht Gmund am Tegernsee

Gmund liegt am nördlichen Ufer des Tegernsees, wo sich auch der Ursprung der Mangall befindet. Neben der Mangall, welche das Gemeindegebiet einmal mittig durchzieht, bilden weitere kleinere Bäche ein eng gestricktes Gewässernetz. Gmund ist eine kreisangehörige Gemeinde des Landkreises Miesbach im Regierungsbezirk Oberbayern. Die Landschaft verdankt ihrer Entstehung der Tegernseer Zunge des Inntalgletschers und den daraus resultierenden Schmelzvorgängen des Gletschereises. Die Gemeindefläche beträgt 34,4 km², wovon knapp die Hälfte landwirtschaftlich genutzt wird (Abbildung 1-1). Die besiedelte Fläche von 8,6% verteilt sich durch kleinere Ortsteile auf das komplette Untersuchungsgebiet (LfStat 2019).

Nachbarkommunen sind Warngau, Waakirchen, Hausham, Tegernsee, Bad Wiessee und die Kreisstadt Miesbach.

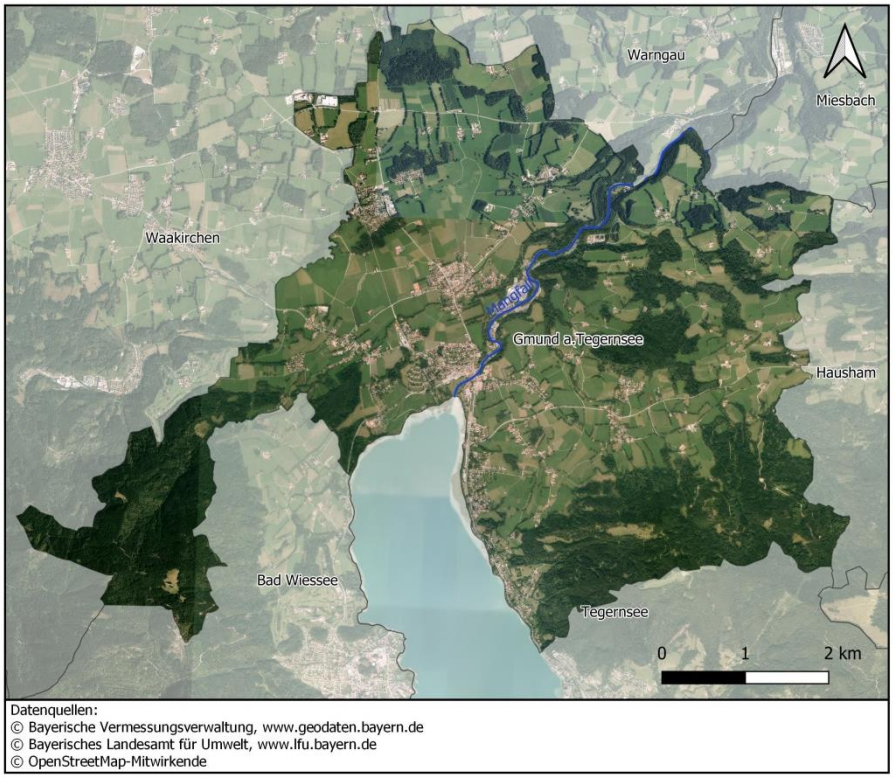


Abbildung 1-1: Übersicht über das Gemeindegebiet von Gmund am Tegernsee.

1.1.2 Demographie

In Gmund leben aktuell 6.089 Einwohner (EW) (Stand: 31.12.2018). Das entspricht einer Bevölkerungsdichte von 177 EW/km². Wie Abbildung 1-2 verdeutlicht, ist die Bevölkerungszahl in den vergangenen Jahrzehnten stetig gewachsen. Im Vergleich zu 1960 stieg sie von 5.045 EW um 21 %. Unter Annahme der Bevölkerungsvorausberechnung des Landesamtes für Statistik für den Landkreis Miesbach (+8,8%) ist mit einem weiteren Anstieg der Einwohnerzahlen bis zum Jahr 2035 auf 6.625 EW zu rechnen (LfStat 2020c).

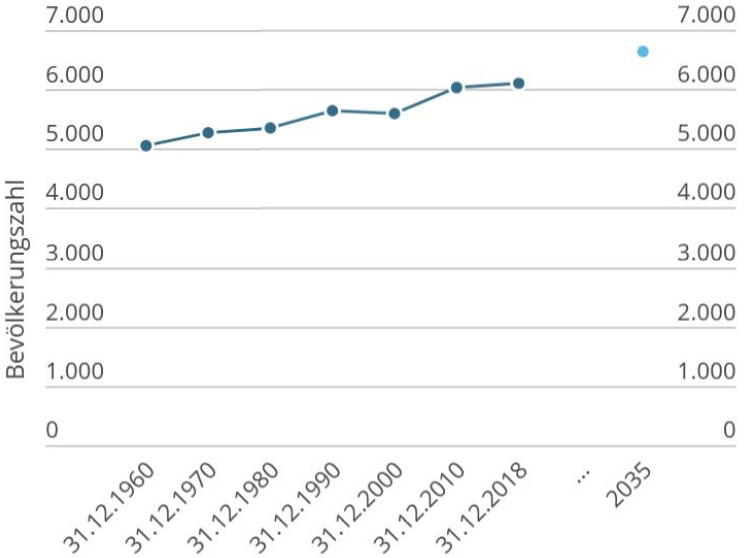


Abbildung 1-2: Entwicklung der Bevölkerungszahl in Gmund von 1960-2018 und Vorausberechnung für den 31.12.2035 (LfStat 2020c).

Auch in der Altersstruktur der Bevölkerung kann beim Vergleich der Jahre 1988 und 2018 ein Wandel festgestellt werden. Aus Abbildung 1-3 ist mit Ausnahme der 6-18 jährigen, eine Abnahme der Einwohnerzahlen der unter 50 Jährigen Altersgruppen in Gmund zu erkennen. Die Klassen „50 bis unter 65“ und „65 oder älter“ stellen nicht nur die mit Abstand stärkste Bevölkerungsgruppen, sondern verzeichnen zusätzlich den prozentual größten Anstieg (LfStat 2020a).

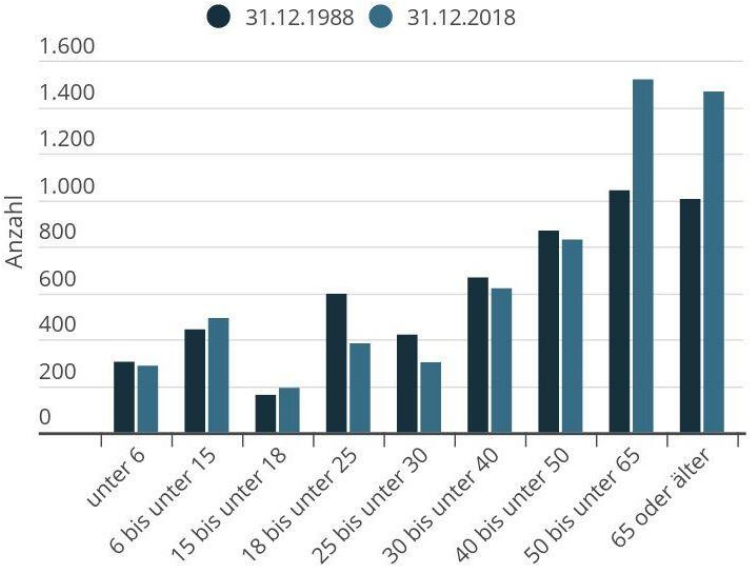


Abbildung 1-3: Bevölkerungsentwicklung nach Altersgruppen in Gmund (LfStat 2020a).

Sowohl das zu erwartende Bevölkerungwachstum als auch der demographische Wandel sind in Bezug auf die Entwicklung von zukünftigen Szenarien oder Kampagnen zu berücksichtigen. Nicht nur wird sich dadurch der Energiebedarf verändern, auch die Zielaltersgruppen und das Entscheidungsverhalten von Akteuren, beispielsweise bei der Gebäudesanierung oder beim Einsatz neuer Technologien, können sich verschieben.

1.1.3 Wirtschaft und Flächennutzung

Die Beschäftigungsquote in Gmund beträgt 65,2 % (Stand 31.12.2017) und ist demnach etwas höher als die des gesamten Landkreises Miesbach (59,5 %) (LfStat 2019). Mit Stand vom 30.06.2017 sind in der Gemeinde Gmund 2.501 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte gemeldet.

Das Produzierende Gewerbe stellt mit einem Anteil von 55,3% den dominierenden Wirtschaftssektor der Beschäftigten in Gmund. Dieser hohe Anteil kann unter anderem durch die anliegende Papierfabrik Louisenthal begründet werden. Mit etwa 700 bis 800 Mitarbeitern am Standort in Gmund bildet diese einen der größten Arbeitgeber in der Region und ist deshalb auch aus energetischer Sicht besonders zu beachten. Den zweitgrößten Bereich bildet der Handel, Verkehr und das Gastgewerbe. Ausschlaggebend sind hierbei zahlreiche Einrichtungen mit einem tendenziell großen Energiebedarf, wie auch die Beherbergungs- und Hotelbetriebe. 11,1 % der Beschäftigten in Gmund arbeiten in der Unternehmensdienstleistung, zudem sind 9,4 % in öffentlichen und privaten Dienstleistungen tätig. Komplementiert wird die Beschäftigungsstatistik mit dem Land- und Forstwirtsektor, welcher lediglich 0,6 % ausmacht.

Durch die kommunalen Bildungs- und Betreuungseinrichtungen, worunter eine Grund- und Mittelschule sowie ein Kindergarten und ein Kinderhort zählen, ergeben sich energetische Handlungsmöglichkeiten, welche im unmittelbaren Wirkungsbereich der Gemeinde liegen. Deshalb wird den **kommunalen Liegenschaften** bei der Erstellung des Energienutzungsplanes besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die Gemeinde hat dort die Umsetzung selbst in der Hand und kann als Vorbild voranschreiten.

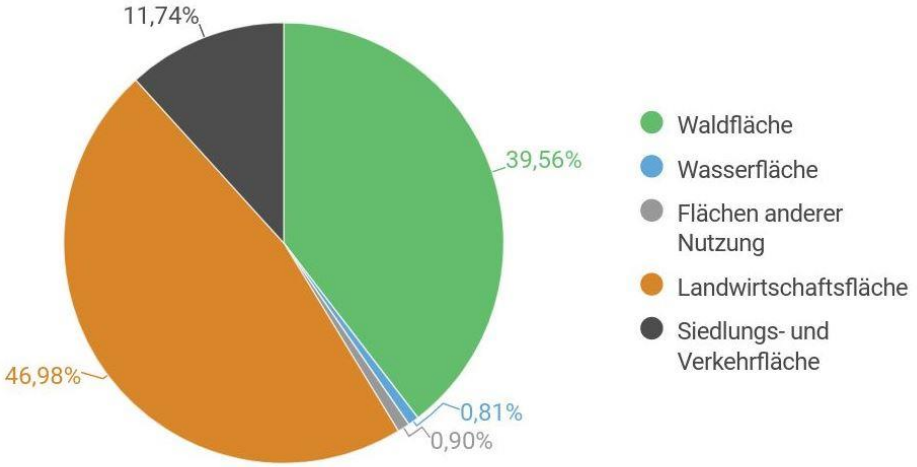


Abbildung 1-4: Übersicht der Flächennutzung gemäß amtlichem Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) in Gmund (LfStat 2020b).

Betrachtet man die **Flächennutzung** (Abbildung 1-4) des gesamten Gemeindegebietes so zeigt sich, dass die Siedlungs- und Verkehrsflächen 12 % der Gesamtfläche ausmachen. Landwirtschaftsflächen (47%) und Waldflächen (39%) nehmen den größten Anteil ein. Mit jeweils etwa einem Prozent spielen die Wasserflächen und Flächen anderer Nutzung im Gemeindegebiet nur eine untergeordnete Rolle. Unter Anbetracht der abnehmenden Zahl an landwirtschaftlichen Betrieben werden sich auch Kulturlandschaft und Flächennutzung verändern (LfStat 2020b). Im Zuge dessen entstehen möglicherweise Flächen, welche unter nachhaltigen Gesichtspunkten für die Erzeugung erneuerbarer Energien genutzt werden können.

Auch die **Wohnbebauung** hat in Gmund in den letzten Jahrzehnten zugenommen (Abbildung 1-5). Wohnfläche und Anzahl der Wohngebäude haben sich nahezu kontinuierlich erhöht. Gleichzeitig steigt die Wohnfläche pro Einwohner, was auf die Zunahme der Einpersonenhaushalte und der zunehmenden Versorgung mit Eigenheimen in Verbindung mit der Tendenz, diese auch im Alter bei schrumpfender Haushaltsgröße beizubehalten, zurückzuführen ist. Heute existieren in Gmund insgesamt 1.506 Wohngebäude mit einer Gesamtwohnfläche von über 308.418 m² (LfStat 2020d). 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 Heizwärmebedarfes pro Einwohner (EW) verbunden. Diese Größen sind für den vorliegenden Energienutzungsplan insbesondere bei der Ermittlung von Einsparmöglichkeiten im Wärmebereich relevant (vgl. Kapitel 3.1.2).

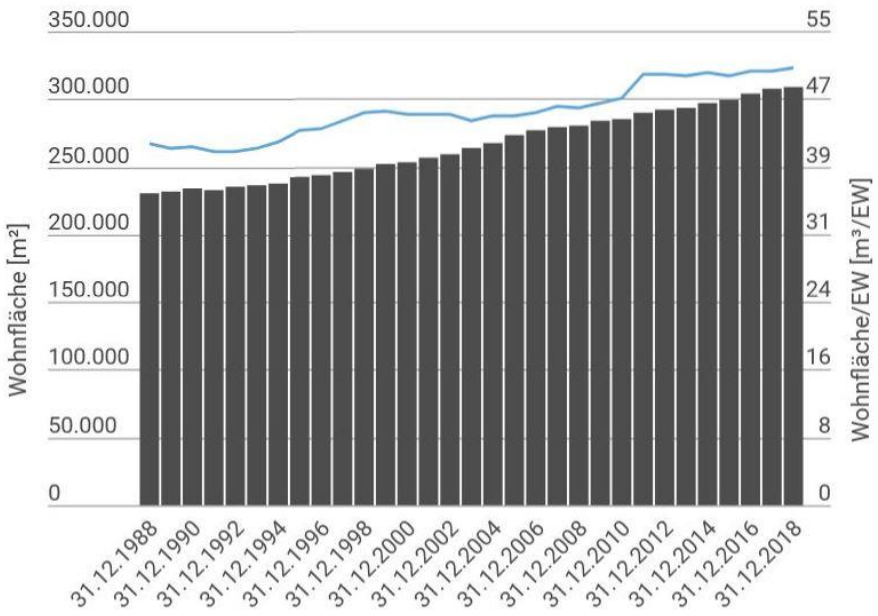


Abbildung 1-5: Entwicklung der Wohnfläche in Gmund am Tegernsee (LfStat 2020d).

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 Maßnahmenvorschlägen die Nutzungsrestriktionen in den verschiedenen rechtsverbindlichen Schutzgebietskategorien (z.B. Natur- oder Wasserschutzgebiete) berücksichtigt werden.

Wie die Übersicht über die Lage aller Schutzgebiete in Gmund in Abbildung 1-6 zeigt, existieren im Gemeindegebiet zahlreiche und großflächige wertvolle und damit besonders schützenswerte Flächen. Die Landschaftsschutzgebiete „Schutz des Tegernsees und Umgebung“ und „Schutz der Egartenlandschaft um Miesbach“ bilden die flächenmäßig am relevantesten Gebiete. Der an den Tegernsee angrenzende südliche Teil der Gemeinde (in roten Linien eingefärbt) stellt ein größräumiges Heilquellenschutzgebiet dar. Das Mangfalltal bezeichnet das wichtigste FFH-Gebiet in der Region. Ebenso beinhaltet das Gemeindegebiet Gmund zwei Trinkwasserschutzgebiete sowie zwei Geotope, welche sich an den Gemeinegrenzen zu Tegernsee und Miesbach befinden. Hinzu kommen mehrere Flachlandbiotope, Alpenbiotope, Ökoflächen, Moore und Bodendenkmäler.

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

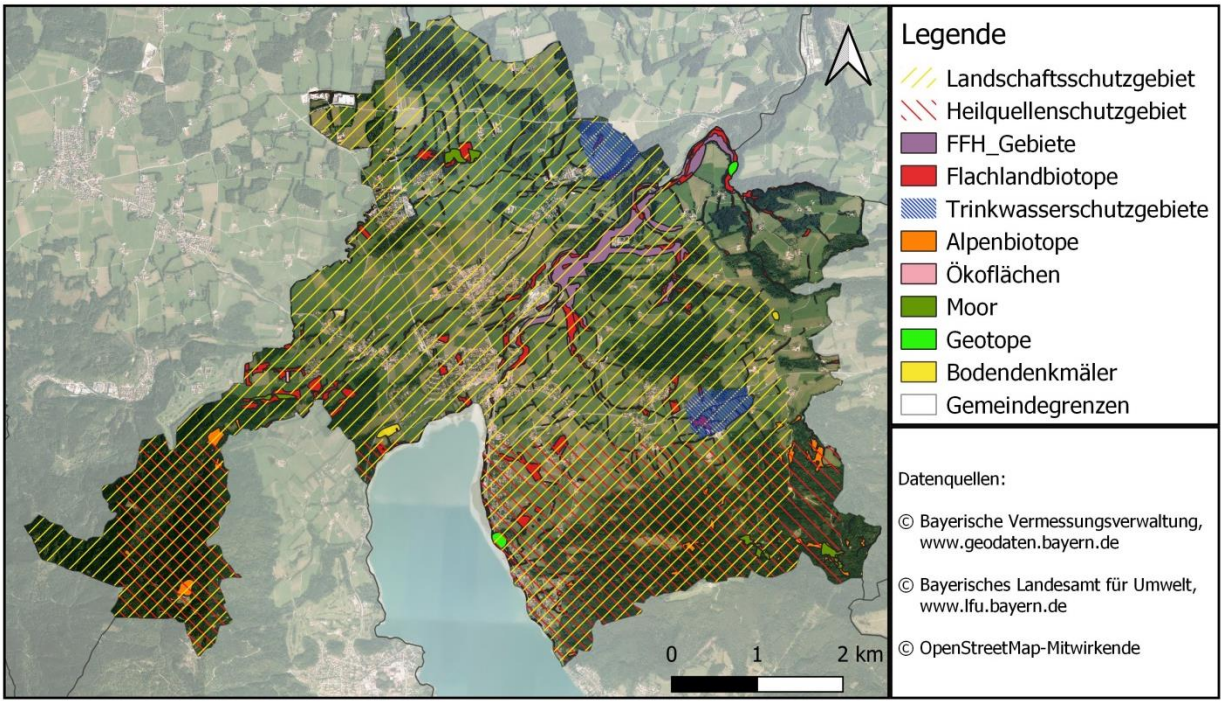


Abbildung 1-6: Darstellung aller Schutzgebietskategorien in Gmund am Tegernsee.

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 Gmund 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 Gmund beträgt im Mittel rund 1.570 h/a, bei einer Globalstrahlung von 1.150 kWh/m² im Jahresmittel (LfU 2020a).

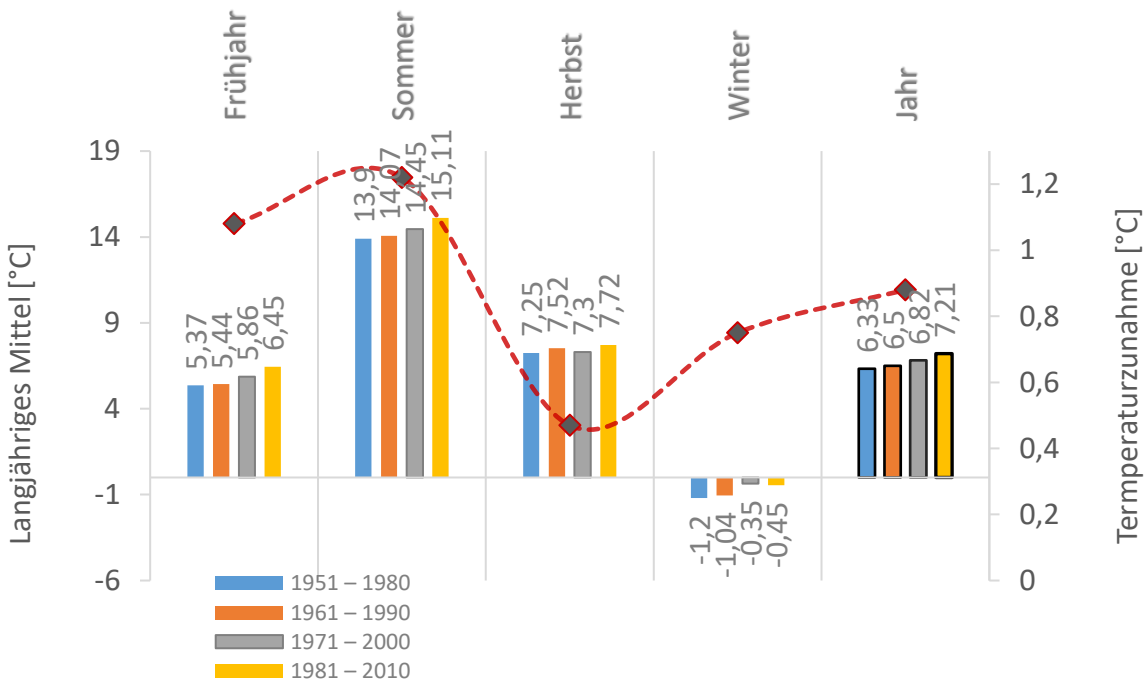


Abbildung 1-7: Klimaveränderungen im Oberland dargestellt anhand langjähriger Klimaveränderungen gemessen am meteorologische. Observatorium Hohenpeißenberg (DWD 2018).

Den Trend zu höheren Temperaturen belegen auch die langjährigen Messungen an der nächstgelegenen Klimastation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) am Hohen Peißenberg (Abbildung 1-7). 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.

Bedingt durch häufige Nordstaulagen sind in Gmund die Jahresniederschlagsmengen mit einem langjährigen Mittel von 1.550 mm pro Jahr insgesamt überdurchschnittlich hoch.

Aus regionalen Messdaten können derzeit noch keine signifikanten Veränderungen bei den Niederschlagsmengen festgestellt werden. Die neuesten Klimaforschungsergebnisse aus der Region gehen für die nächsten Jahrzehnte allerdings von einem Anstieg der Niederschläge um 100 bis 150 mm/a aus (LMU München 2011). Im Allgemeinen ist in Folge des Klimawandels in Zukunft mit länger anhaltenden Wetterlagen, welche sich in Dürre oder Überschwemmungen auswirken können und einer Zunahme von Extremereignissen beispielsweise in Form von Starkniederschlägen zu rechnen.

2 Bestandsanalyse

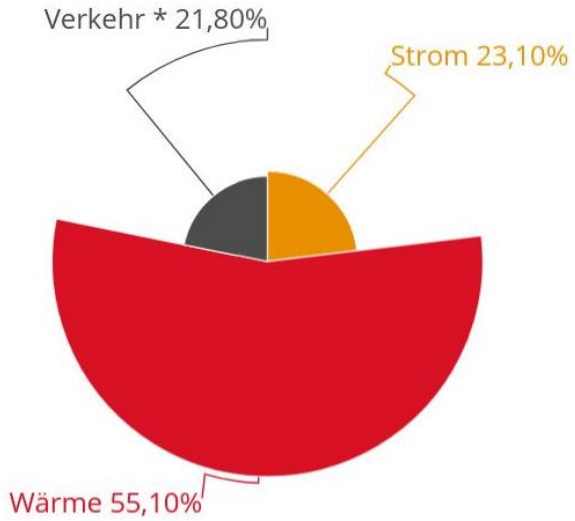
Das Ziel des Energienutzungsplanes Gmund ist die Entwicklung eines ganzheitlichen und nachhaltigen Gesamtkonzepts für die Entwicklung einer Energiestrategie auf kommunaler Ebene. Ist bekannt inwiefern Energiebedarf und -erzeugung sowie die Energiepotenziale räumlich und zeitlich zusammenhängen, kann 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. 2011).

*Als **Endenergie** wird derjenige Teil der ursprünglich eingesetzten Primärenergie bezeichnet, der vom Verbraucher abzüglich der Transport- und Umwandlungsverluste genutzt werden kann.*

Zum Beispiel werden folgende Energiemengen als Endenergie bezeichnet:
Strom aus der Steckdose für Elektrogeräte oder Beleuchtung, Erdgas oder Holzpellets für Heizungsanlagen oder Biogas aus einer Biogasanlage für Heizungsanlagen.

*Dem Endverbraucher steht schließlich die **Nutzenergie** beispielsweise in Form von Beleuchtung, Raumheizwärme oder Prozesswärme zur Verfügung.*

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.



** nur motorisierter Individualverkehr bilanziert nach Kraftfahrzeugbestand Gmund (KBA 2017).*

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

Aus Abbildung 2-1 wird deutlich, dass in Summe in Gmund über die Hälfte der Endenergie zur Bereitstellung von Wärme benötigt wird. Rund 23 % entfallen auf den Verbrauch elektrischer Energie. Der zweitgrößte Anteil ist mit 22 % am Gesamtendenergiebedarf durch den Verbrauch von Treibstoffen (Benzin und Diesel) dem Sektor Verkehr zuzuordnen. Die Papierfabriken in Gmund sind sehr große Energieverbraucher, wodurch es zu einer Verzerrung der Darstellung kommt. Lässt man die Papierfabriken unberücksichtigt, so verschieben sich die Verhältnisse hin zu 53 % Wärme, 33 % Verkehr und 14 % Strom.

Die energieintensiven Gewerbebetriebe spiegeln sich auch in der Aufteilung der Endenergieverbräuche nach Verbrauchssektoren wieder (Abbildung 2-2). Fast 70 % der verbrauchten Endenergerie in Form von Strom und Wärme werden durch diese verbraucht. Auf die privaten Haushalte entfallen 8,6 %, auf die kommunalen Liegenschaften mindestens 0,6 %.

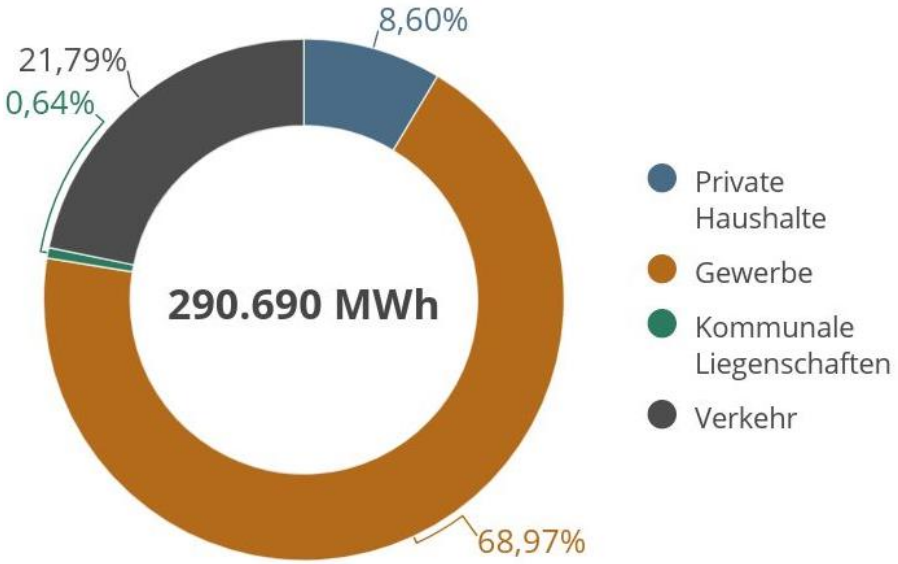


Abbildung 2-2: Endenergiebilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2018/2019 in Gmund.

Bei einem gleichbleibenden Anstieg des motorisierten Individualverkehrs ist davon auszugehen, dass sich in Gmund der verkehrsbedingte Anteil am Endenergieverbrauch entsprechend erhöhen wird. Mit Stand vom 01.01.2017 waren in der Gemeinde Gmund insgesamt 4.577 PKWs und LKWs gemeldet, die insgesamt 63.352 MWh Energie verbrauchten. Neben der Verkehrsvermeidung ist E-Mobilität derzeit eine vielversprechende Option den verkehrsbedingten Ausstoß von Treibhausgasen, Stickoxiden und Feinstaub zu reduzieren - vorausgestezt, 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 Gmund liegen für das Jahr 2018 vor. Demnach beläuft sich der Gesamtnetzabsatz auf 36.320 MWh (ausgenommen der sehr energieintensiven Papierfabriken) (Bayernwerk AG 2018b; E-Werk Tegernsee 2019). Pro Einwohner (EW) entspricht dies einem Verbrauch von 5.965 kWh pro Jahr. Gelingt der von der Bundesregierung im Bereich der Mobilität angestrebte Umstieg vom Verbrennungs- zum E-Motor, muss perspektivisch mit einem steigenden Stromverbrauch gerechnet werden. Aus Abbildung 2-3 ist zu erkennen, dass die Gewerbebetriebe mit knapp 70 % den Hauptanteil des Netzabsatzes ausmachen. Neben den vielen Tourismusbetrieben in Gmund sind in diese ebenfalls die land- und forstwirtschaftlichen Betriebe eingeschlossen. Rund 24 % werden durch die privaten Haushalte verbraucht. Die Straßenbeleuchtung trägt mit 0,5 % zum Stromverbrauch in Gmund bei. Zusätzliche 0,3 % entfallen auf die kommunalen Liegenschaften. Die restlichen Anteile entfallen auf die Bereitstellung von Wärme durch Wärmepumpen, Direktheizungen oder Nachtspeicherzeizungen.

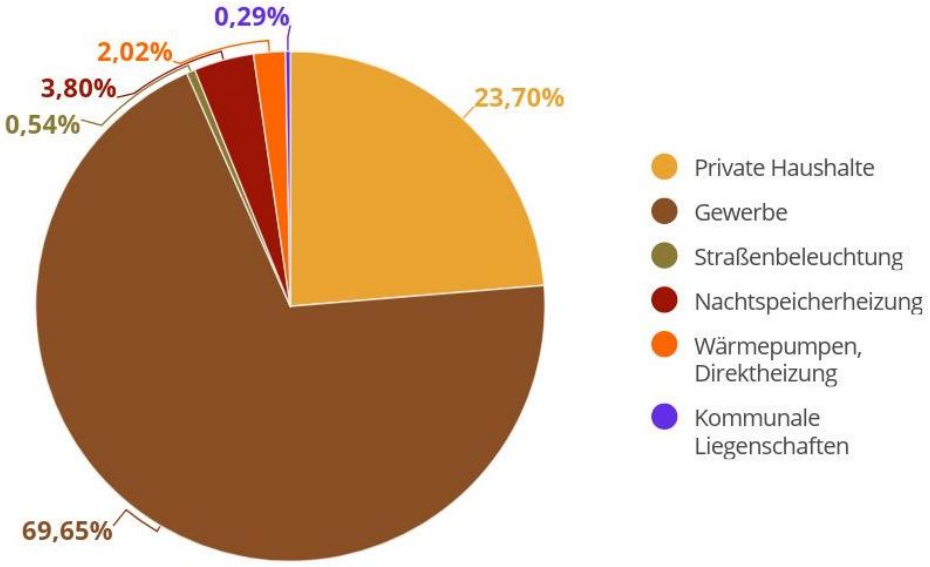


Abbildung 2-3: Aufteilung des Netzabsatzes in Gmund nach Sektoren (ohne Papierfabriken) im Jahr 2016 (Bayernwerk AG 2018a).

Stromerzeugung

Im Jahr 2018 wurden in der Gemeinde Gmund durch Wasserkraft-, PV-, Biomasse- und BHKW-Anlagen Strom erzeugt. Vor Ort konnten 6.432 MWh Strom ins Netz eingespeist werden, 5.000 MWh davon aus den regenerativen Erzeugungsanlagen. In Relation zum Gesamtstromverbrauch entspricht dies einer Deckung von 7,4 % durch vor Ort erzeugten erneuerbaren Strom (Abbildung 2-4). Zählt man die Erzeugung aus BHKWs hinzu, beträgt die bilanzielle Deckung 9,6 %. Ausgenommen des Netzbezugs der Papierfabriken, können durch den vor Ort erzeugten Strom bilanziell 17,7 % bzw. allein durch erneuerbaren Strom

13,8 % gedeckt werden. Der größte Anteil davon wird durch die Wassekraftanlagen erzeugt. Die hauptsächlich auf privaten Wohgebäuden installierten Photovoltaikanlagen tragen zu 37 % und eine Biomasseanlage zu 10 % des vor Ort produzierten Stroms bei (E-Werk Tegernsee 2019). Aufgrund von tages- und jahreszeitlich bedingten Schwankungen bei der erneuerbaren Energieproduktion vor allem bei der Photovoltaik kann der Deckungsgrad allerdings stark variieren. Die restlichen 29 % des vor Ort erzeugten Stroms wurden mittels BHKWs produziert, welche zwar sehr effizient aber meist mit der nicht-erneuerbaren Energiequelle Erdgas betrieben werden.

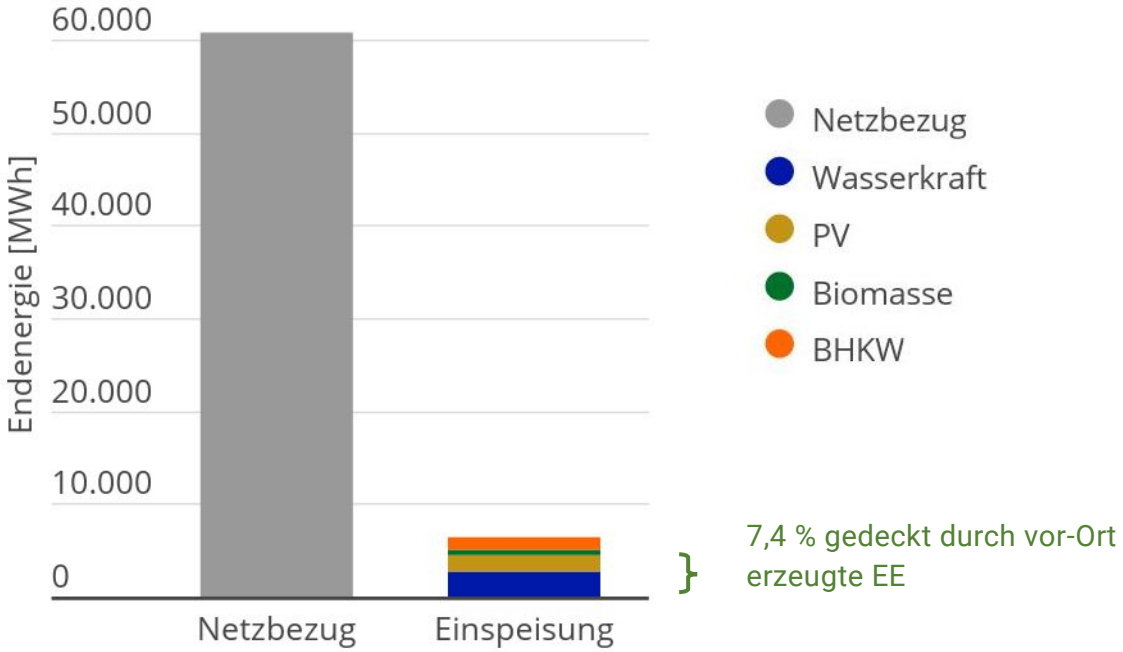


Abbildung 2-4: Gegenüberstellung von Netzbezug (links) und -einspeisung sowie die Zusammensetzung der Energieträger (rechts) (E-Werk Tegernsee 2019, Bayernwerk AG 2018a).

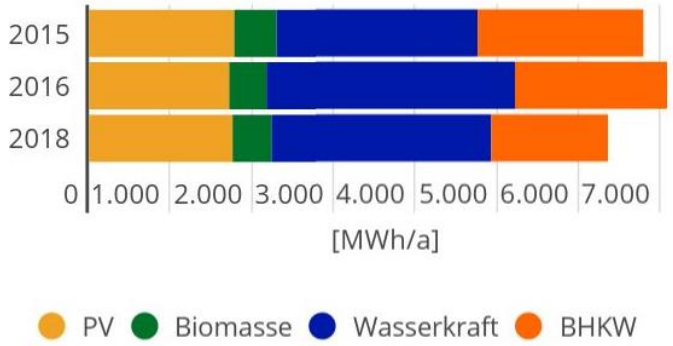


Abbildung 2-5 zeigt die Einspeisemengen der unterschiedlichen Energieträger über die Jahre 2015 bis 2018. Insgesamt erfolgte demnach in den vergangenen Jahren kein erkennbarer Zubau an (erneuerbaren) Energieerzeugungsanlagen in Gmund.

Abbildung 2-5: Einspeisemengen nach Erzeugungsform 2015-2018 (Bayernwerk AG 2018b).

Zur räumlichen Verortung 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.

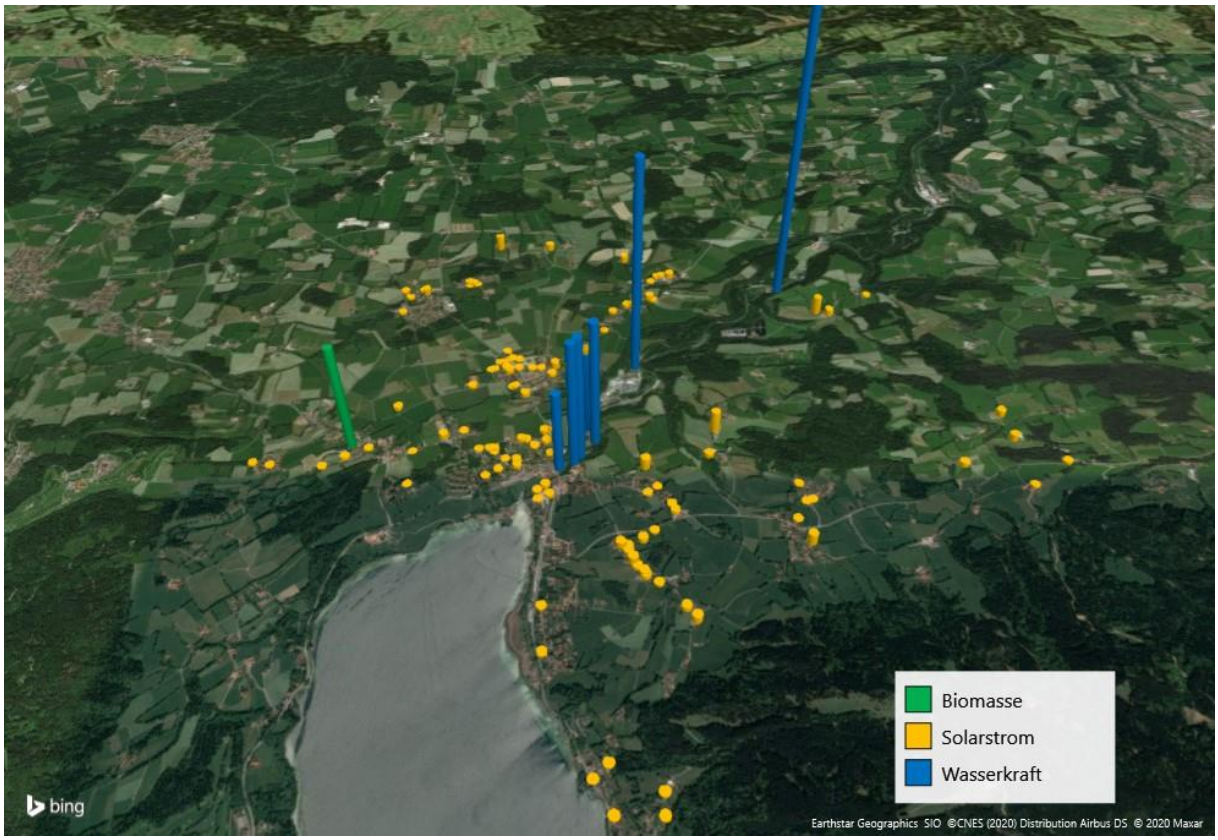


Abbildung 2-6: Räumliche Darstellung der bestehenden erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen (Strom) in Gmund. Die Höhe der Balken orientiert sich an der installierten Anlagenleistung . Kartenbasis: © OpenstreetMap.

2.2 Wärme

Wärmebedarf

Zur Deckung des gesamten Wärmebedarfs in Gmund werden pro Jahr 159.686 MWh Endenergie benötigt. Damit ist dieser fast 2,5-mal so hoch wie der Endenergiebedarf in Form von Strom.
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.

Die größten Energieverbraucher auf dem Gemeindegebiet von Gmund sind die Papierfabriken. Mehr als 70 % des gesamten Erdgasverbrauchs bzw. 37 % des Gesamtwärmebedarfs der Gemeinde entfällt auf die Erzeugung der hier benötigten Prozesswärme (Abbildung 2-8). Die Papierherstellung ist generell ein sehr energieintensiver Prozess. Durch interne Effizienzmaßnahmen konnten 2019 Einsparungen von 30 % im Vergleich zu 2014 erzielt werden. Wasserkraft- und PV-Anlagen, Abwasseraufbereitung sowie BHKWs sorgen für Energieeffizienz und einen hohen Eigenverbrauchsanteil.

Die räumliche Verteilung des Wärmebedarfs wird in Abbildung 2-7 durch die Wärmebedarfsdichte visualisiert. Die Papierfabriken stechen in der linken Abbildung durch einen sehr hohen Bedarf hervor. Die rechte Abbildung stellt die Wärmebedarfsdichte ohne Berücksichtigung der Papierfabriken dar. So erkennt man, dass der Wärmebedarf auf dem Gemeindegebiet unregelmäßig verteilt ist. Innerhalb der Ortskerne vor allem in Gmund und Dürnbach herrscht aufgrund einer höheren Anzahl an Verbrauchern auf engerem Raum eine höhere Wärmebedarfsdichte.

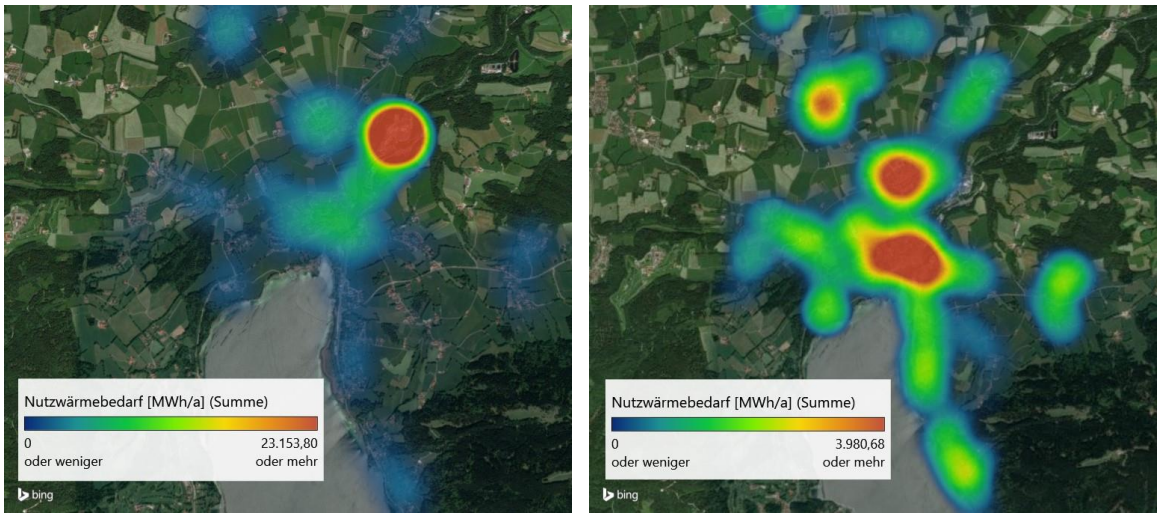


Abbildung 2-7: "Heatmap": Darstsellung der Wärmebedarfsdichten in Gmund. Links: Mit Papierfabriken. Rechts: Ohne Papierfabriken.

Wärmeerzeugung

In den Jahren 2018/19 konnten 6,7 % des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden. Den größten Anteil mit rund 9.000 MWh (entspricht 5,7 % des Wärmebedarfs) trug dabei der Energieträger Holz hauptsächlich in Form von Hackschnitzeln bei. Solarthermie und oberflächennahe Geothermie machen demnach mit jeweils weniger als 1 % nur einen geringen Teil der regenerativen Energieerzeugung aus (Abbildung 2-8).

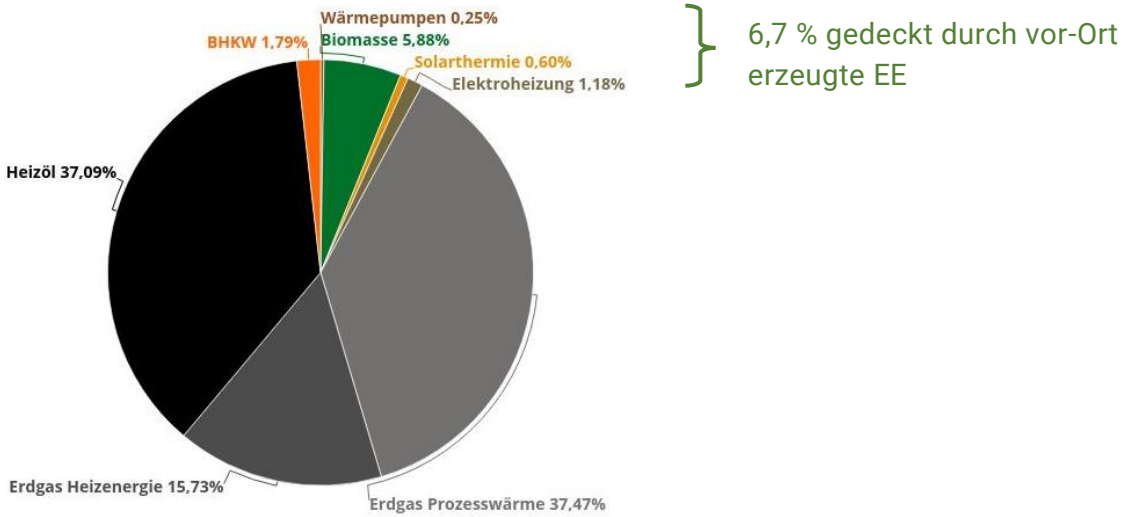


Abbildung 2-8: Ermittelter Energiemix Wärme (Endenergie) in Gmund (2018/19).

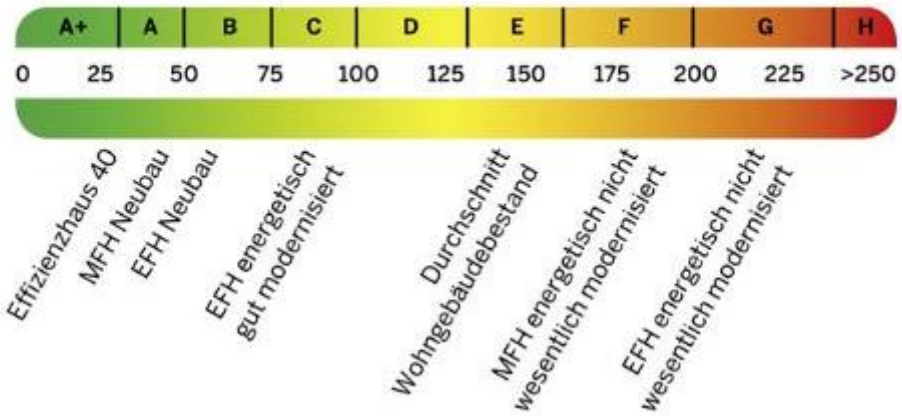
Berücksichtigt man zudem die Wärmeerzeugung durch BHKWs, so ergibt sich eine regionale Erzeugung von 8,5 %. Durch Kraft-Wärme-Kopplung werden in Gmund rund 2.860 MWh Wärme (1,8 %) erzeugt. BHKWs erzeugen sehr effizient Energie, allerdings wird in der Regel der nicht erneuerbare Energieträger Erdgas eingesetzt. Seit 2002 existiert ein mit Hackschnitzel betriebener Wärmeverbund am Bauhof. Versorgt werden neben dem Bauhof das angrenzende Feuerwehrgebäude und Wohngebäude in der Hirschbergstraße. Ein mit Erdgas betriebenes BHKW befindet sich seit 2013 in der Grundschule Gmund. Der verbleibende Anteil des Wärmebedarfs wird zu einem großen Teil durch das Erdgasnetz (53,2 %) versorgt, welches in Gmund gut ausgebaut ist. Betreiber sind die Energienetze Bayern GmbH & Co. KG. Die Übersicht über die Anschlussverteilung des vorhandenen Leitungsnetzes ist in Anhang 1 zu finden. Die restlichen 37 % des Wärmebedarfs werden durch Heizöl gedeckt. In den privaten Haushalten ist somit Heizöl noch immer der am häufigsten genutze Energieträger.

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 1.000 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/m²*a ergeben, so besteht deutlicher Handlungsbedarf.*



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.

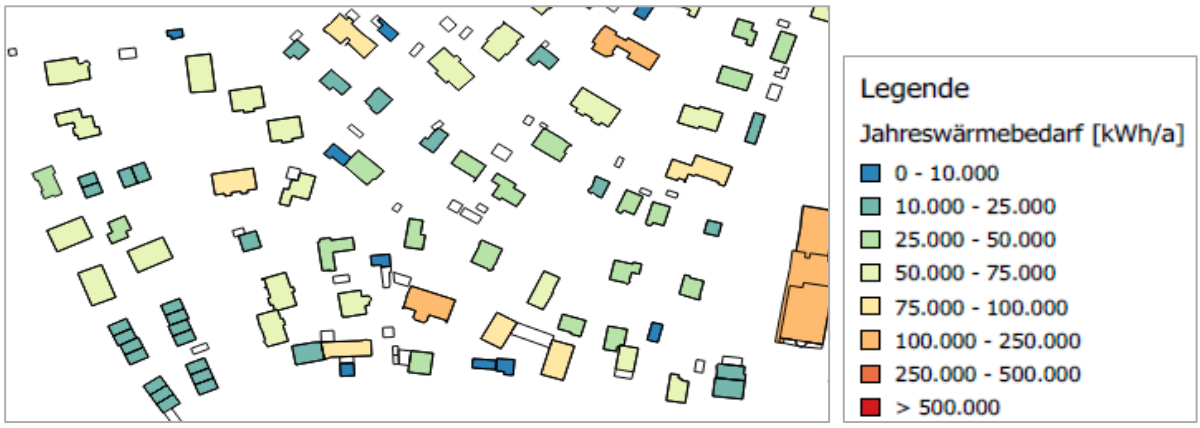


Abbildung 2-9: Exemplarischer Ausschnitt aus dem gebäudescharfen Wärmekataster von Gmund [kWh/a].

Abbildung 2-10: Exemplarischer Ausschnitt aus der Wärmedichtekarte von Gmund [MWh/(ha*a)].

Im Hauptsiedlungsgebiet von Gmund gibt es rund 1.600 Wohngebäude und 780 Nichtwohngebäude. Für diesen Bereich wurde ein gebäudescharfes Wärmekataster erstellt. Abbildung 2-9 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. 2011) 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 2-10). 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 Energieträger jeweils auf den Quadratmeter Nettogeschoßfläche bezogen wird. Danach wird dieser spezifische Kennwert dem Vergleichswert der Deutschen Energieagentur (dena) nach EnEV 2009 bzw. 2014 gegenübergestellt. Der dena-Vergleichswert berücksichtigt ebenfalls unterschiedliche Nutzungsarten der Liegenschaften.

Im Rahmen des „Energiecoaching Plus 2017-2018“ wurde das Energie-Benchmarking bereits eingeführt und die kommunalen Liegenschaften hinsichtliche ihrer Strom und Wärmeverbräuche untersucht. Erste Maßnahmenempfehlungen wurden im Zuge dessen ebenfalls gegeben.

Auf Basis dieser Auswertung für die Gemeindeliegenschaften wurden im Anschluss Begehungen durchgeführt, um die Schwachstellen vor Ort zu analysieren und darauf aufbauend Optimierungsmaßnahmen zu entwickeln. Diese sind bei den Maßnahmenvorschlägen zu den Liegenschaften der Gemeinde im Detail beschrieben (siehe Kapitel 5).

2.4.1 Spezifischer Stromverbrauch

Die Benchmarking-Auswertung des Stromverbrauchs der Nicht-Wohngebäude der kommunalen Liegenschaften sind in Abbildung 2-11 dargestellt. Bei den dena-Verbrauchskennwerten handelt es sich um Durchschnittswerte bestehender Gebäude der jeweiligen Nutzungskategorie.

Deutlich zu erkennen sind überdurchschnittlich hohe Verbräuche im Bauhof und im Rathaus. Die restlichen Liegenschaften befinden sich im Bereich der Vergleichskennwerte oder deutlich darunter. Die Ursache für den hohen Stromverbrauch beim Bauhof kann bei der veralteten Hackschnitzelheizung liegen. Diese wurde vor kurzem erneuert. Eine erneute Überprüfung des Stromverbrauchs im kommenden Jahr wäre hier aufschlussreich.

Bei den Gebäuden der FFW Dürnbach und der ehem. Rettungswache Dürnbach erfolgten 2020/21 verschiedene Umbauten. Zur Auswertung der Daten der ehem. Rettungswache wurden daher die Verbrauchsdaten von 2019 herangezogen. Von der FFW Dürnbach lagen nur die Daten aus dem Jahr 2015 vor. Auch in diesem Fall ist eine Überprüfung der Stromverbräuche nach Abschluss der Umbauarbeiten zu empfehlen.

Auf den Dächern von Alt- und Neubau der Grundschule sowie auf der ehemal. Rettungswache Dürnbach sind PV-Anlagen installiert. Durch den Eigenverbrauch des selbst erzeugten Stroms kann der Netzbezug deutlich reduziert werden, was sich in Abbildung 2-11 in einem niedrigen spezifischen Stromverbrauch niederschlägt.

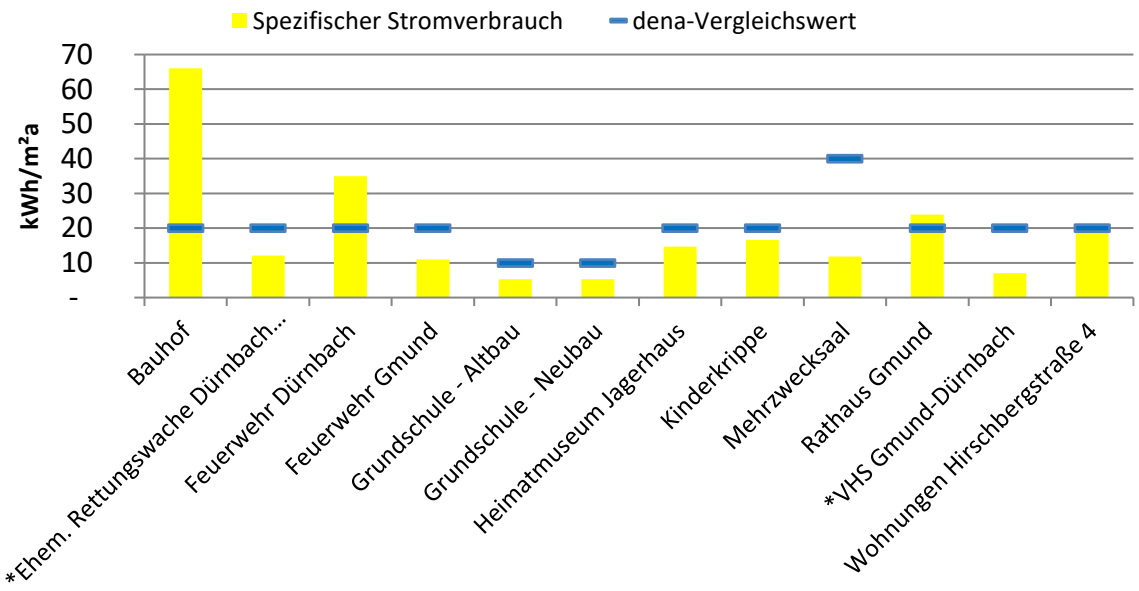


Abbildung 2-11: Spezifischer Stromverbrauch der Nicht-Wohngebäude der kommunaler Liegenschaften 2015-2017 (* 2019) im Vergleich zum dena-Verbrauchskennwert.

2.4.2 Gesamter und spezifischer Heizenergieverbrauch

Zunächst wurde die Zusammensetzung des Energieträger-Mixes zur Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser analysiert. Hier ist das Ziel einen möglichst hohen Anteil durch regenerative Energien abzudecken. Weiter wurde aus den spezifischen Verbrauchswerten das Handlungspotenzial zur Minimierung von erhöhten Energieverbräuchen abgeleitet.

Der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasserbereitung der kommunalen Liegenschaften wurde im Jahr 2015 zu einem Großteil durch fossile Energieträger gedeckt. Wie aus Abbildung 2-12 hervorgeht, macht Erdgas mit etwa 87 % den Hauptanteil aus, die restlichen 13 % werden durch das Hackschnitzel-Wärmenetz des Bauhofs gedeckt, welches auch die FFW Gmund und das Wohngebäude in der Hirschbergstraße mit Wärme versorgt.

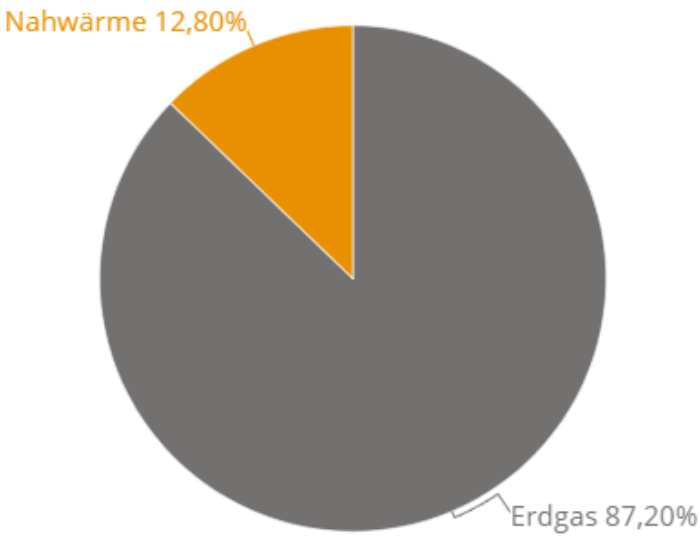


Abbildung 2-12: Anteil der Energieträger am gesamten Heizwärmeverbrauch kommunaler Liegenschaften 2015.

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 Korrekturfaktor an das langjährige Durchschnittsklima des Standorts angepasst. So sind die Jahresverbräuche besser zu vergleichen und Abweichungen durch Witterungsbedingungen weitgehend ausgeschlossen. Die Auswertung in Abbildung 2-13 zeigt die Abweichungen der kommunalen Nicht-Wohngebäude von den dena-Verbrauchskennwerten.

Bis auf die Gebäude der ehem. Rettungswache Dürnbach, der Feuerwehr Gmund, dem Kindergarten und der Kinderkrippe liegen alle Gebäude im Bereich des Referenzwertes oder darüber. Vor allem Bauhof, FFW Dürnbach (an welche auch die ehem. Rettungswache angeschlossen ist), Heimatmuseum, Kinderhort, Mehrzwecksaal und Volkshochschule fallen durch relativ hohe Verbräuche auf.

Die Optimierungsmaßnahmen zur Senkung des Energieverbrauches werden im Kapitel Maßnahmenvorschläge für die kommunalen Liegenschaften erläutert.

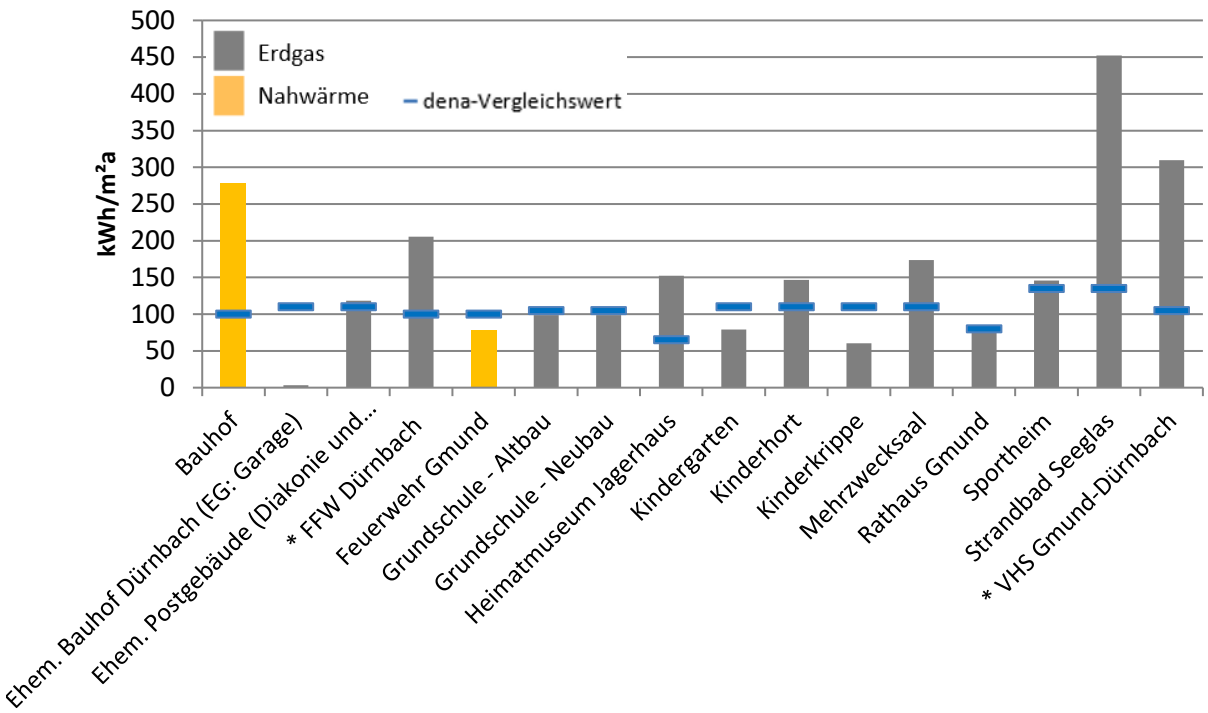


Abbildung 2-13: Spezifischer Heizenergieverbrauch (witterungsbereinigt) der Nicht-Wohngebäude der kommunaler Liegenschaften 2016/17 (* 2019) im Vergleich zum dena-Verbrauchskennwert.

2.5 Primärenergiebedarf

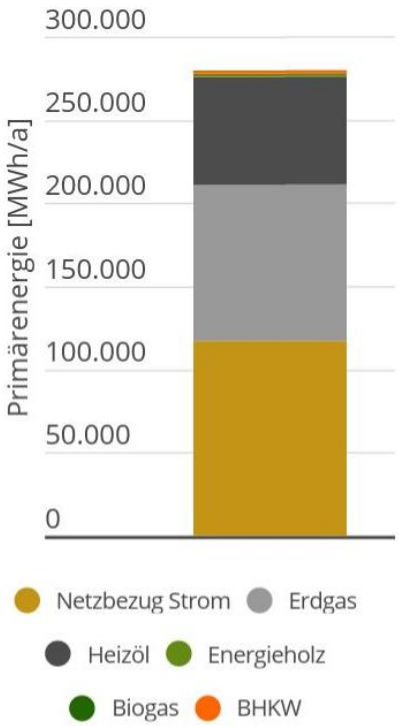


Abbildung 2-14: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern in Gmund 2018/19.

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 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 das GEG 2020 (GEG 2020).

Eine Aufstellung des Primärenergiebedarfs für das Jahr 2018/19 in Gmund 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 2-14 dargestellt. Daraus geht klar hervor, dass Strom (Netzbezug), Erdgas und Heizöl mit Abstand die größten Anteile ausmachen.

Tabelle 2-1: Primärenergiebedarf in Gmund im Jahr 2018/19 nach Energieträgern und zughörige Primärenergiefaktoren nach GEG 2020.

	Energieträger	**Primärenergie [MWh] 2018/19**	**Primärenergiefaktor**
STROM	Photovoltaik	0	0,0
	BHKW (Strom)	0	0,0
	Biogas (Strom)	0	0,0
	Netzbezug (Bundesstrommix)	117.523	1,8
WÄRME	Energieholz	1.811	0,2
	Solarthermie	0	0
	BHKW (Wärme)	2.005	0,7
	Biogas	180	0,5
	Oberfl. Geothermie	0	0
	Erdgas (ohne BHKW)	93.708	1,1
	Heizöl	64.854	1,1

2.6 CO_2- Bilanz

Die vorliegende CO_2-Bilanz wurde auf Basis der erhobenen Strom- und Wärmeverbräuche sowie dem Kraftfahrzeugbestand von Gmund erstellt. Mit Hilfe der in Tabelle 2-2 aufgelisteten CO_2-Emissionsfaktoren wurden die CO_2-Äquivalente berechnet.

Tabelle 2-2: CO_2-Äquivalente der jeweiligen Energieträger [kg/MWh] (GEG 2020; Umweltbundesamt 2018)

Energieträger	**Emissionsfaktor [kg/MWh]**
Strom (Energieträgermix)	468
Erdgas	240
Heizöl	310
BHKW (nicht erneuerbarer Brennstoff)	180
BHKW (erneuerbarer Brennstoff)	40
Stückholz	20
Hackschnitzel	20
Holzpellets	20

Insgesamt entsteht durch den Energieverbrauch in Gmund ein CO_2-Ausstoß von 83.808 t CO_2. Allein durch den Strom- und Wärmebedarf ergeben sich **66.600 t CO_2 pro Jahr**, was

einem pro-Kopf-Ausstoß von 10,9 t CO_2 pro Jahr bedeutet. Unter Berücksichtigung der zusätzlich durch den Verkehr verursachten Emissionen beträgt der pro-Kopf-Ausstoß 13,8 t CO_2 pro Jahr.

Bezogen auf die Verbrauchssektoren, tragen die Gewerbebetriebe mit knapp 70 % den größten Anteil zu den CO_2-Emissionen bei. Davon entfallen rund 60 % auf den Wärme- und auf den 40 % der Stromverbrauch. Durch die in Gmund gemeldeten PKWs und LKWs werden über 20 % der CO_2-Emissionen verursacht, 10 % emittieren die privaten Haushalte durch deren Strom- und Wärmeverbrauch. Die durch die kommunalen Liegenschaften verursachten CO_2-Emissionen tragen mit über 0,5 % zu den gesamten Treibhausgas-Emissionen in Gmund bei (Abbildung 2-15).

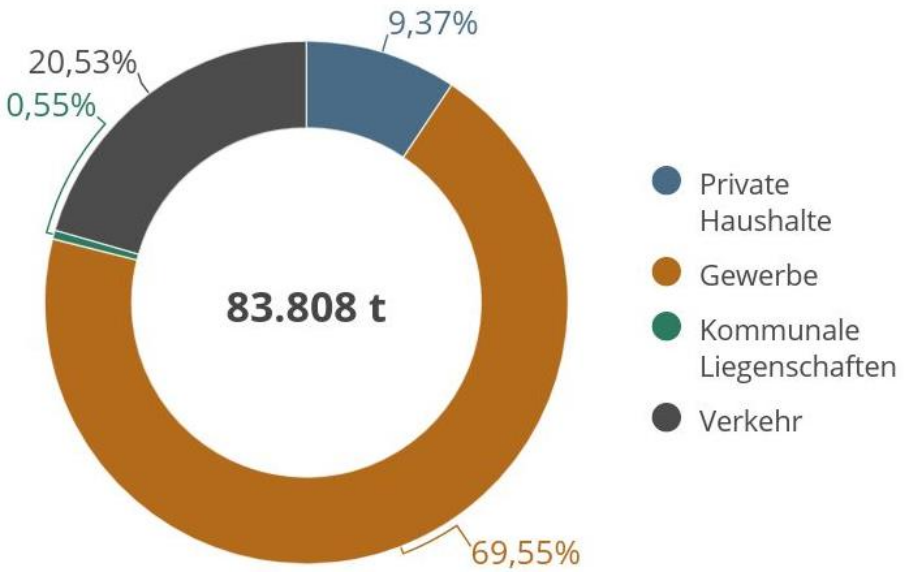


Abbildung 2-15: CO2-Bilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2018/19 in Gmund.

2.7 Vergleichende Betrachtung

Um die Größen der Endenergie- und CO_2-Bilanz der Gemeinde Gmund 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.

Die pro-Kopf Verbräuche in Gmund sind im Vergleich zu den Durchschnittswerten von Landkreis, Oberland und Bayern relativ hoch. Verursacht wird das durch die hohen Energieverbräuche der Gewerbebetriebe auf eine vergleichsweise niedriege Einwohnerzahl. Nicht nur die Papierfabriken sind große Verbraucher, auch Tourismusbetriebe weisen generell einen hohen Strom- und Wärmebedarf auf. Der Stromverbrauch pro Kopf liegt im Jahr 2018 bei 11.023 kWh, der Endenergieverbrauch bei 47,7 MWh. Würde man den Stromverbrauch der Papierfabriken unberücksichtigt lassen, so ergäbe sich mit

5.965 kWh/a ein ähnlich hoher pro-Kopf Verbrauch wie der Durchschnittswert für das gesamte Oberland (5.504 kWh/a). Den hohen Endenergieverbrauch spiegelt der CO_2-Emissionswert pro Kopf (13,7 t/a) wider.

Tabelle 2-3: Einwohnerspzifischer Vergleich der Endenergie- und CO_2-Bilanz 2016 (Datengrundlage: Berechnungen der entspr. vorangegehender Kapitel, EWO 2018; LfStat 2018b; LfU 2021; StMWi 2020)

Kennwert	Gmund	Landkreis Miesbach	Oberland Region	Bayern
Stromverbrauch pro Kopf [kWh/EW*a]	11.023	4.477	5.504	6.500
Endenergieverbrauch pro Kopf [MWh/EW*a]	47,7	31,5	25,5	29,6
CO_2 pro Kopf [t/EW*a]	13,8	10,5	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 Gmund. Da die beste Energie diejenige ist, die gar nicht erst verbraucht wird, werden zu Beginn des Kapitels die Energieeinsparpotenziale für Gmund aufgezeigt. Im zweiten Teil werden die Potenziale der regenerativen Energieerzeugung auf dem Gemeindegebiet von Gmund erhoben. 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 (Abbildung 3-3). 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.

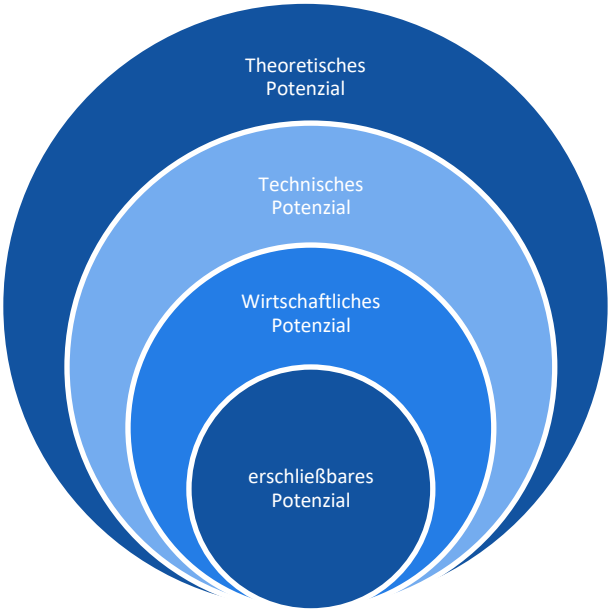


Abbildung 3-1: Übersicht der Betrachtungsebenen von Energiepotenziale (StMUG u. a. 2011).

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 der Errichtung eines hochtechnisierten Biomasseheizkraftwerk. Die vergan-

genen 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 EU-Energie-Effizienzrichtlinie sieht vor, dass im Zeitraum von 01.01.2021 bis 31.12.2030 jährlich 0,8 % des gemittelten Endenergieverbrauchs der Jahre 2016 - 2018 eingespart werden (EED 2018).

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 beiden Kapitel sollen einen Überblick über die Größenordnungen von energetischen Einsparpotenzialen in Gmund geben.

3.1.1 Einsparpotenziale Strom

Sowohl konkrete Versuche in Haushalten in der Region (z.B. „Fischbachau spart Strom“) als auch theoretische Studien (dena 2015; UBA 2017) haben gezeigt, dass weiteres Einsparpotenzial in Haushalten besteht. Auch der vermehrte Einsatz von effizienteren Haushaltsgeräten kann zur Reduktion des Stromverbrauchs beitragen. Eine vollständige Umsetzung dieses Einsparpotenzials setzt aber auch 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 oder nur mit gering sinkenden Netzabsatz- und Strombedarfsmengen zu rechnen.

Durch zunehmende Digitalisierung und die aktuellen Entwicklungen bei der E-Mobilität sowie durch die Ausbauziele der Bundesregierung, wenn es um die Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs geht, ist sogar mit einer Zunahme des Stromverbrauchs zu rechnen. Folgende Beispielrechnung soll verdeutlichen, welche Bedeutung zukünftig E-Mobilität auf die Netzabsatzmengen in Gmund haben könnte:

*Fahren von den 4.277 gemeldeten Autos in Gmund 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 **3.210 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 bis 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.

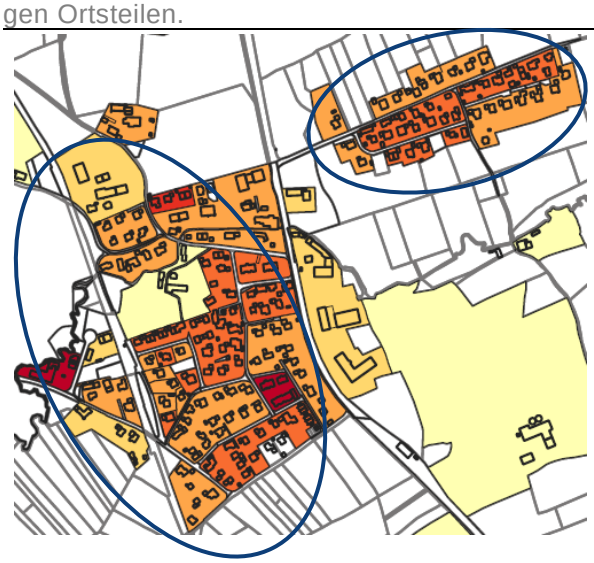
Da der Großteil der Gebäude in Gmund in den 60er und 70er Jahren errichtet wurde, können durch gezielte Sanierungsmaßnahmen gute Einsparergebnisse erzielt werden. Vor allem die Dämmung des Daches sowie der Austausch der Fenster erzielen eine hohe Einsparung und eine Steigerung der Wohnqualität. Ein Überblick über die mögliche Reduzierung des Energiebedarfs durch Sanierung ergibt sich aus Tabelle 3-1.

Tabelle 3-1: 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 %

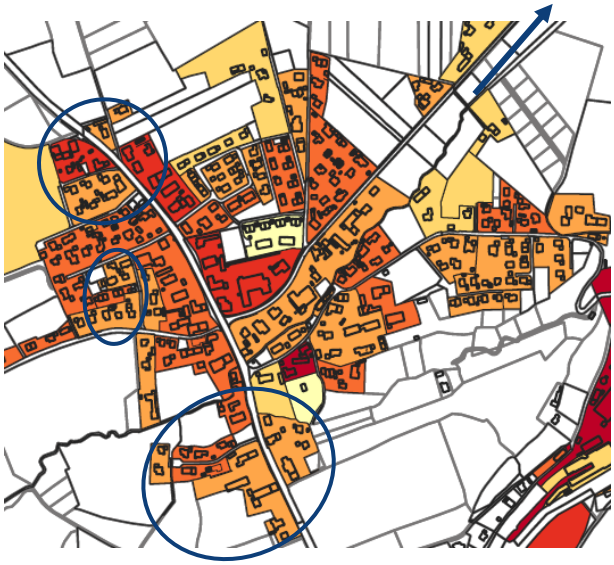
Mit Ausnahme der Gebiete mit einer Bebauung ab 1984 (Baualtersklasse H) ist in fast allen Ortsteilen von Gmund eine stärkere Sanierung anzustreben. In Tabelle 3-2 sind je Ortsteil die Bereiche dargestellt, in denen Sanierungsmaßnahmen forciert werden sollten.

Tabelle 3-2: Wärmedichtekarte mit den Sanierungsschwerpunkten (blaue Ellipsen) in den jeweiligen Ortsteilen.



Moosrain

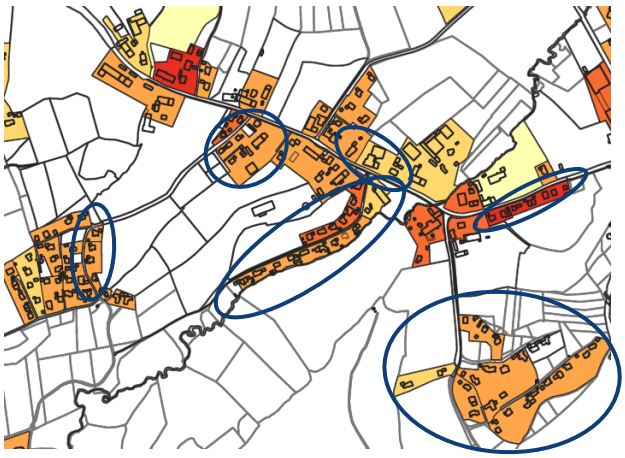
- Gesamter Bereich entlang Waldweg
- Nahezu gesamter Bereich westlich der Münchner Straße



Dürnbach

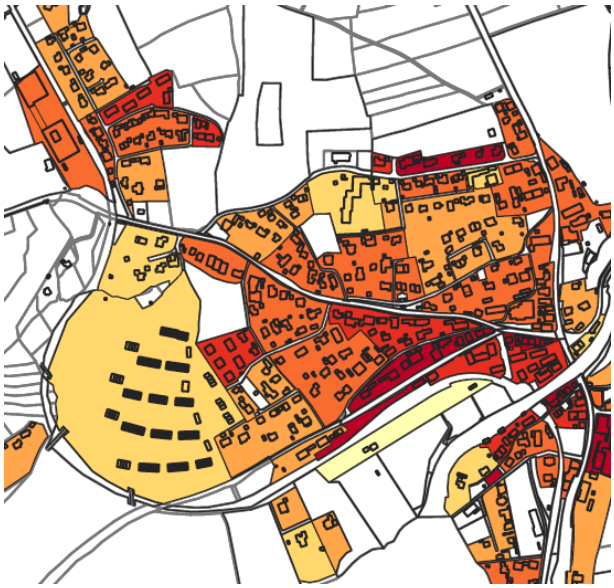
- Bereich Nördlich Nelkenweg
- Westlich Tulpenweg
- Im Bereich Ahornweg westlich und östlich der Münchner Straße

Entlang der Miesbacher Straße Richtung Festenbach stammen die Gebäude aus den 60er- bis 90er-Jahren. Ein gewisses Sanierungspotenzial ergibt sich demnach auch in diesem Bereich.



Finsterwald

- Am Steinberg: östlich Steinbergstraße
- Bereich um Hoferstraße
- Entlang des Holzeralmwegs, sowie nördlich davon
- Südlich der Tölzer Straße im Westen Richtung Gmund
- Gesamter Bereich Ackerberg



Gmund

Gesamter Ortsteil.

Gmund See Ostseite

Gesamter Bereich mit Ausnahme der Siedlung im Westen (Kainzenweg, Wiesenweg, Muchweg, Gütlerweg).

Legende

Wärmedichte [MWh/(ha*a)]

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

Als Trichter einer möglichen Wärmebedarfsentwicklung ist für Gmund 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 8,0 % und mit einer Sanierungsquote von 2 % ein Einsparpotenzial von 16 % gegenüber dem Jahr 2019 ergeben. Für diese Betrachtung wurde der Wärmebedarf der Papierfabriken ausgenommen.

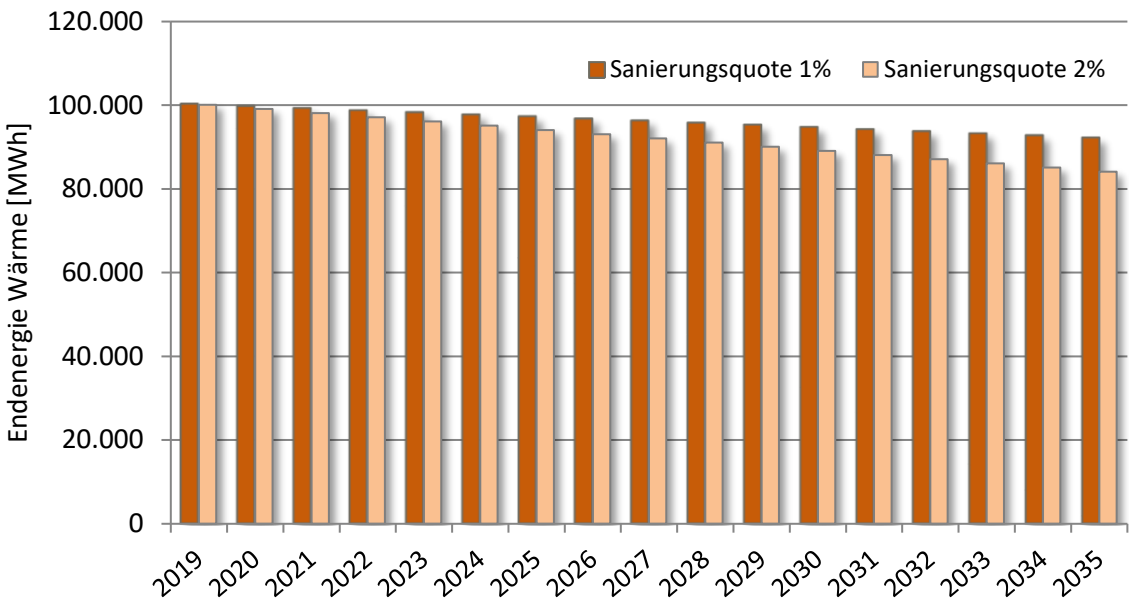


Abbildung 3-2: Mögliche Wärmebedarfsentwicklung bei Sanierungsquoten von 1 % und 2 % bis zum Jahr 2035 in Gmund (ohne Papierfabriken).

3.1.3 Effizienz in der Energieerzeugung

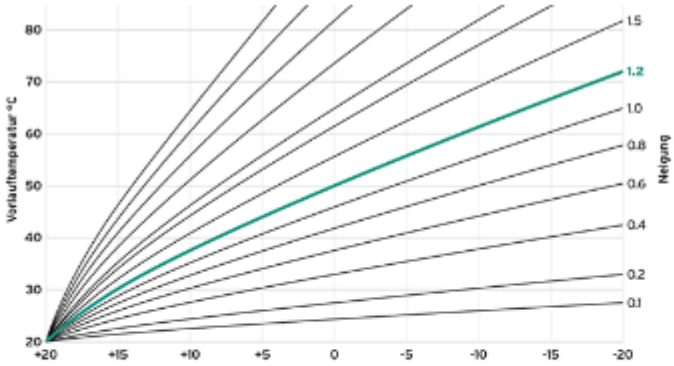
Eine deutliche Steigerung der effizienten Energieerzeugung vor allem in privaten Haushalten kann durch eine aktive Bedienung der bestehenden Heizungsregelung erreicht werden:

Heizungs-regulierung

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: ***Heizrogramme für Heizkreis, Warmwasserzubereitung und Zirkulaionsumpe:***

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 abschaltet 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 Gmund umfasst folgende erneuerbare Energien:

- Solarenergie (S.41)
- Bioenergie (S.47)
- Windenergie (S.53)
- Wasserkraft (S.55)
- Geothermie (S.56)

3.2.1 Solarenergie (Dachflächen)

Die Photovoltaik erzeugt nach der Wasserkraft den zweitgrößten Betrag an erneuerbarem Strom auf dem Gemeindegebiet von Gmund. Trotzdem sind noch große zusätzliche Potenziale auf den Dachflächen zur weiteren Erzeugung von Solarenergie vorhanden. Dies trifft sowohl für die Photovoltaik als auch für die Solarthermie, welche mit mindestens 3.000 m² Kollektorfläche zu 0,6 % der Wärmebereitstellung beiträgt, zu.

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 in Gmund miteinander verknüpft werden. Die Vorgehensweise dazu ist in folgendem Abschnitt erläutert.

Abbildung 3-3: Ausschnitt des LoD2-Gebäudemodells in Gmund (Basiskarte: OpenStreet-Map.org).

3.2.1.1 Methodik der Dachflächenpotenzialermittlung

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 Gmund.

Die hohe Genauigkeit dieses relativ aufwendigen Verfahrens wird im „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG u. a. 2011) explizit hervorgehoben. Insgesamt sind bei der durchgeführten Analyse rund 4.400 Gebäude mit einer Dachfläche von 600.000 m² berücksichtigt.

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.

Dabei sind alle bestehenden solarthermischen Anlagen berücksichtigt, die im Rahmen des MAP in Deutschland gefördert wurden (LfU 2018). Die Daten über die bestehenden PV-Anlagen wurden dem Energieatlas Bayern entnommen (LfU 2019a, Bayernwerk AG 2018b). 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).

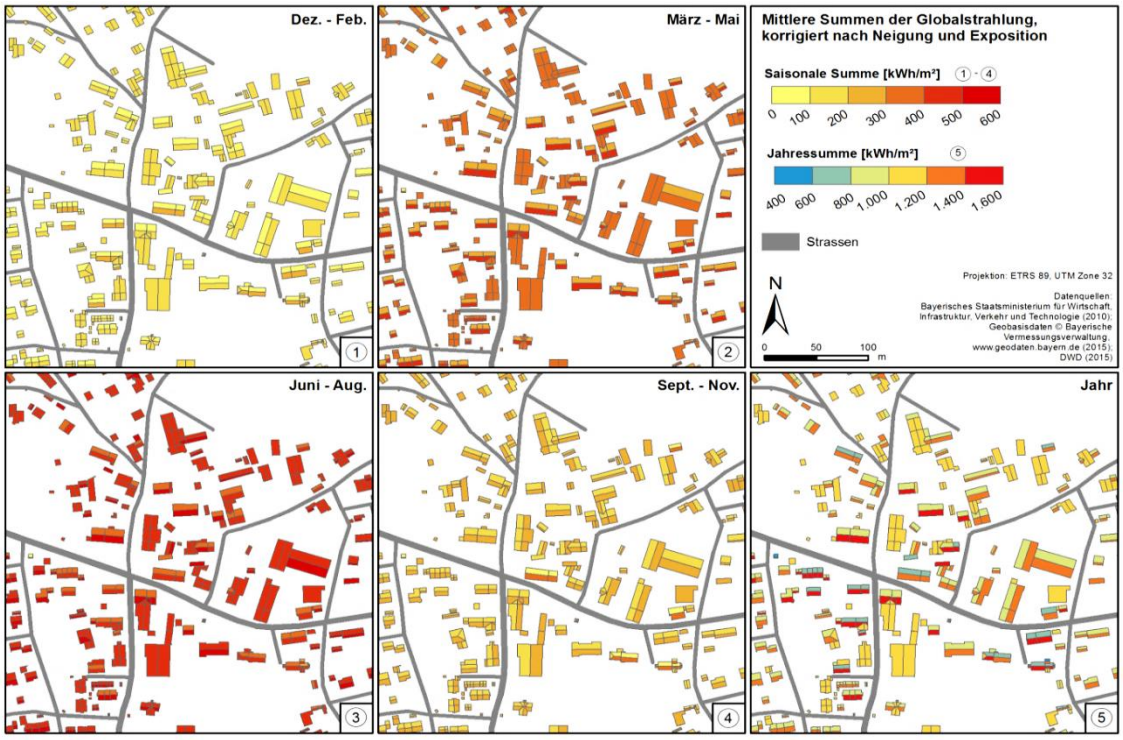


Abbildung 3-4: Durch Korrektur der Globalstrahlungsdaten nach Neigung und Ausrichtung ist für jede Dachfläche die verfügbare Globalstrahlung bekannt (Hofer u. a. 2016).

Für Flachdächer ist bei der Potentialermittlung eine Aufständerung mit 35° Neigung und südlicher Ausrichtung die zugrunde liegende Annahme. Durch diese Kollektorkonfiguration können maximale jährliche Einstrahlungssummen erreicht werden. Die aus der Aufständerung resultierenden Verschattungseffekte sind gemäß dem „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG u. a. 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 Gmund kann im Detail im Ablaufschema von Anhang 2 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 260.000 m² PV-Modulfläche. Bei vollständiger Nutzung dieser Fläche ergäbe sich ein PV-Gesamtpotenzial in der Größenordnung von **27.000 MWh** pro Jahr bei einem Jahresnutzungsgrad von 9 % gemäß „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG u. a. 2011), wobei der Jahresnutzungsgrad mittlerweile höher ist.

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

Ertragspotenzial PV [MWh/a]	Modulflächenpotenzial PV [m²]	Durchschnittsertrag pro Fläche [kWh/m² a]
27.290	264.235	103

Über 50 % des verfügbaren Potenzials entfällt auf Wohn- und Hauptgebäude und knapp 40 % auf die Dachflächen von Gewerbebetrieben. 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 41 % der betrachteten 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.

Einzeldach-betrachtung

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 für die meisten Gewerbebetriebe als auch auf vielen Privatgebäuden.

3.2.1.3 Solarthermie

Für die Ermittlung des ST-Potenzials wurden bereits geeignete Dachflächen ab einem Potenzial für 9 m² Kollektorfläche berücksichtigt. Die neuen Richtlinien zur Bafa-Förderung enthalten zwar keine Mindest-Kollektorfläche, in der Praxis werden jedoch kaum mehr Anlage zur reinen Brauchwasserspeicherung gebaut, sondern Anlagen mit Frischwasserstationen und Pufferspeicher. Diese können auch zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden, sie sind meist erst ab dieser Größe und unter Einbeziehung der Fördermittel wirtschaftlich. 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 rund 120.050 m² geeigneter und verfügbarer ST-Kollektorfläche ermittelt werden. Damit ergibt sich für die Gemeinde ein solarthermisches Potenzial in der Größenordnung von **33.200 MWh** pro Jahr bei einem angenommenen Jahresnutzungsgrad von 25 % gemäß Leitfaden Energienutzungsplan (StMUG u. a. 2011).

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

Ertragspotenzial ST [MWh/a]	Kollektorflächenpotenzial ST [m²]	Durchschnittsertrag pro Fläche [kWh/m² a]
33.200	120.050	276

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 2021) und umfassen u.a. Flächen:

- Die Längs von Autobahnen oder Schienenwegen liegen und wenn die Anlage in einer Entfernung von bis zu 200 m, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn, liegt und ein 15 m Korridor längs zur Fahrbahn freigehalten wird,
- Die zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplanes bereits versiegelt waren,
- Die 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.

Entsprechend den oben genannten Punkten betrifft das in Gmund den Bereich entlang der Bahnlinie. Abbildung 3-5 stellt diese mit dem 200-m Korridor inklusive der Schutzgebietskategorien kartographisch dar. In Frage kommen würde der Streckenabschnitt zwischen Moosrain und Gmund, die restlichen Abschnitte der Bahnlinie verlaufen hauptsächlich durch Siedlungsbereiche.

Eine 750 kW_p-Anlage könnte mit der in Gmund durchschnittlich zur Verfügung stehenden Einstrahlungsmenge (für nach Süden aufgeständerte Module 1.440 kWh/m²) rund 1.080 MWh pro Jahr erzeugen. Mehrere Anlagen dieser Größenordnung könnten auf dieser Fläche installiert werden.

Im Flächennutzungsplan (Ausfertigung 2016) der Gemeinde Gmund ist zudem eine Altlastenverdachtsfläche eingetragen, welche unter Punkt 3 der oben genannten fällt und somit ebenfalls potenziell für eine PV-Freiflächenanlage in Betracht gezogen werden könnte. Diese ist geschätzt nur rund 0,3 ha groß, worauf eine ca. 300 kWp-Anlage installiert werden könnte.

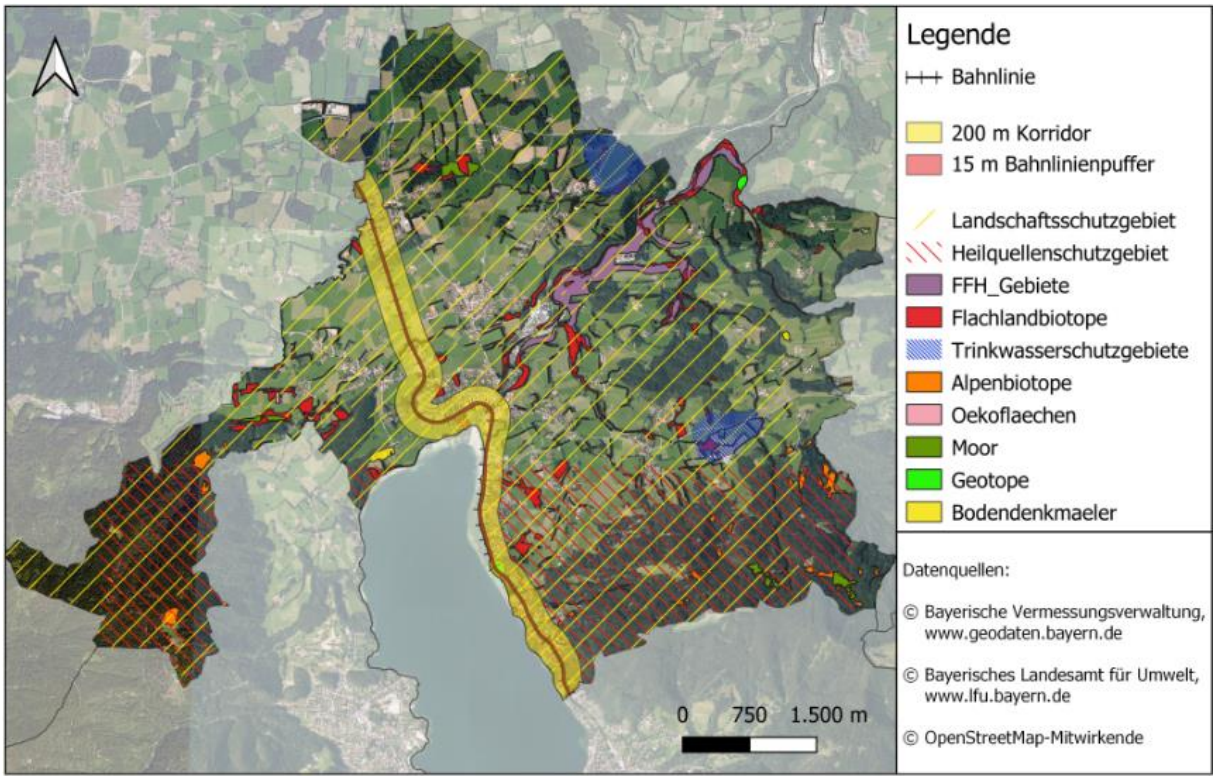


Abbildung 3-5: Verlauf der Bahnlinie im Gemeindegebiet von Gmund mit 200-m Korridor und Schutzgebieten.

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 land-

wirtschaftlich und naturschutzfachlich wertvollen Flächen zu vermeiden regelt die Freiflächenverordnung, dass maximal 70 Freiflächenanlagen pro Jahr genehmigt werden können. In Gmund 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, sind von der Förderung ausgenommen. Selbstverständlich liegt es im Ermessen des Grundstückseigentümers, wie Flächen genutzt werden.

Eine konkrete Ausweisung von solchen Potenzialflächen ist nur schwer möglich. Die Grünlandflächen in Gmund alleine würden theoretisch ausreichen, um bilanziell den Gesamtstrombedarf der Gemeinde erzeugen zu können. Zu beachten ist jedoch, dass es für die Entwicklung solcher PV-Freiflächenanlagen in Gmund wenig Spielraum gibt. Zum einen stehen weite Teile der Gemeinde unter dem Schutz verschiedener Schutzgebietskategorien (Abbildung 1-6), zum anderen spielt der Siedlungsdruck eine Rolle. Auch die Akzeptanz der Bevölkerung für solche Projekte ist wichtig.

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: Im genannten Bereich entlang der Bahnlinie besteht ein großes Potenzial. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Energieverbräuche und den eingeschränkten Energieerzeugungspotenzialen auf dem Gemeindegebiet von Gmund könnten PV-Freiflächenanlagen einen wichtigen Beitrag zur regenerativen Stromerzeugung beitragen. Die Eingrünung der Flächen und die Integration naturschutzbezogener Ausgleichsmaßnahmen wie z.B. Steinriegel oder Tümpel könnten zur Akzeptanzsteigerung innerhalb der Bevölkerung und zur ökologischen Aufwertung der Flächen beitragen. 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 Gmund. Insgesamt werden von der gesamten Gemeindefläche (rund 34 km²) in Gmund 47 % landwirtschaftlich und 40 % forstwirtschaftlich genutzt

(Abbildung 1-4) (LfStat 2018a). Das sich daraus ergebende energetische Potenzial durch Nutzung verfügbarer Biomasse wird in den folgenden Kapiteln analysiert.

3.2.3.1 Energieholz

Aufgrund des Waldreichtums in der Region kommt dem Energieträger Holz eine ganz besondere Rolle zu. Dabei stehen mit Hackschnitzel-, Pellet- und Scheitholzheizungen verschiedene Möglichkeiten zur thermischen Energiegewinnung zu Verfügung. Alle drei Formen haben eines gemeinsam: Als erneuerbarer und nachwachsender Energieträger ist die CO_2-Bilanz um ein Vielfaches besser als im Vergleich zu den fossilen Energieträgern wie Öl und Gas. Kurze Transportwege sind für den Klimaschutz Voraussetzung 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). Alle Forstflächen auf Gmunder Gemeindegebiet sind Privat- oder Körperschaftswälder (Abbildung 3-6). Generell sind in diesen noch größere nachhaltig nutzbare Energieholzmengen vorhanden als in den Staatsforsten, die bereits nahe des nachhaltigen Maximums bewirtschaftet werden. Teile dieser Waldflächen sind Bergwaldflächen, was bedingt, dass einige Bereiche aufgrund der topographischen Lage schwer zugänglich sind und damit nicht bewirtschaftbar sind. Insgesamt sind rund 10 - 15 % der Waldlächen nicht erschließbar (Quelle: Försterauskunft).

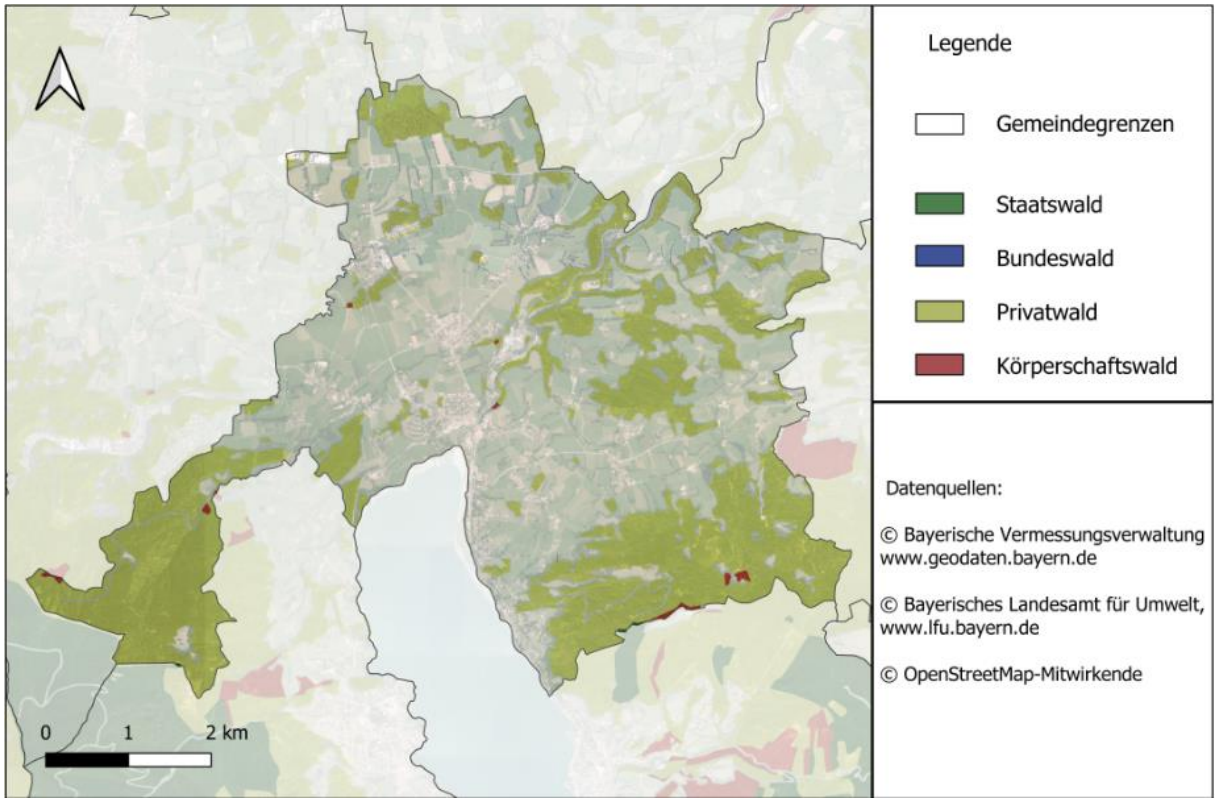


Abbildung 3-6: Eigentumsverhältnisse Forst im Gemeindegebiet von Gmund.

Die aktuelle Sortierungspraxis der Privat- und Körperschaftswälder setzt sich in etwa aus rund 63 % Stammholz, 4 % Industrieholz und 33 % Energieholz zusammen (Rothe u. a. 2010). 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 und langfristigen Gesundheit des Ökosystem im Wald verbleiben soll.

Insgesamt ergibt sich für die gesamten Privatwaldflächen von Gmund ein Energieholzpotenzial von 14.688 srm/a bzw. 8.225 Ster pro Jahr, wovon bisher knapp zwei Drittel genutzt werden (Abbildung 3-7). Zusätzliche **5.500 srm/a** würden in den Waldflächen zur Verfügung stehen. Unter Annahme der Nadel- und Laubholzverteilung von 75 % Nadel- und 25 % Laubholz könnten so durch Energieholz aus den Privatwäldern des Gemeindegebietes zusätzlich **5.178 MWh Wärme pro Jahr** erzeugt werden. Durch diese Menge ließen sich **517.779 l Heizöl** ersetzen. Darüber hinaus fallen rund 10 % des Stammholzes als Sägespänerest an. Dieser 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.

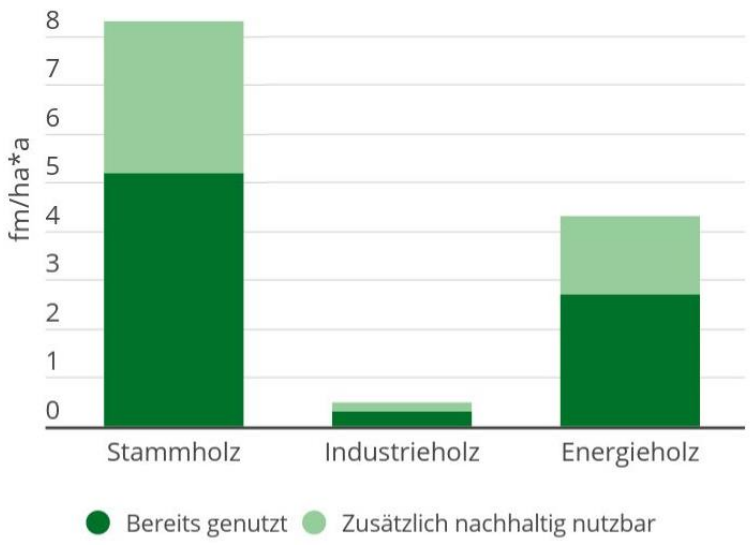


Abbildung 3-7: Bereits genutzes und zusätzlich nachaltig nutzbares Potenzial nach derzeitiger Sortierungspraxis in den Privat-/Körperschafts auf dem Gemeindegebiet von Gmund.

FAZIT: Vor allem für 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.

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. Momentan existiert im Gemeindegebiet von Gmund eine Biogasanlage.

Welche Biogaspotenziale innerhalb von Gmund 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 Biogasgülle 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 Gmund 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 (siehe Tabelle 3-5). Gute Biogaserträge lassen sich auch mit Pferdemist erzielen (siehe Biogasanlage Reichersbeuern), weshalb dieser bei der Potenzialanalyse mitberücksichtigt wurde.

Der momentane Nutztierbestand in Gmund beläuft sich auf insgesamt etwa 2.451 Rinder, wovon 1.258 Milchkühe sind. Die Anzahl der Einhufer (Pferde, Esel) im Gemeindegebiet beträgt 53 (LfStat 2018c). Bei gänzlicher Nutzung der anfallenden Gülle- und Festmistmengen ließen sich mit diesem Nutztierbestand ca. 604.831 m³/a Methan bzw. 2.126 $MWh_{el.}$/a produzieren. Abzüglich bereits genutzter Potenziale liegt das verbleibende Potenzial bei **1.626 $MWh_{el.}$/a**.

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

	Berechnungsfaktor			
	[m³ CH_4/TP*a]	**[kWh_{el}/TP *a]**	**Anzahl TP**	**Potenzial MWh_{el}/a**
Mastrind (2,8 t Festmist/TP*a)	*185*	*562*	*1.193*	***670***
Milchkuh (17 m³ Gülle/TP*a)	*289*	*1.095*	*1.258*	***1.378***
Einhufer (11,1 t Festmist/TP*a)	*388*	*1.472*	*53*	***78***
			Gesamt	***2.126***
			Abzüglich bereits genutzter Potenziale	***1.626***

Wie in Abbildung 3-8 dargestellt, entsprechen auf Basis der durchschnittlichen Vollbenutzungsstunden von deutschen Biogasanlagen (Agentur für Erneuerbare Energien 2013) 2.126 $MWh_{el.}$/a einer installierten Leistung von 342 $kW_{el.}$. Abzüglich der bereits in Gmund bestehenden Anlage wäre ein verbleibendes Potenzial von 261 $kW_{el.}$ vorhanden und rechnerisch eine 150 kW-Anlage möglich, ausgehend von einer nahezu vollständigen energetischen Verwertung der aktuell anfallenden Gülle- und Festmistmengen. Anlagen mit Leistungen bis zu 150 $kW_{el.}$ sind unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten insofern interessant,

da diese nach dem EEG 2021 nicht unter die Ausschreibungspflicht fallen und derzeit einen erhöhten Vergütungshöchstwert von 22 ct/kWh erhalten, gemäß § 44 „Vergärung von Gülle“ (EEG 2021).

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.

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

FAZIT: Nur im Zusammenschluss mehrerer landwirtschaftlicher Betrieb ergäbe sich ein realitisches Potenzial zur Installation einer neuen Biogasanlage.

3.2.3.3 Alternative Biogassubstrate

Die naturräumlichen Voraussetzungen für Energiemais als derzeit am häufigsten angebaute Energiepflanze in Mitteleuropa sind in und um Gmund 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). Zudem kann der Anbau von Kurzumtriebspflanzen zu einer Minderung der Erosionsgefahr führen, welche durch starke Degradation der landwirtschaftlichen Flächen entstehen kann. 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).

FAZIT: Aufgrund des hohen Siedlungsdrucks und der touristischen Prägung des Ortes ist kein Potenzial nutzbar.

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 3-10 zeigt die Eignung von Flächen für Windkraftanlagen. Demnach sind auf der Flur der Gemeinde Gmund keine Flächen, die gut für die Windenergieerzeugung geeignet sind, vorhanden. Lediglich kleine Bereiche im Osten und Westen sind als „im Einzelfall eventuell geeignete Flächen“ eingestuft.

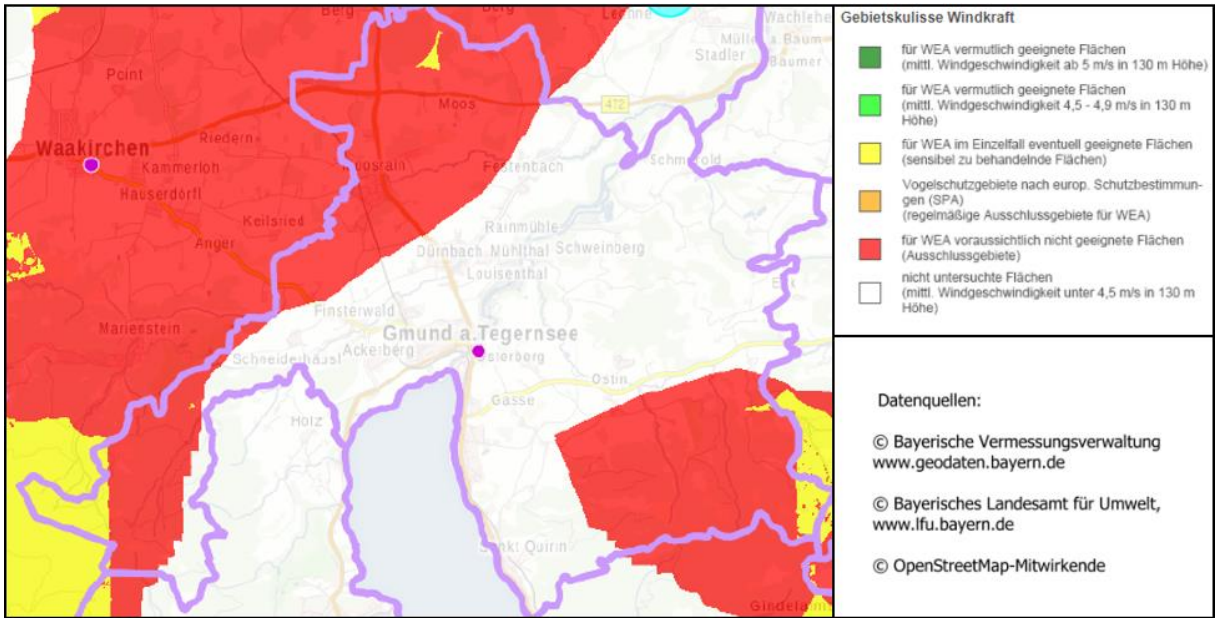


Abbildung 3-10: Gebietskulisse Windkraft Gemeindegebiet Gmud.

Neben den schwierigen gesetzlichen Rahmenbedingungen sind auch die fehlende Akzeptanzwerte innerhalb der Bevölkerung gegenüber Windrädern Gründe, die gegen den Bau von Windkraftanlagen sprechen. Nichtsdestotrotz wurde für Gmund 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

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).
In Abbildung 3-11 ist klar erkennbar, dass die Windgeschwindigkeiten auf 130 m Nabenhöhe vorallem im Siedlungsgebiet von Gmund und entlang der Mangfall Richtung Miesbach unter den 4,5 m/s liegen. In dem östlich an Hausham und Tegernsee grenzenden Gebiet sowie das Waldgebiet im Westen kommt es zu mittleren Windgeschwindigkeiten in 130 m Höhe über 4,5 m/s. Bei diesen Flächen handelt es sich jedoch nahezu vollständig um Landschaftsschutzgebiete, welche die Errichtung von Windkraftanlagen ausschließen. Zudem wäre die Anbindung einer Windkraftanlage aufwendig und mit der derzeitigen EEG-Vergütung wirtschaftlich nicht darstellbar. Auf eine zusätzliche Betrachtung der Auswirkungen der 10-H-Regel wurde verzichtet.

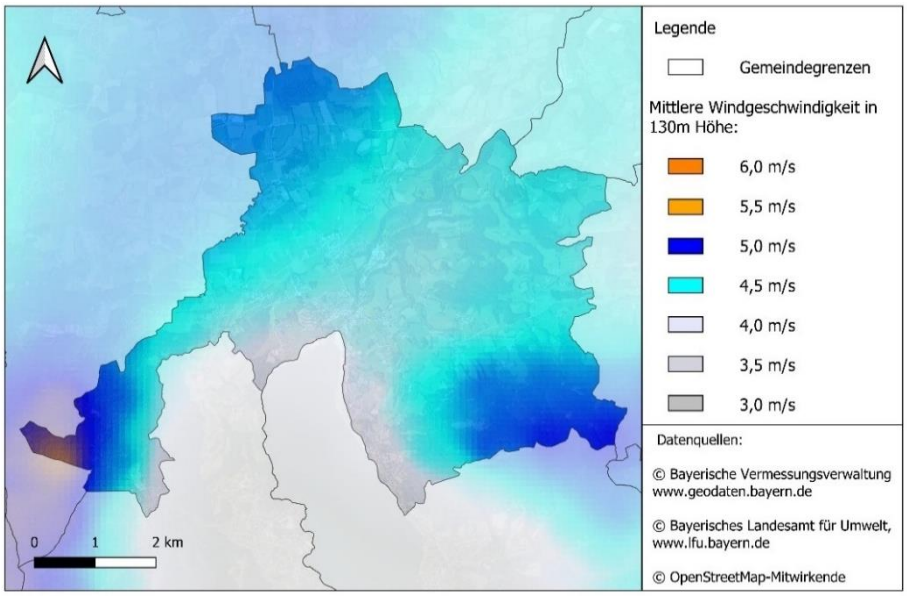


Abbildung 3-11: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 130 m Höhe über Grund.

FAZIT: 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 Gmund zu erwarten sind, ist in Abbildung 3-12 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Windgeschwindigkeiten über Gmund bei 2,0 bis 3,0 m/s liegen, in höheren Lagen bei 4,0 bis 5,0 m/s. Wie im vorherigen Kapiel beschrieben, handelt es sich bei diesen Flächen auch für Kleinwinkraftanlagen um Ausschlussgebiete. Damit kann für Gmund 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.

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.

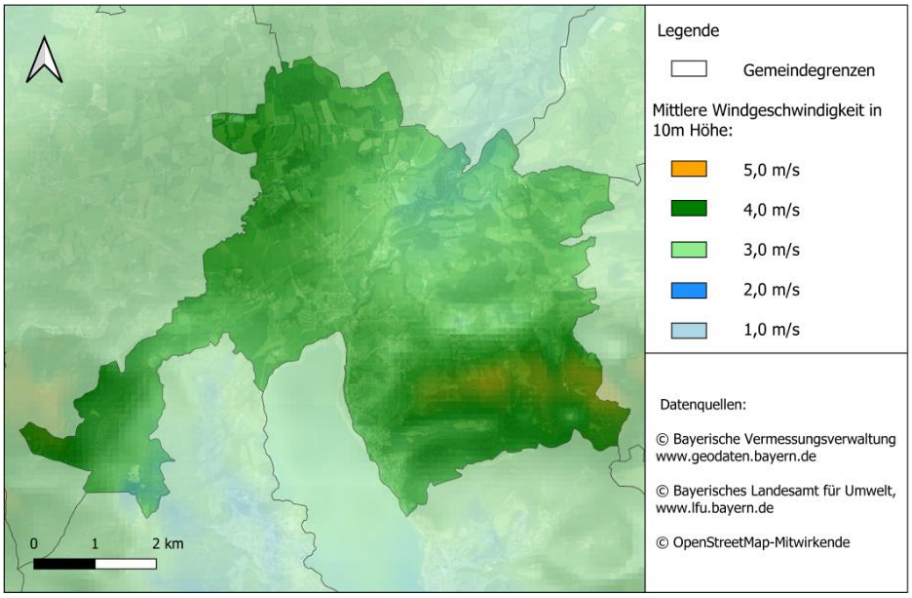


Abbildung 3-12: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 1981 - 2010 in 10 m Höhe über Grund.

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 und energieeffiziente 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).

Auf dem Gemeindegebiet von Gmund würde sich lediglich ein geringes Neubaupotenzial an bestehenden Querbauwerken bieten. Im Energieatlas Bayern werden diese ausgewiesen (LfU 2019 b). Die Wasserkraftnutzung in Gmund ist mit insgesamt acht bestehenden Anlagen bereits hoch. Bei dem verbleibenden Potenzial handelt es sich um die Restwassermenge dieser Bestandsanlagen, welche für den sinnvollen Betrieb von zusätzlichen Kraftwerken jedoch zu gering ist (Quelle: mündliche Auskunft WWA Rosenheim).

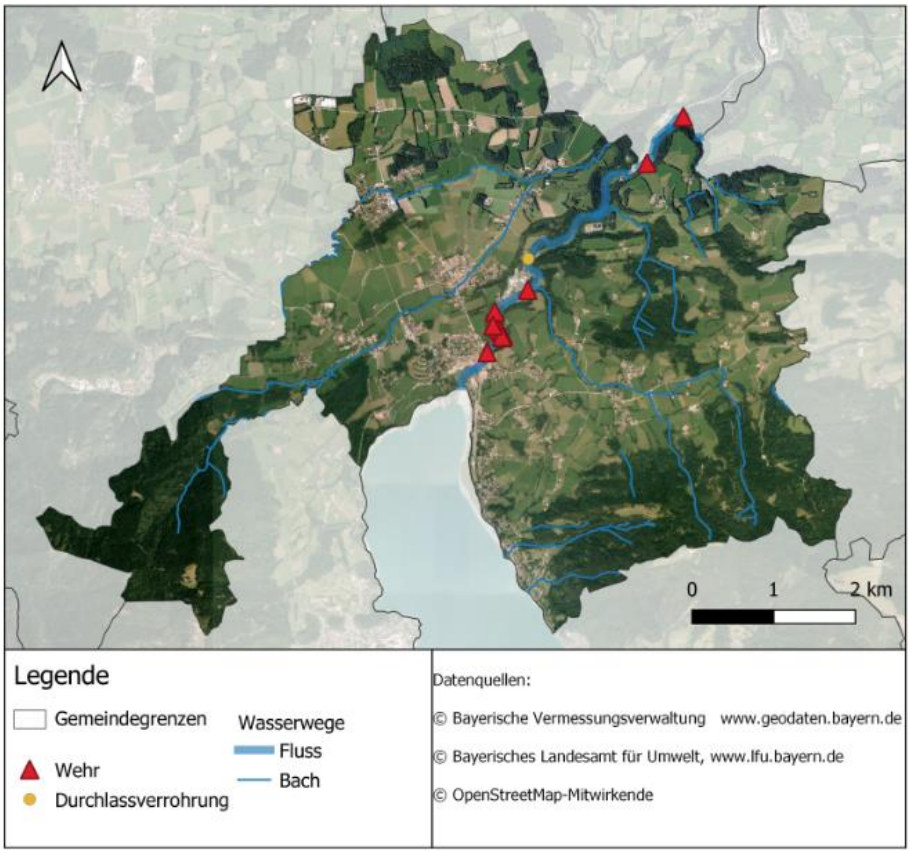


Abbildung 3-13: Gewässerkulisse von Gmund.

FAZIT: Potenzial liegt lediglich im Repowering von bestehenden Wasserkraftanlagen.

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. In größeren Gebäuden könnte eine Kombination von Luftwärmepumpe mit einem Gas-Brennwertgerät die CO_2 – Bilanz eines Gebäudes deutlich verbessern.

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 Erdwärmenutzungssysteme, die in Tiefen bis 5 m die Erdwärme nutzen. Für diese Technologie ergibt sich ein hoher Flächenbedarf.

- **Erdwärmesonden:** Eine Erdwärmesonde wird im Gegensatz zu den Erdwärmekollektoren in tiefere Erdschichten eingebracht. Diese 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. Die Bohrtiefe und Anzahl der Erdwärmesonden hängt vom erforderlichen Wärmebedarf ab.

- **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 angefürtten 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 Gmund 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 besiedelten Gemeindegebiet von Gmund in weiten Teilen möglich und durch keine gesetzlichen Einschränkungen betroffen (Abbildung 3-14). Nicht möglich ist die Nutzung in Heilquell- und Trinkwasserschutzgebieten. Als Siedlungsgebiete betrifft das den Berich östlich des Tegernsees. In Wasserschutzgebieten sind Bohrungen grundsätzlich nicht zulässig.

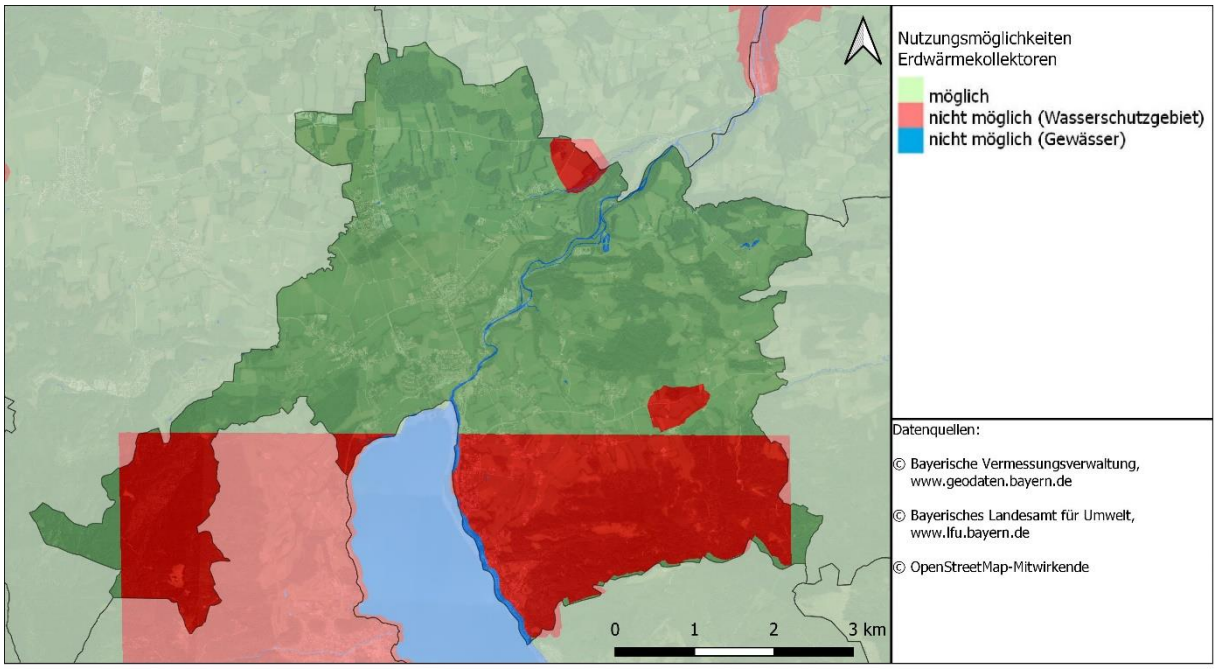


Abbildung 3-14: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmekollektoren im Gemeindegebiet Gmund.

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

3.2.6.2 Potenziale für Erdwärmesonden

Gegenüber Erdwärmekollektoren haben Erdwärmesonden den entscheidenden Vorteil, dass diese mehr oder weniger unabhängig von Witterungseinflüssen sind, die an der Erdoberfläche herrschen. Besonders im Neubaubereich mit geringem Wärmebedarf kann diese Technologie eine interessante Option zur Wärmebereitstellung darstellen.

Wie Abbildung 3-15 zeigt, ist die Nutzung von Erdwärmesonden in den meisten Siedlunggsbereichen möglich. In den Gebieten mit potenziell möglicher Nutzung sind Einzelfallprü-

fungen durch die Untere Wasserbehörde in der örtlich zuständigen Kreisverwaltungsbehörde durchzuführen. Ausgenommen sind auch hier die Trinkwasserschutzgebiete, sowie kleinräumige Bereiche entlang der Mangfall.

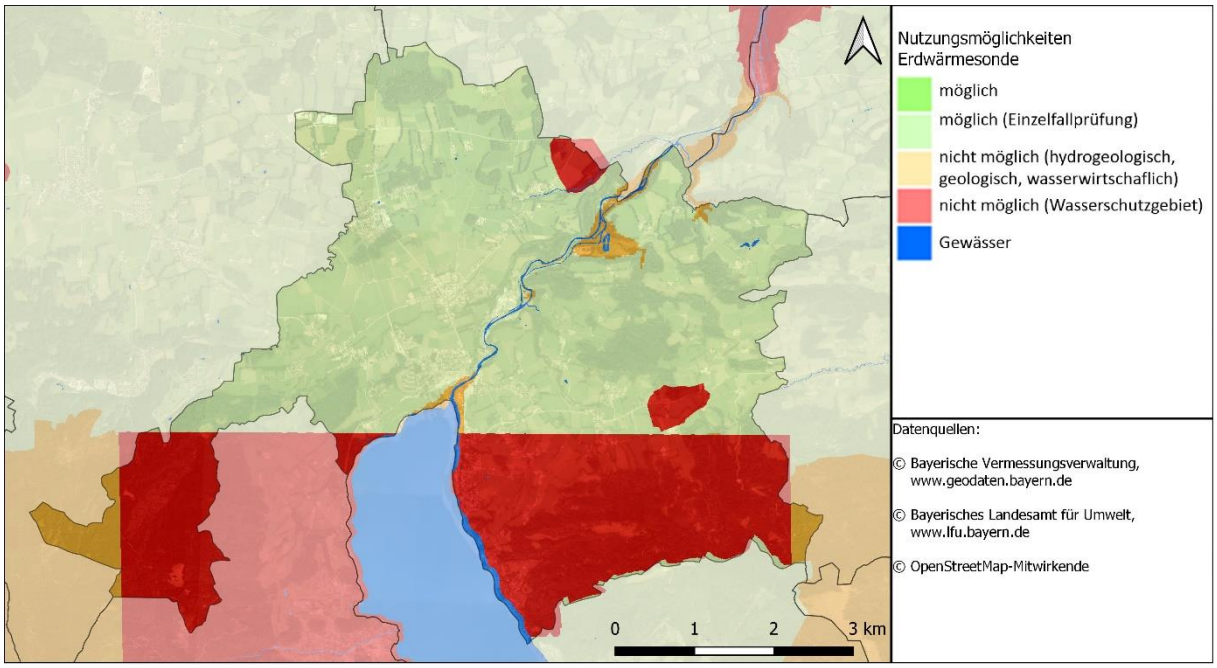


Abbildung 3-15: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden im Siedlungsgebiet von Gmund.

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

3.2.6.3 Potenziale für Grundwasserwärmepumpen

Die Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen auf dem Gemeindegebiet von Gmund sind in Abbildung 3-16 abgebildet.

In einem Großteil des besiedelten Gebietes ist die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen durchaus möglich. In diesen Bereichen besteht der Untergrund aus Kies oder sandig bis tonig-schluffigem Schotter. Ausschlussgebiete, in denen die Nutzung wasserschutzrechtlich bedingt oder aufgrund (hydro-) geologischer oder wasserwirtschaftlicher Gegebenheiten kritisch ist, sind in in Abbildung 3-16 farblich rot bzw. braun gekennzeichnet.

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 Gmund i.d.R. geringer als im Bundesdurchschnitt ist. Hier muss zusätzlich bedacht werden, dass dem knapp 8 Grad kalten Grundwasser nochmal bis zu 5 Grad Wärme entzogen wird.

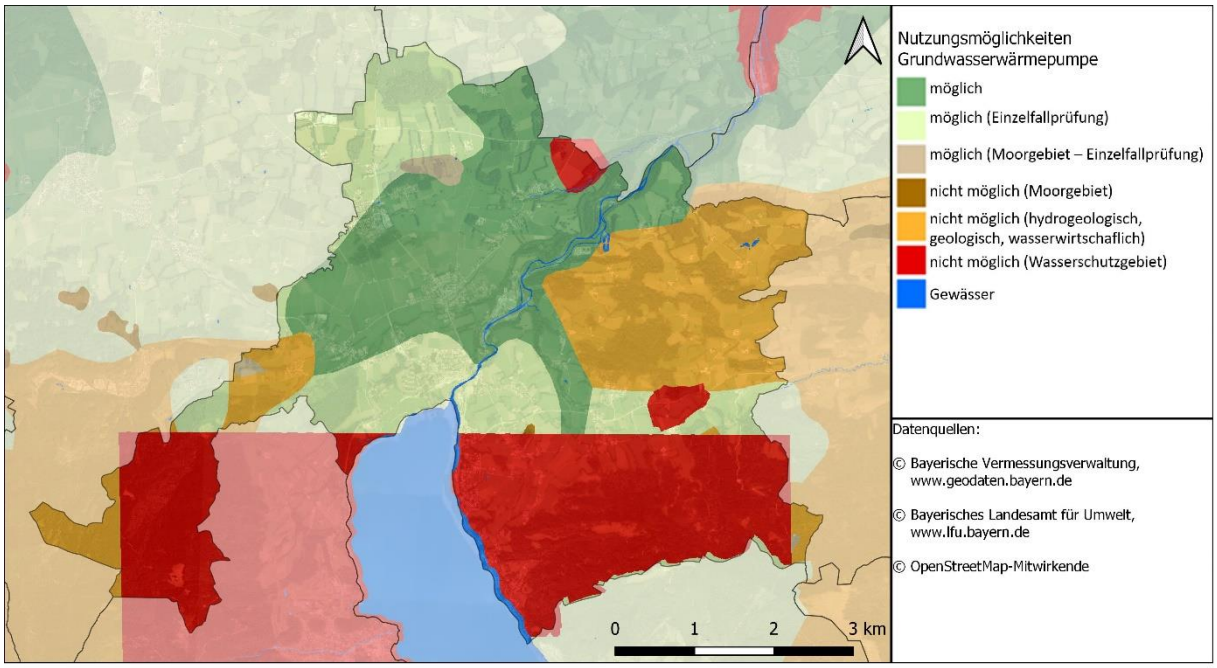


Abbildung 3-16: Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen im Siedlungsbereich von Gmund.

FAZIT: In den geeigneten Bereichen können Grundwasser-Wärmepumpen langfristig ein wirtschaftlich sinnvolles Potenzial für die regenerative Wärmeversorung 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 Gmund dargestellt.

Dabei hat sich gezeigt, dass insbesondere der Einsatz von Grundwasserwärmepumpen und Erdwärmesonden nicht überall uneingeschränkt einsetzbar ist. Die Nutzung von Erdwärmekollektoren ist dagegen in weiten Teilen des Gemeindegebietes möglich.

Um den Beitrag zur Senkung der CO_2 – 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. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Zubaurate beim Neubau sowie sanierten Gebäuden erhöhen wird. Interessant ist diese Technologie um niedrige Vorlauftemperaturen wie es i.d.R. bei Neubauten oder sanierten Gebäuden der Fall ist, zu decken. 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 - 2018 ergibt sich somit bis zum Jahr 2035 ein realistisches Potenzial von etwa **567 MWh Wärme** zusätzlich aus oberflächennahen Geothermiesystemen.

3.2.6.5 Sonderformen der oberflächennahen Geothermie

Wo die in den vorangehenden Kapitel beschriebenen Techniken nicht einsetzbar sind, können Sonderformen als Wärmequellen für Sole/Wasser/Wärmepumpen dienen.

- **Wärmekörbe**

Für eine Wärmequelle auf engerem Raum könnten sogenannte Erdwärmekörbe sorgen. Dies sind vorgefertigte Wärmetauscher, die auf relativ kleiner Fläche dem Erdreich Wärme entziehen können.

Abbildung 3-17: Beispielansicht eines Erdwärmekorbs.

- **Energiepfähle**

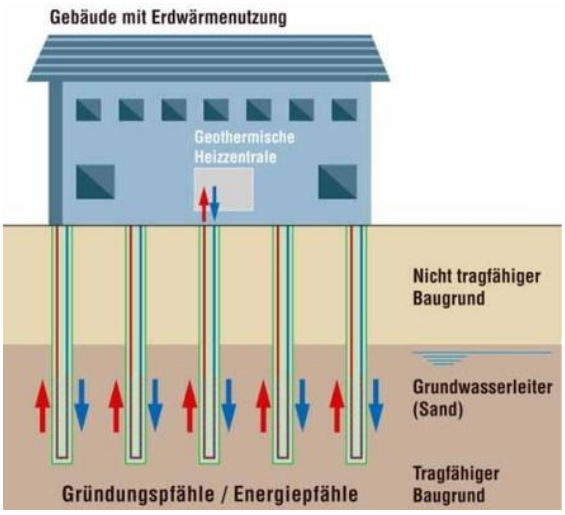


Abbildung 3-18: Das Prinzip von Energiepfählen (www.baunetzwissen.de).

In zukünftigen Neubauten wäre die Installation von Energiephählen beim Bau des Gebäudefundaments möglich. In Frage kommt das bei Gebäuden, bei welchen zur Stabilisierung des Baukörpers Betonpfähle vor Fertigstellung der Bodenplatte eingebracht werden. Die Pfahlgründungen könnten thermisch genutzt werden. Je nach erforderlicher Wärmeleistung eines Gebäudes können Rohrleitungen vorab in die Armierung der Pfähle installiert werden (Baunetz Wissen o. J.).

- **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 Heiz- oder Kühlenergie umgewandelt. Damit können Nahwärme- und Kühlnetze gespeist werden. Gerade für den Heiz- und Kühlbetrieb

von Hotels 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. Einsatzgebiete in Gmund könnten Ufer- oder Flussverbauungen, Seegrundstücke, sowie Gebiete mit Grundwasserabschottung sein.

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. Dort können in der Regel ausreichende Entnahmemengen für eine hydrothermale Wärme- oder Stromerzeugung realisiert werden.

Im Gemeindegebiet von Gmund herrschen dagegen keine günstigen geologischen Verhältnisse zur Erschließung von Tiefenerdwärme, wie Abbildung 3-19 zeigt. Gmund liegt am Nordrand der alpinen Decken im Bereich der Faltenmolasse, welche aus Festgesteins-Grundwasserleitern mit geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit aufgebaut is. Günstige Verhältnisse für Tiefengeothermie ergeben sich erst nördlich der Faltenmolasse. Infolge dessen ergibt sich nach derzeitigem Wissensstand kein Potenzial für Tiefengeothermie in Gmund.

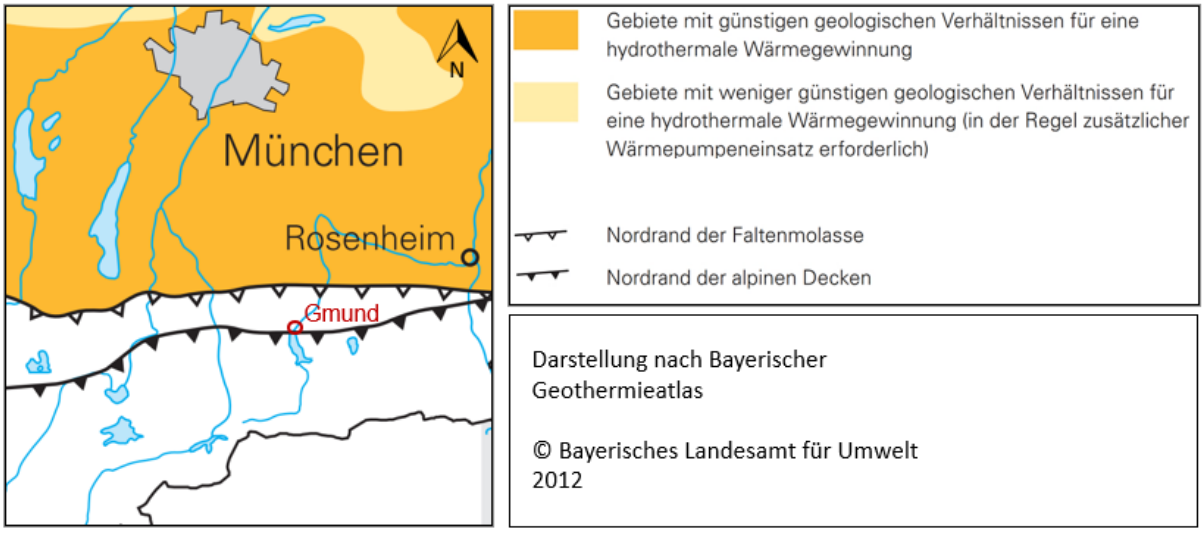


Abbildung 3-19: Gebiete in Bayern mit günstigen geologischen Verhältnissen zur Energiegewinnung.

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.

Bei der Papierfabrik Louisenthal fallen große Mengen an nutzbarer Abwärme an. Jährlich könnten **20.000 MWh** Abwärme ausgekoppelt werden (Quelle: mündl. Mitteilung).

Als weitere mögliche Abwärmequelle wird in der Abwärme-Informationsbörse im Energieatlas Bayern (StMWi 2017a) die kommunale Kläranlage ZV Tegernsee angezeigt. Jährlich fällt hier eine Abwassermenge von **3.767.561 m³** an (sh. Infokasten unten).

Ziel der Informationsplattform des Energieatlas Bayern ist es, Anbieter und Nutzer von Abwärme zusammenzubringen. Hier können über ein Online-Formular Einträge von Abwärmequellen oder -senken vorgenommen werden, welche dann in die Karte des Energieatlas Bayern aufgenommen werden. Insbesondere interessant ist dies dann, wenn die Entstehung von Abwärme unvermeidbar ist und auch keine Möglichkeit für eine betriebsinterne Nutzung existiert.

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 6.4 zusammengefasst.

*Auch aus Abwasser kann Wärme gewonnen werden. Vorraussetzungen dafür sind eine **Abwassermenge von mind. 5.000 Personen**, ausreichend große Wärmeabnehmer mit mind. **150 kW** Heizlast, der Einsatz von **Flächenheizungen** mit Vorlauftemperaturen mit **max. 30 °C** , sowie kurze Entfernungen der Wärmeabnehmer zur Kanalisation (**max. 300 m**) (LfU, 2015).*

FAZIT: Langfristig sollte die Nutzung der Abwärme aus der Papierfabrik Louisenthal in die Planungen der zukünftigen Wärmeversorgung mittels Fernwärme eingebezogen werden. Interessant ist das vor allem für den nahegelegenen Ort Dürnbach und in der weiteren Entwicklung auch für den Ortskern von Gmund.

Die Abwärme der Kläranlage kann nur intern genutzt werden.

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 von mehr als 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. Eine Übergangsalternative stellen die sogenannten Plug-In-Hybride dar. Diese verfügen neben dem Elektroantrieb – dessen Batterie üblicherweise eine Reichweite zwischen 20 und 80 Kilometer aufweist – auch über einen Verbrennungsmotor. So können alltägliche Fahrten mit geringeren Emissionen mit dem Elektroantrieb zurückgelegt werden. Bei längeren Fahrten – etwa in den Urlaub – springt dann der Verbrennungsmotor an.

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 3-20: 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 Gmund wurde der Handlungsbedarf und die wesentlichen Handlungsoptionen zunächst unter Berücksichtigung der aktuellen Bedarfssituation und den vorhandenen Energiepotenzialen identifiziert.

4.1.1 Strom

Die Ausgangslage im Strombereich ist in Gmund wie folgt: In der Jahresbilanz werden aktuell 7 % des Gesamtnetzabsatzes durch erneuerbare Energieanlagen im Gemeindegebiet erzeugt. Der verbleibende Anteil von 93 % wird durch Netzbezug und fossil erzeugten Strom durch BHKWs gedeckt (Abbildung 4-1).

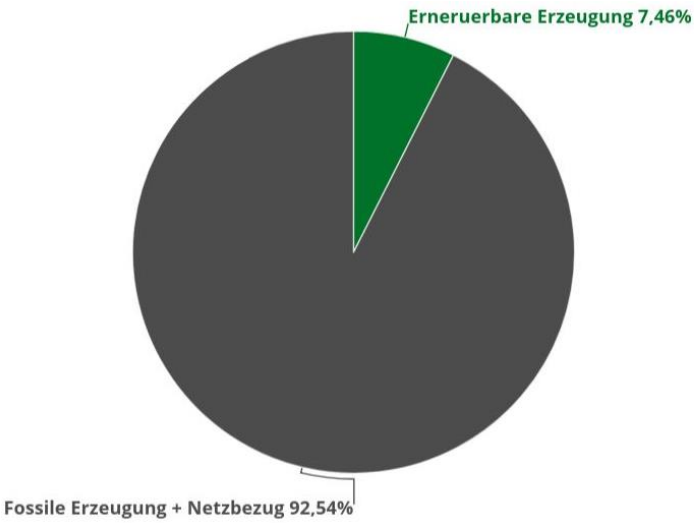


Abbildung 4-1: Anteil des in Gmund erneuerbar erzeugten Stroms am Gesamtstrombezug und der fossilen Stromerzeugung 2018.

Insgesamt liegt das weitere Potenzial in Gmund für erneuerbare Energien im Sektor Strom bei **27.778 MWh**. Dabei ergeben sich für den Ausbau im Strombereich anhand der ermittelten Energiepotenziale für die verschiedenen Energieträger prinzipiell folgende Handlungsoptionen:

PV-Dach: Das größte und Potenzial besteht für den weiteren Ausbau von PV-Anlagen auf Dachflächen. Bei der vorliegenden Potenzialausweisung wird berücksichtigt, dass auch Solarthermie zur Brauchwarmwasserbereitung 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 80 % aller für PV geeigneten Dachflächen kann der erneuerbare Anteil beim Strom um **21.832 MWh/a** erhöht werden. Für Gmund 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 gibt einige Flächen die nach §48 Abs. 1 Nr. 3 c (EEG 2021) als PV-Freiflächen in Frage kommen würden. Angenommen es würden vier 750 kW_p-Anlagen realisiert werden, könnten diese mit der in Gmund durchschnittlich verfügbaren Einstahlungsmenge **4.320 MWh** pro Jahr Strom erzeugen.

Biogas: Theoretisch besteht bei einer vollständigen Nutzung der in Gmund anfallenden Gülle- und Festmistmengen ein Erzeugungspotenzial für ca. **1.626 $MWh_{el.}$/a**. In der Praxis ist es schwierig, dieses Potenzial umzusetzen.

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

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

BHKW: Eine Verdoppelung der derzeitigen Energieerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung wäre mit marktüblichen Technologien realisierbar. Damit könnten zusätzliche **2.864 MWh/a** Strom erzeugt werden. In Kapitel 4.1.3.4 wird das Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung in Gmund genauer erläutert.

Mit Bezug auf den aktuellen Stromverbrauch in Gmund verdeutlicht Abbildung 4-2, dass innerhalb des Gemeindegebiets nicht genügend Potenziale vorhanden sind, um eine vollständige Deckung des derzeitigen Netzabsatzes durch erneuerbare Energien zu erreichen. Würde man die Papierfabriken nicht berücksichtigen, so wäre, unter Hinzuzählung der Stromerzeugung aus den meist erdgasbetriebenen BHKWs, eine Deckung des derzeitigen Stromverbrauchs möglich. Eine Reduzierung des Strombedarfs, eine Steigerung der Energieeffizienz sowie ein starker Ausbau der Photovoltaik-Anlagen sind, wie durch das Szenario abgebildet, demnach unbedingt anzustreben. Diese Komponenten der zukünfitgen Entwicklung wurden auch bei der Durchführung des zweiten Akteurstreffens als wichtigste Maßnahmen erachtet. Die beiden dargestellten Szenarien beziehen sich auch auf den Stromverbrauch abzüglich der Papierfabriken. Das Szenarion E-Mobilität geht davon aus, dass im Jahr 2035 25 % aller derzeit gemeldeten PKWs Elektrofahrzeuge sind, das Szenario -15 % geht von einer Abnahme des Stromverbrauch um 15 % im Vergleich zu heute bis 2035 aus.

Einer der Schwerpunkte bei der Maßnahmenentwicklung zum Energienutzungsplan Gmund liegt folglich auf der Steigerung der Energieeffiziez und der Errichtung von PV-Anlagen auf kommunalen Liegenschaften.

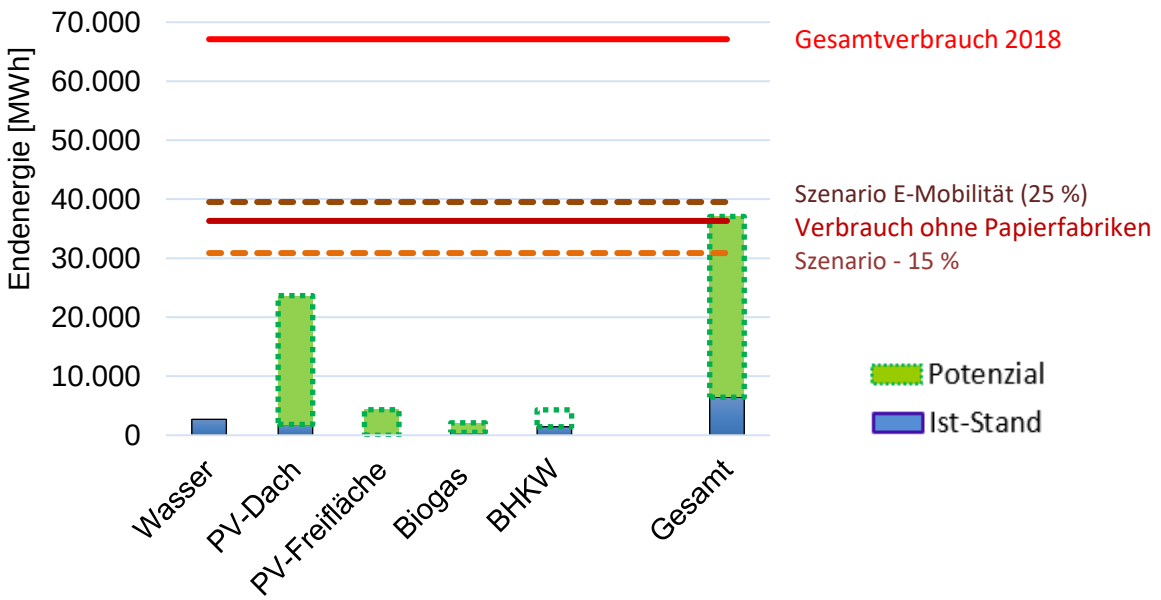


Abbildung 4-2: Ist-Stand (2018) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in Gmund im Vergleich zum Gesamtverbrauch 2018 bzw. zum Verbrauch 2018 unberücksichtigt der Papierfabriken und Szenarien dazu.

4.1.2 Wärme

Die Anteile zur Deckung des Wärmebedarfs sind ähnlich die des Stroms. Ebenso rund 93 % werden durch Heizöl, Erdgas oder durch lokale fossile Erzeugung durch BHKWs produziert. Die restlichen 7 % können durch erneuerbare Energieträger gedeckt werden (Abbildung 4-3).

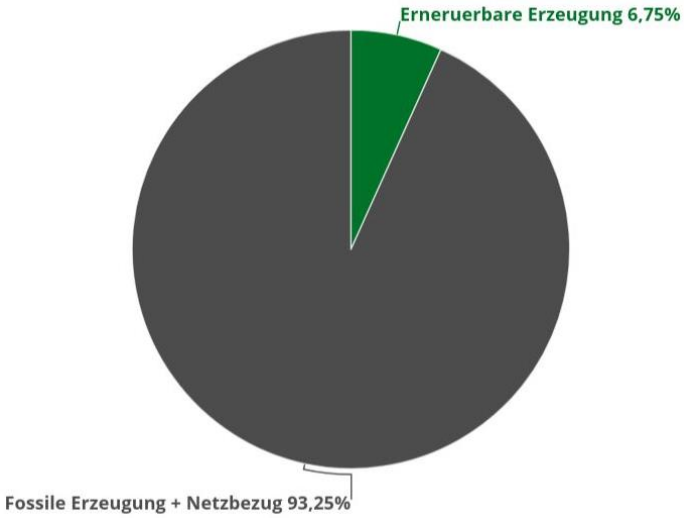


Abbildung 4-3: Erneuerbarer und fossiler Anteil der Wärmeversorgung im Jahr 2019 in Gmund.

In Gmund wird mehr als doppelt so viel Endenergie in Form von Wärme benötigt wie für Strom. Fortschritte im Wärmesektor spielen daher eine Schlüsselrolle für den Erfolg der lokalen Energiewende. Der Blick auf die zusammenfassenden erneuerbaren Energiepotenziale zeigt (Abbildung 4-4), dass in Gmund verschiedene Handlungsoptionen zum Ausbau des erneuerbaren Wärmeanteils existieren. Insgesamt ist ein zusätzliches Potenzial von mindestens **33.290 MWh** zur Wärmebereitstellung durch erneuerbare Energieträger vorhanden. Deutlich wird aber auch hier, dass ein Mix aller Energieträger nötig ist, um Fortschritte in der Energiewende zu machen.

Solarthermie: Prinzipiell ein sehr großes Ausbaupotenzial besteht in Gmund für Solarthermie. Es stehen mit der Dachlandschaft in Gmund viele geeignete Dachflächen zu Verfügung, insgesamt kann derzeit aber kein entscheidender Trend beim Zubau von Solarthermieanlagen verzeichnet werden. Für eine Realisierung dieses Potenzials ist die unabhängige Initiative sehr vieler Akteure notwendig, auch wirtschaftlich darstellbar ist nur ein kleiner Teil des Potenzials. Die Gewichtung der Dachflächenverfügbarkeit für PV- bzw. Solarthermieanlagen wurde demnach zugunsten von PV-Anlagen vorgenommen.

Angenommen, 20 % der noch für Solarenergie geeigneten Dachflächen werden für Solarthermie-Anlagen genutzt, könnten zusätzlich **6.640 MWh** pro Jahr an Wärme bereitgestellt werden.

Energieholz: Nur ein begrenzter Teil des nutzbaren Energieholzes in den Wäldern von Gmund wird derzeit genutzt. Allein in den Privatwaldflächen auf dem Gemeindegebiet von Gmund können durch den nachhaltigen Einsatz von Hackschnitzeln, Scheitholz und Pellets zusätzlich **6.083 MWh/a** Wärme gewonnen werden. Aufgrund des Waldreichtums der gesamten Region ergeben sich insgesamt nennenswerte Energieholzpotenziale für den Energieträger Holz. Mittlerweile besteht in der gesamten Region eine gute logistische Versorgung mit Hackschnitzeln unterschiedlicher Qualitäten, so dass relativ hochwertige Ware ganzjährig zur Verfügung steht. Die besten Chancen zur Nutzung dieses Potenzials stellen größere Wärmeinseln in Gemeindebereichen mit hohem Wärmebedarf dar.

Oberflächennahe Geothermie: Für die Nutzung oberflächennaher Erdwärmesysteme ist es aufgrund der jeweiligen Standortbedingungen schwierig, ein quantitatives Potenzial auszuweisen. Es ist in jedem Fall eine Einzelfallprüfung notwendig. Vor allem Erdwärmekollektoren und Grundwasserwärmepumpen könnten in Gmund im Neubaubereich bzw. zur Deckung von Heizwärmebedarf mit relativ niedrigem benötigtem Temperaturniveau (z.B. Fußbodenheizung) noch vorhandenes Potenzial bieten. Mittels Fortschreibung der Ausbaurate der letzten 10 Jahre bis zum Jahr 2035 kann mit etwa zusätzlich **567 MWh/a** Wärmebereitstellung durch oberflächennahe Geothermie gerechnet werden.

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

Abwärme: Bei den Papierfabriken fallen große Mengen an Abwärme an. Rund **20.000 MWh** pro Jahr könnten bei der Papiefabrik Louisenthal ausgekoppelt werden und langfristig gesehen in Form von Fernwärme dem benachbarten Ortsteil Dürnbach oder dem Ortskern von Gmund zur Verfügung gestellt werden.

BHKW: Eine Verdoppelung der derzeitigen Energieerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung würde zusätzliche **5.729 MWh/a Wärme** erzeugen. In Kapitel 4.1.3.4 wird das Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung in Gmund genauer erläutert.

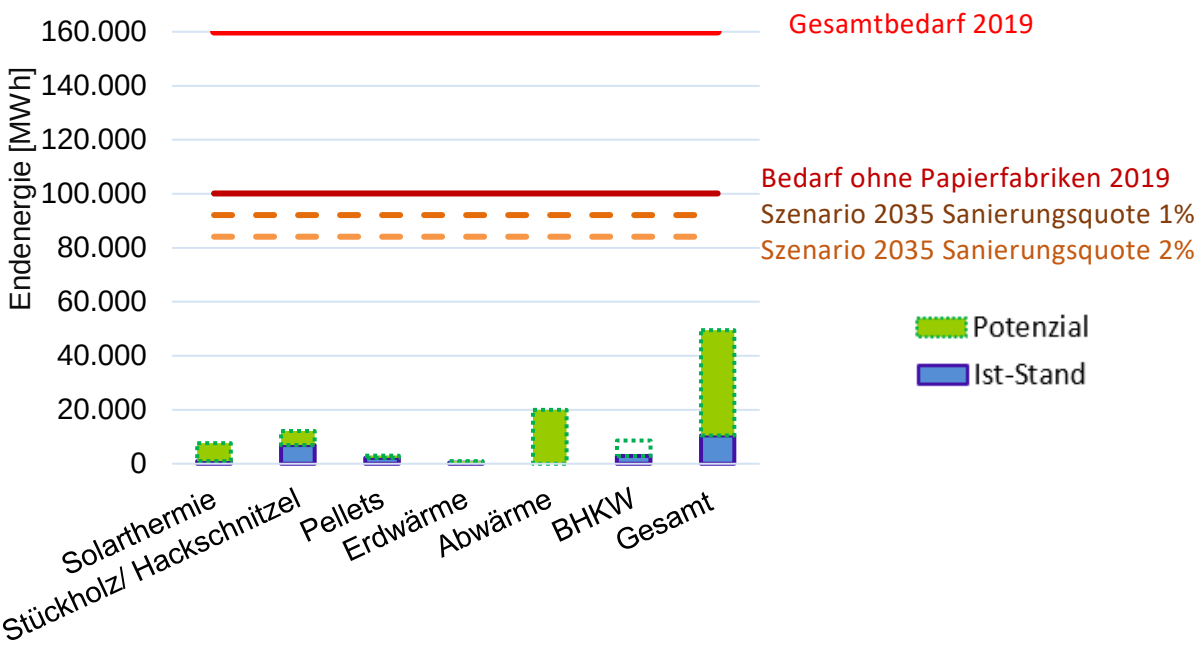


Abbildung 4-4: Ist-Stand (2016) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in Gmund.

Eine Steigerung der regenerativen Wärmeerzeugung ist möglich, eine bilanzielle Deckung des Wärmebedarfs allein durch erneuerbare Energien aus dem Gemeindegebiet von Gmund ist jedoch auch durch eine erhebliche Reduktion des Wärmebedarfs nicht vollständig realisierbar (Abbildung 4-4) Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs gewinnen damit an zentraler Bedeutung. Eine äußerst effektive Maßnahme für private Haushalte ist beispielsweise im Kapitel 5.2.1 „Energiekarawane“ beschrieben.

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 Wärmegestehungs- und -lieferungskosten pro MWh und umso eher ist eine Wettbewerbsfähigkeit gegeben.

Die jeweiligen Rahmenbedingungen einschließlich der Vorraussetzungen zur Erschließung von Nahwärmenetzen sind ausführlich im Maßnahmenteil des Energienutzungsplanes Gmund erläutert.

4.1.3 Ausbauszenario Erneuerbare Energien

Anhand der dargestellten Energiepotenziale und den Ergebnissen aus der Diskussion eines Akteurstreffens mit dem AK Gmund, welches im März 2021 stattfand, wurden die möglichen Szenarien für die Wärme und Stromversorgung in Gmund erarbeitet. Diese Zukunftsszenarien haben nicht den Anspruch, eine Prognose abzugeben, sondern sie stellen, unter Berücksichtigung der auf dem Gemeindegebiet von Gmund verfügbaren Potenziale, mögliche Entwicklungen dar.

4.1.3.1 Strom

Die derzeitige Situation des Stromverbrauchs sowie die Einsparpotenziale sind in Kapitel 2.1 und 3.1.1 beschrieben. Unter Anbetracht der steigenden Einwohnerzahlen, einer zunehmenden Digitalisierung und dem Trend zur E-Mobilität ist mit keinem deutlichen Rückgang des Netzbezugs zu rechnen. Deshalb wurde in dem in Abbildung 4-5 dargestellten Szenario ein zu heute gleichbleibender Stromverbrauch als ein realistisches Szenario betrachtet.

Zusätzlich wird dargestellt, wie sich der Stromverbrauch ohne Berücksichtigung der Papierfabriken verhält. Zum Vergleich werden zudem Bedarfs-Szenarien dargestellt, bei welchen einerseits eine Quote von 25 % E-Autos (25 % der derzeit gemeldeten PKWs) und eines mit einer Einsparung von 15 % gegenüber dem heutigen Stromverbrauch angenommen werden.

Bei einem angenommenen konstant bleibendem Strombedarf bis zum Jahr 2035 und einer nahezu vollständigen Ausschöpfung der Potenziale zur erneuerbaren Stromerzeugung würde der Anteil der erneuerbaren Energien von heute 7,4 % auf 40,8 % ansteigen.

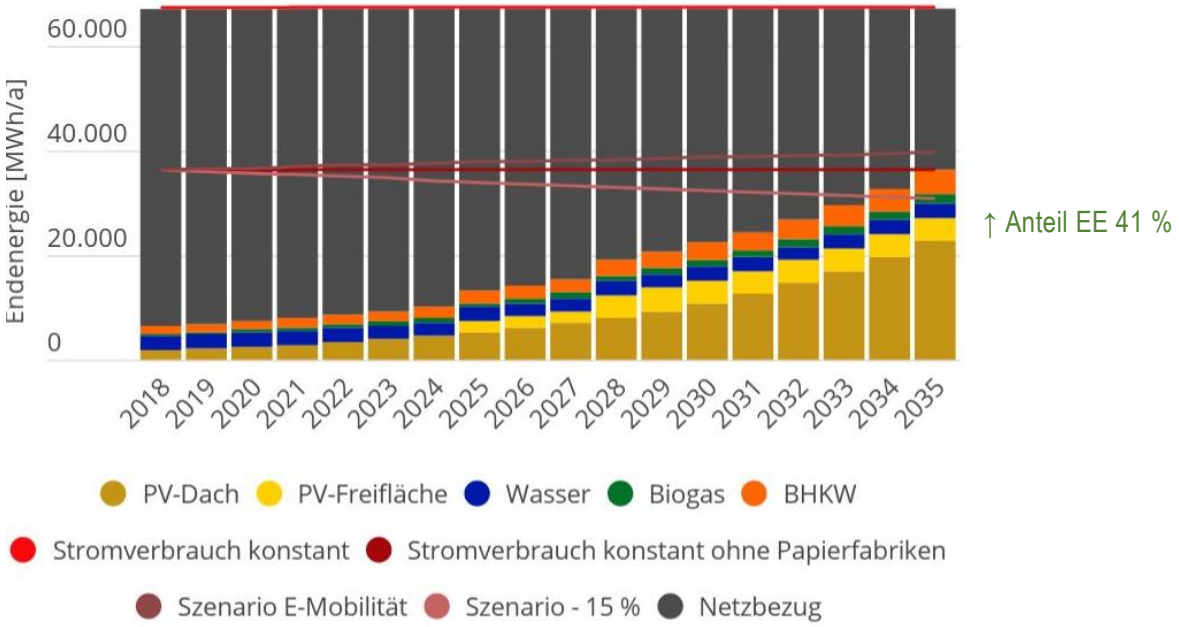


Abbildung 4-5: Ausbaupfad bis 2035 für eine zukünftige Stromversorgung in Gmund.

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 Gmund bis 2035 umsetzbar. Die Potenziale der Kraft-Wärme-Kopplung in Gmund werden in Kapitel 4.1.3.4 erläutert.

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 somit im Jahr 2035 in Gmund bei 134.142 MWh liegen. Dies entspricht einer Einsparung um 16 %. Gemäß dem Szenario könnte der Anteil der regenerativen Energieträger zur Wärmebereitstellung von heute 6,7 % auf 17,6 % ansteigen. Abbildung 4-6 zeigt einen zukünftigen Entwicklungspfad der Wärmeversorgung in Gmund, bei dem die nach derzeitiger Umsetzbarkeit möglichen Potenziale realisiert werden. Zum Vergleich wird ebenso der von heute gleichbleibender Wärmebedarf dargestellt.

Das Szenario verdeutlicht, dass ein Mix aller zur Verfügung stehenden Energieträger notwendig ist, um Fortschritte in der Wärmewende machen zu können. Einen nicht zu vernachlässigen Beitrag kann auch die Kraft-Wärme-Kopplung spielen. Das Szenario zeigt auch, dass unter den getroffenen Annahmen eine vollständige Substitution des Energieträgers Heizöl durch Reduzierung des Wärmebedarfs und des Ausbaus erneuerbarer Energien bis 2035 realisierbar ist. Der Schlüssel dazu liegt in diesem Szenario in der Nutzung der Abwärme, welche in der Papierfabrik Louisenthal zur Verfügung steht. Hier exemplarisch ab 2030 dargestellt.

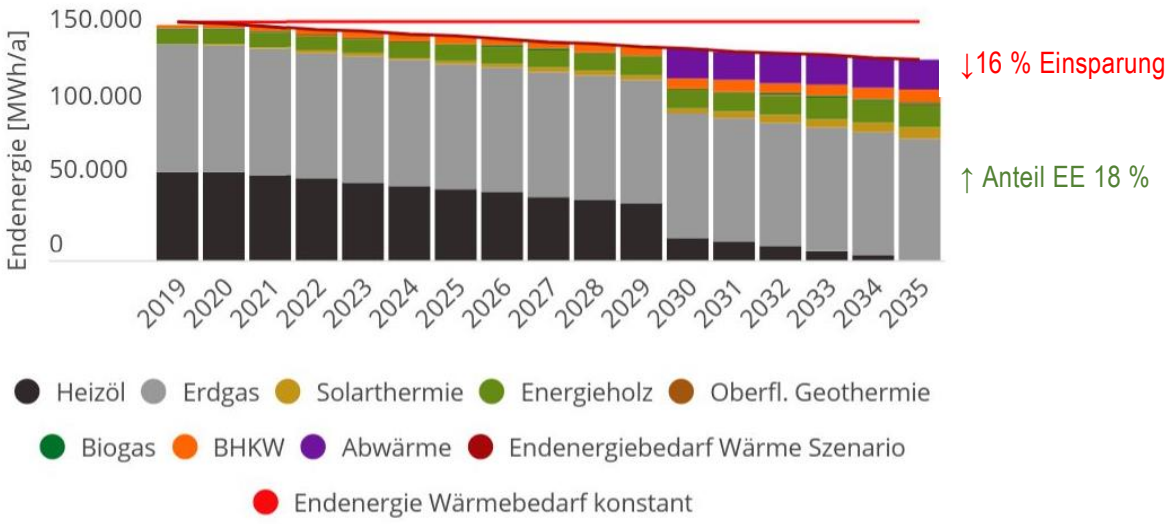


Abbildung 4-6: Ausbaupfad für eine zukünftige Wärmeversorgung in Gmund.

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 CO_2, 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 Gmund alleine zur Bereitstellung von Energie in Form von Wärme und Strom 66.468 t CO_2-Äquivalente pro Jahr in die Erdatmosphäre emittiert, das entspricht 10,9 t/EW. Abbildung 4-7 zeigt, wie die Treibhausgasemissionen in Gmund gemäß den in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Szenarien reduziert werden könnten. Unter der Annahme, dass der Strombedarf konstant bleibt, eine Reduzierung des Wärmebedarfs um 16 % realisiert wird und die Potenziale der Erneuerbaren Energien in beiden Sektoren ausgeschöpft werden, würden sich die derzeitigen CO_2-Emissionen um rund 44 % auf 38.657 t CO_2-Äquivalente pro Jahr reduzieren. Auch welcher Anteil der Treibhausgasemissionen welchem Energieträger zuzuordnen ist, wird aus Abbildung 4-7 ersichtlich.

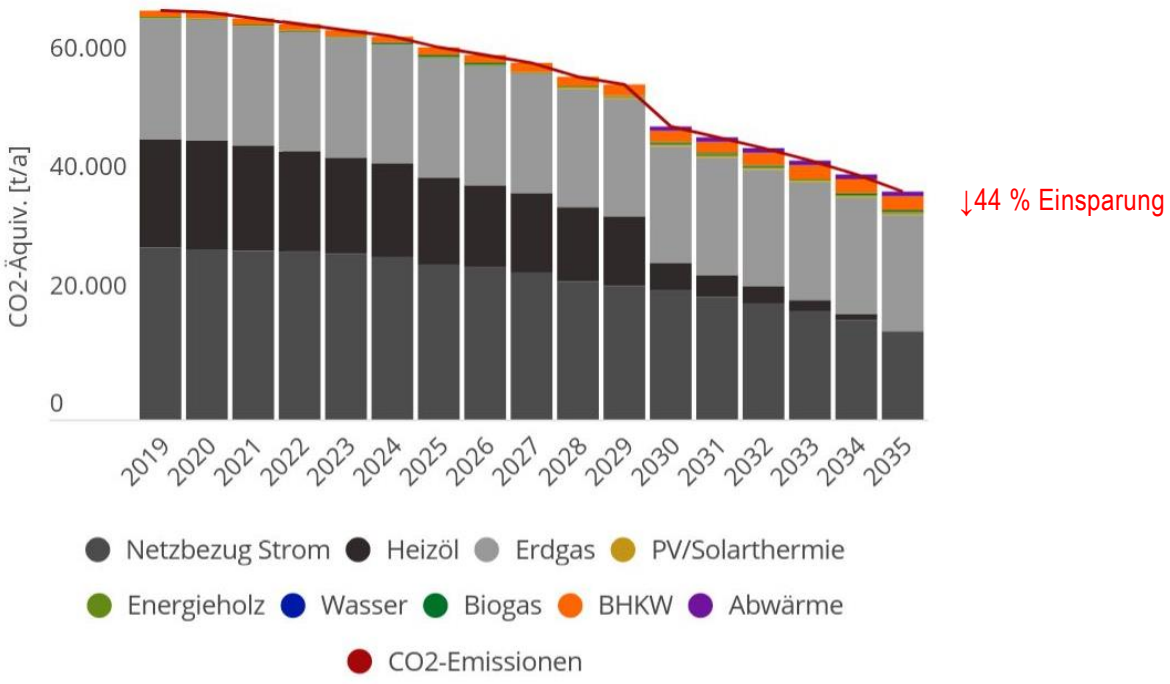


Abbildung 4-7: Möglicher Beitrag zum Klimaschutz im Wärme- und Stromsektor bei Realisierung der oben dargestellten Szenarien in Gmund.

Im Sinne des Klimaschutzes am wirksamsten ist eine rasche Substitution des Energieträgers Öl durch erneuerbare Brennstoffe. Die industrielle Erzeugung von flüssigen oder gasförmigen Energieträger kann langfristig zum Klimaschutz beitragen. Sog. Power-to-Gas Anlagen erzeugen beispielsweise aus überschüssigen Strommengen im Netz Wasserstoff, der sehr gut lager- und transportfähig ist. Auch der Energieträger Flüssiggas kann aus Reststoffen wie z.B. Glycerin, Stärke oder Zellulose hergestellt werden. Grundsätzlich stoßen Erd- und Flüssiggas weniger CO_2 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 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Anlagen zur kombinierten Erzeugung von Wärme und Strom, sog. Blockheizkraftwerke (BHKWs), 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 über das ganze Jahr 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 und damit einen hohen Eigenverbrauch erzielen. Diese Technologie wird in Gmund bereits von vielen

größeren Hotels oder z.B. in der Grundschule genutzt. Die Anlagen laufen in der Regel wärmegeführt, d.h. sofern mehr Strom produziert wird, als im Gebäude benötigt, wird er ins Netz eingespeist und vergütet. Im Jahr 2018 waren dies ca. 1,4 GWh, also ca. 2 % des Netzabsatzes.

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 Gmund könnte Stromnetze entlasten und als wichtiger Zwischenschritt zur Energiewende beitragen. Abhängig von der politischen Weichenstellung bzgl. Strom- oder CO_2-Besteuerung könnte in Gmund eine Verdopplung der Stromerzeugung realisiert werden. Im Gegensatz zu den bestehenden, etwas größeren KWK-Anlagen könnten zahlreiche kleinere Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung zusätzlich 1.000 kW Grundlast bereitstellen. 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 Ausfuhrkontrolle (**BAFA**) bezuschusst, wobei ab einer Leistung von 20 kW eine Kumulierung der Fördermittel kaum mehr möglich ist.

Nicht zuletzt unterstützt der ***Ökobonus der Tegernseer Erdgasversorgung*** mit 1.500,- € pro Neuanlage diese Technologie.

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 Gmund derzeit über 11,2 Mio. € jährlich für die Wärmebereitstellung ausgegeben. Bei einem durchschnittlichen Strompreis über alle Nutzergruppen von 230 €/MWh wird Strom für mehr als 15,4 Mio. € eingekauft (Abbildung 4-8). Insgesamt entstehen für Gmund somit jährliche Gesamtenergiekosten in Höhe von 26,6 Mio. € für den Bezug von Wärme und Strom. Ein weiterer Ausbau der regenerativen Energien bedeutet langfristig eine Reduktion diese Kosten und eine Steigerung der regionalen Wertschöpfung.

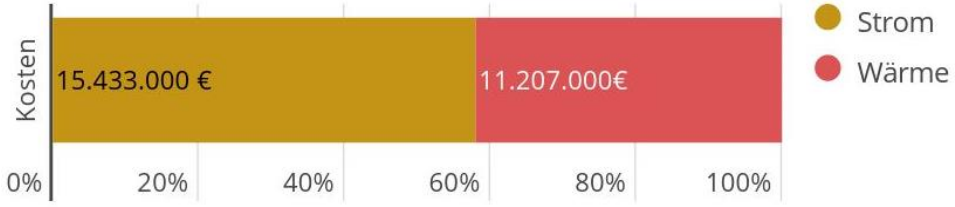


Abbildung 4-8: Summe der Gesamtkosten 2018/2019 für Wärme und Strom in Gmund.

Der Ausbau der in den vorausgehenden Kapiteln beschriebenen Potenziale gemäß der skizzierten Szenarien ist einerseits mit hohen Investitionen verbunden. Für den Stromsektor würde dies beispielsweise Investitionen in Höhe von 38 Mio. € bedeuten, wovon der Hauptanteil auf PV-Dachanlagen entfällt.

Allerdings sind Städte und Gemeinden als wichtige Treiber beim Ausbau erneuerbarer Energien (EE) gleichzeitig in relevantem Umfang Profiteure dessen. Denn es werden durch den Ausbau der EE heimische Energiequellen, Technologien und Dienstleistungen eingesetzt und bisher importierte Energierohstoffe oder Endenergien ersetzt. Eine Reihe von Wertschöpfungsschritten finden zudem in den Kommunen selbst statt, die dort positive regionalwirtschaftliche Ausstrahlungseffekte mit sich bringen (Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung 2010).

Einer Gegenüberstellung der Umsätze für die regionale regenerative Energieerzeugung heute und den zuvor dargestellten Entwicklungspfaden bis 2035 ist in Abbildung 4-9 dargestellt. Ein hohes Potenzial zur Steigerung der regionalen Wertschöpfung ist demnach vorhanden. Insgesamt lässt sich der lokale EE-Umsatz durch den skizzierten Ausbau erneuerbarer Energien mehr als vervierfachen. Vor allem im Stromsektor ist durch den Ausbau der Photovoltaikanlagen eine große Steigerung der Einnahmen zu generieren.

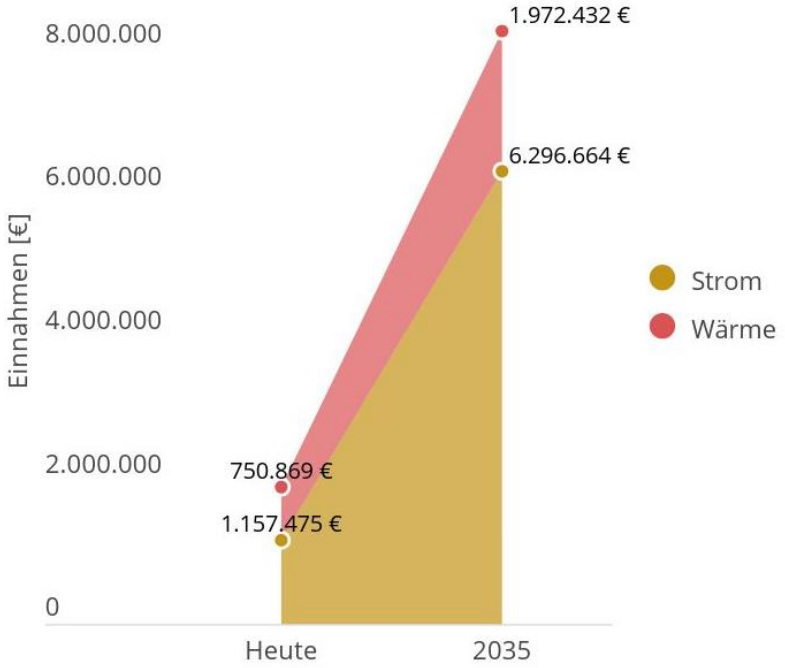


Abbildung 4-9: Regionale Wertschöpfung in 2018/2019 und 2035 durch erneuerbare Energien entsprechend der Szenarien.

5 Maßnahmenempfehlungen für Gmund

Aus den erhobenen Verbrauchsdaten sowie den Potenzialen zur Energieversorgung in Gmund 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 wird.

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 3).

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 in folgendem Ablaufschema in Abbildung 5-1 dargestellt.

Insgesamt sind im Folgenden für die Gemeinde 17 Maßnahmenvorschläge ausgearbeitet. Davon betreffen 13 Maßnahmen unmittelbar die "**kommunalen Liegenschaften".** Als „**Maßnahmen für Bürgerinnen und Bürger"** und als „**Sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde"** werden vier bzw. sechs Handlungsvorschläge aufgeführt. In Kapitel 5.4 werden alle Maßnahmen in einer Übersichtstabelle zusammengefasst.

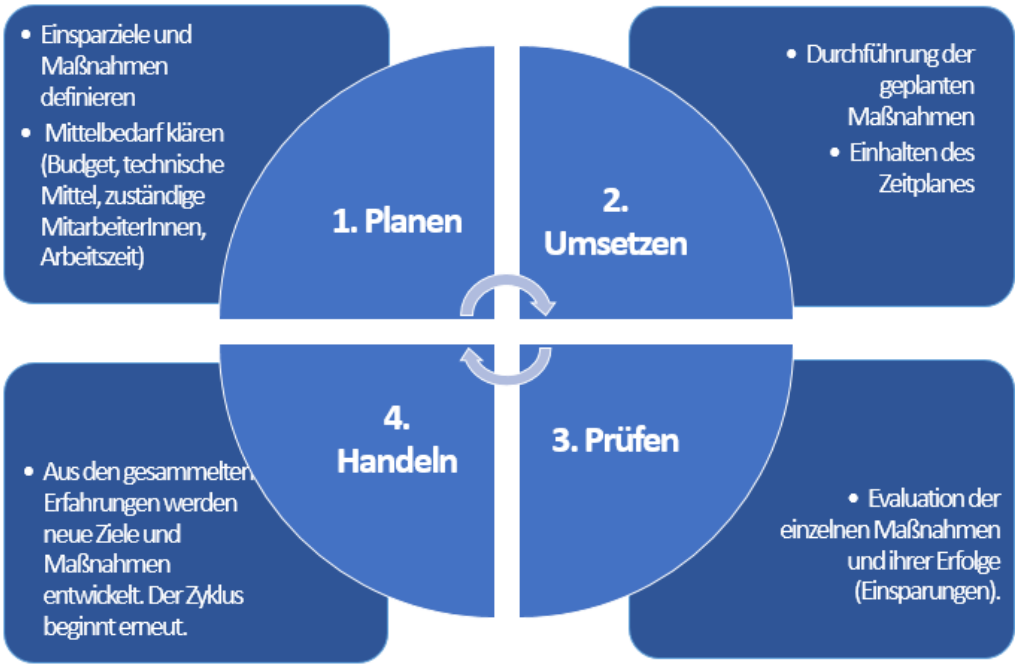


Abbildung 5-1: Ablaufschema bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen.

5.1 Kommunale Liegenschaften

Mit der Realisierung der wie folgt dargestellten Maßnahmen für die kommunalen Liegenschaften kann die Gemeinde ihrer Vorbildfunktion in Sachen Klimaschutz und Ressourceneffizienz gerecht werden. Wo möglich, wurden die mit der Maßnahme verbundenen Investitionskosten berechnet. Die Umsetzung aller PV-Maßnahmen ist demnach schätzungsweise mit Gesamtinvestitionskosten von knapp 70.500 € verbunden.

Die folgenden dargestellten Maßnahmen sind dabei nach Liegenschaften gegliedert. Es liegen Maßnahmenvorschläge für folgende Liegenschaften vor:

- Bauhof (S. 80)
- Kläranlage (S. 80)
- Pius Kinderkrippe (S. 81)
- Pius Kindergarten (S. 81)
- VHS Gebäude Dürnbach (S. 86)
- Strandbad Seeglas (S. 86)
- Grundschule Gmund und Turnhalle (S. 87)
- Rathaus (S. 88)

5.1.1 PV Anlage Bauhof

		Kurzfristig	
Amortisierungs-dauer: 11 Jahre	**Investitionskosten:** 35.280 €	**CO_2-Einsparpoten-zial:** 13,8 t/a	**Primärenergie-Einsparung:** 23,5 MWh/a

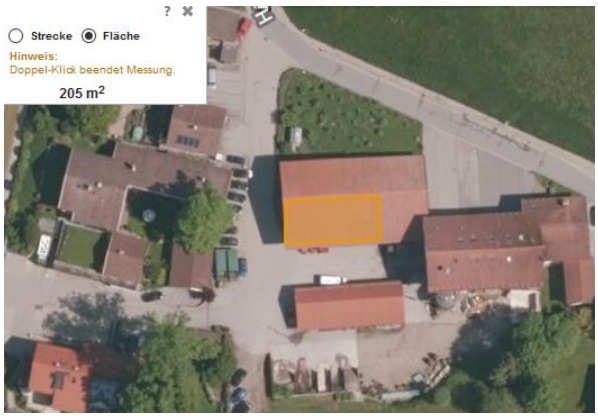


Abbildung 5-2: Geeignete Dachfläche für eine PV-Anlage auf dem Bauhofgebäude.

Die nach Süden gerichteten Dächer des Bauhofs eignen sich sehr gut für die Installation einer PV-Anlage. Der Bauhof selbst verbrauchte in der Vergangenheit ca. 22.000 kWh Strom pro Jahr. Mit einer PV-Dachanlage könnte ein Teil des Stroms direkt vor Ort erzeugt und verbraucht werden. Bei der Planung der Anlage ist ein ausreichender Abstand für den erforderlichen Schneefang einzuplanen sowie die Verschattung durch das Hauptgebäude zu vermeiden. Dennoch könnte hier mit einer elektrischen Spitzenleistung von ca. 25 kW sehr günstig Strom für Maschinen, Beleuchtung und Fahrzeuge gewonnen werden. Die Simulation der Anlage errechnet beim jetzigen Strombedarf eine Amortisationszeit von 11 Jahren. Hierbei können 45 % des Stromertrags selbst verbraucht werden. Werden perspektivisch vermehrt Geräte und Fahrzeuge mit Elektro- statt Verbrennungsmotoren eingesetzt, wird der Stromverbrauch steigen und durch den erhöhten Eigenverbrauchsanteil die Amortisationszeit auf unter 10 Jahre sinken.

5.1.2 PV-Anlage Kläranlage

		Kurzfristig	
Amortisierungs-dauer: 8 Jahre	**Investitionskosten:** 55.552 €	**CO_2-Einsparpoten-zial:** 21,6 t/a	**Primärenergie-Einsparung:** 82,8 MWh/a

Abbildung 5-3: PV-Anlage Kläranlage.

Die Kläranlage bietet mehrere, nach Süden gerichtete Dachflächen, die sich für die Installation einer PV-Anlage eignen. Beispielhaft wurde hier eine Simulation einer 40 kW_p-Anlage durchgeführt. Knapp 46.000 kWh könnten pro Jahr duch eine 40 kW_p-Anlage erzeugt werden, die vollständig für den Betrieb der Kläranlage genutzt werden können. Die Stromgestehungskosten lägen bei 0,09 €/kWh im Gegensatz zum derzeiti-

gen Strompreis von 0,22 €/kWh. Die Amortisationszeit einer solchen Anlage mit Investitionskosten von 55.552 € würde 8 Jahre betragen. Durch den Bezug des erneuerbaren Stroms könnten 21,6 t CO_2 pro Jahr eingespart werden.

Um die Kläranlage herum befinden sich einige große Bäume, die in den Wintermonaten die Dachflächen eventuell zeitweise verschatten könnten. Das wäre jedoch kein Hinderungsgrund für PV-Anlagen an diesem Standort. Denn wie Abbildung 5-4 zeigt, ist die solare Einstrahlung im Winter ohnehin sehr gering, weshalb in dieser Zeit generell nur wenig PV-Strom erzeugt werden kann. In den restlichen Jahreszeiten steht die Sonne wieder so hoch, dass es zu keiner Verschattung der PV-Module kommt.

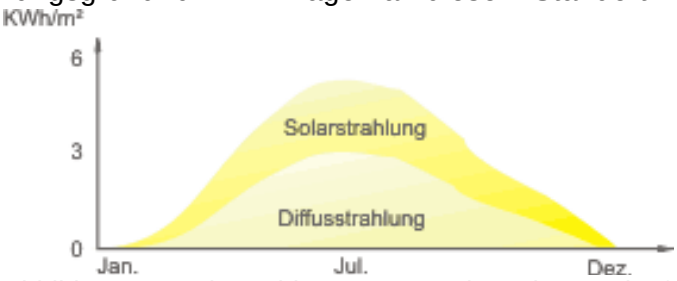


Abbildung 5-4: Einstrahlungsmengen im Jahresverlauf (https://www.solarstromerzeugung.de/grundlagen/sonnenlicht/).

5.1.3 PV-Anlage Pius Kinderkrippe

		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: 11 Jahre	**Investitionskosten:** 7.560 €	**CO_2-Einsparpotenzial:** 2,9 t/a	**Primärenergie-Einsparung:** 4,7 MWh/a

Das neue Gebäude der Pius Kinderkrippe in Gmund ist mit seinem großen nach Süden ausgerichteten Dach bestens für die Nutzung von Sonnenenergie geeignet. Neben der bestehenden Solarthermieanlage wurde hierfür eine PV-Simulation zur regenerativen Unterstützung des Stromverbrauchs von etwa 7.000 kWh/a durchgeführt. Es handelt sich um eine Anlage mit 5,4 kWp, durch die eine Primärenergieeinsparung von etwa 4.700 kWh ermöglicht werden kann. Der Eigenverbrauchsanteil der Anlage liegt bei 43%.

5.1.4 Pius Kindergarten

5.1.4.1 PV-Anlage

		Kurzfristig	
Amortisierungsdauer: 9 Jahre	**Investitionskosten:** 13.860 €	**CO_2-Einsparpotenzial:** 5,3 t/a	**Primärenergie-Einsparung:** 13,3 MWh/a

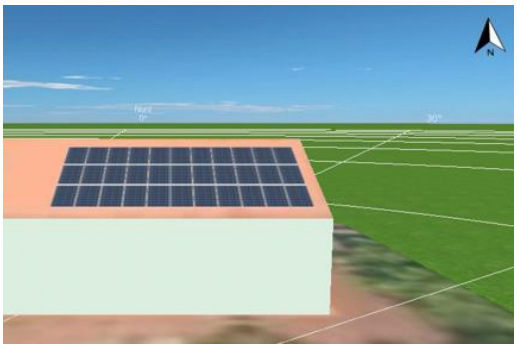


Abbildung 5-5: PV-Anlage auf dem Süddach des Kindergartens.

Der Kinderhort bietet mit dem östlichen Anbau ein gut geeignetes Süddach für eine 10 kW_p-Anlage.

Der Eigenverbrauchanteil beträgt 65,8 % des derzeitigen Gesamtstromverbrauchs. Bei Stromgestehungskosten von 0,09 €/kWh wäre bei Gesamtinvestitionskosten von etwa 13.860 € im neunten Jahr mit einer Amortisierung zu rechnen. 5,3 t CO_2 bzw. 13,3 MWh Primärenergie ließen sich dadurch einsparen.

5.1.4.2 Warmwasserbereitung der Wohnungen

Zur klimafreundlichen Unterstützung der Warmwasserbereitung in den Wohnungen könnte ein Aqua-System zur Unterstützung eingebunden werden. Dieses System transportiert die Wärme mittels Wasser anstelle von Solarflüssigkeit vom Solarkollektor zum Warmwasserspeicher. Eine Trennung von Solar- und Heizsystem ist somit nicht nötig, ein zusätzlicher Solarspeicher und Wärmetauscher entfallen. Somit kann das Aqua-System unkompliziert direkt in das bestehende Heizsystem integriert werden (Abbildung 5-6).

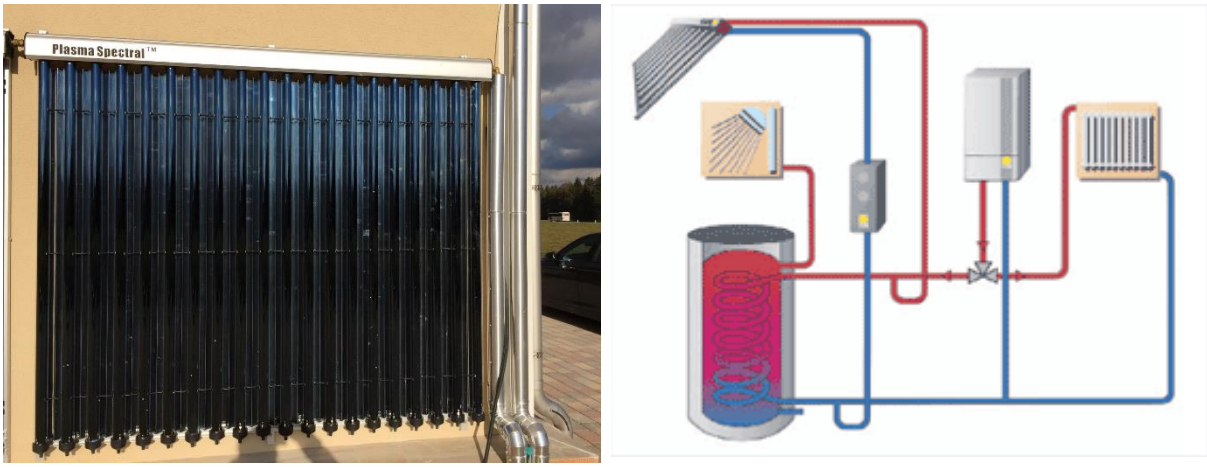


Abbildung 5-6: Beispiel und Prinzip des Aqua-Systems (www.paradigma.de).

5.1.5 Photovoltaik auf kommunalen Wohngebäuden

Die Gemeinde Gmund ist in Besitz mehrerer Wohngebäude. Einige der Dächer sind sehr gut zur Photovoltaik-Nutzung geeignet. Die gesetzlichen Änderungen im EEG 2021 erlauben wirtschaftlich interessante Modelle zur Eigenstromversorgung dieser Wohngebäude, so dass der auf dem Dach eines vermieteten Gebäudes erzeugte Strom direkt an die Mieter weitergeleitet werden kann. Zusätzlich zur Errichtung der PV-Anlage ist dazu die Umstrukturierung des Zählerkonzepts erforderlich. Zwischen einen Summenzähler für die gesamte Wohnanlage und den Verbrauchszählern für die einzelnen Wohneinheiten wird dann So-

larstrom eingespeist. Reicht die Menge aus, wird kein Netzstrom bezogen, Überkapazitäten werden eingespeist und vergütet. Besteht mehr Bedarf, wird zusätzlich zum Solarstrom über den Summenzähler Strom bezogen.

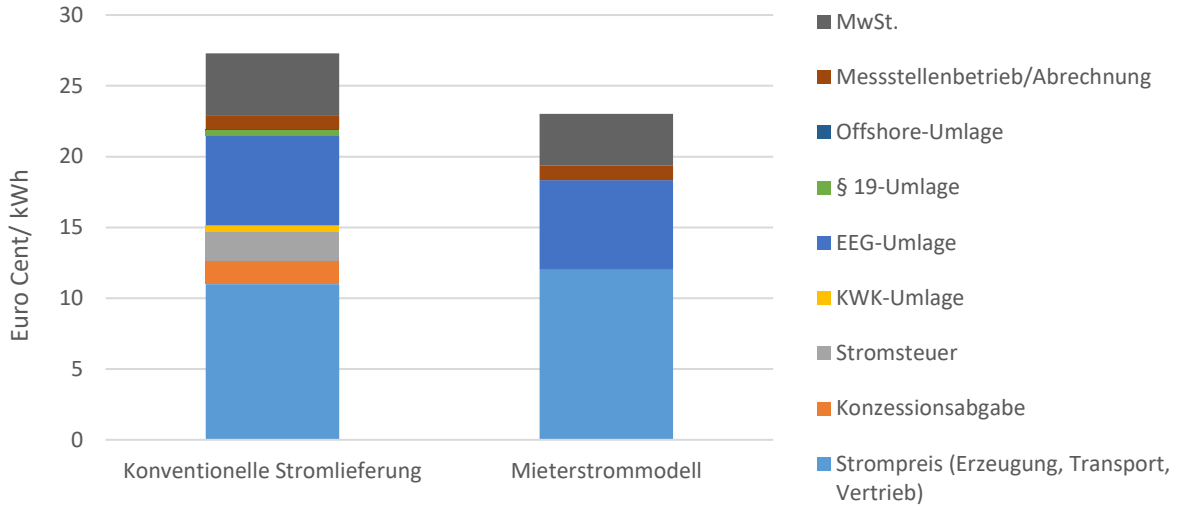
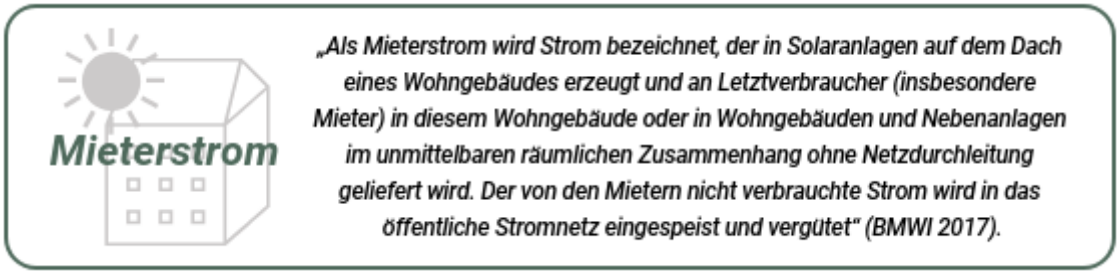


Abbildung 5-7: Konventionelle Stromlieferung vs. Mieterstrommodell.

Gemeinsam mit Stromanbietern aus der Region besteht für Hauseigentümer somit die Möglichkeit, ihren Mietern, Stromlieferverträge mit sehr attraktiven Konditionen anzubieten. Abbildung 5-7 verdeutlicht, dass der auf dem Dach eines Mehrfamilienhauses erzeugte PV-Strom den Bewohnern günstiger zur Verfügung gestellt werden kann als herkömmlich bezogener Strom. Für die Gemeinde bietet das zudem die Möglichkeit, ihre Vorbildfunktion zu unterstreichen und aktive Handlungsbereitschaft zur Realisierung der Energiewende zu zeigen.



Als Beispiel und zum Erfahrungsaustausch könnte das Pilotprojekt für Mieterstrom in Tegernsee, bei welchem das E-Werk Tegernsee als Netzbetreiber beteiligt ist, besichtigt werden.

Allerdings ist die dazu erforderliche Abrechnung relativ kompliziert. Zudem müsste die Zählerstruktur bei Bestandsgebäuden aufwendig umgebaut werden. Bundesweit hat sich das Mieterstrommodell bisher aufgrund der unattraktiven Rahmenbedingungen kaum bewährt.

Perspektivisch sollte diese Maßnahme jedoch im Falle einer Änderung der gesetzlichen Bestimmung in Betracht gezogen werden.

Alternativ zum klassischen Mieterstrommodell könnten Dachflächen kommunaler Wohngebäude in Teilen einzelnen Wohnungen zugeordnet werden. Der Mieter würde die Anage ebenso wie die Wohnfläche mieten. Damit wäre er Nutzer und Betreiber der Anlage und könnte ähnlich wie Hausbesitzer eines Einfamilienhauses Eigenstrom vom Dach nutzen.

5.1.6 PV-Anlage auf der Viehzuchthalle mit E-Ladesäulen

Abbildung 5-8: Die neue Viehzuchthalle in Gmund.

Die der neu errichteten Viehzuchthalle in Gmund eignet sich für die Installation einer 40 kW-Anlage. Durch die zentrale Lage bietet sich damit in Verbindung die Errichtung von Ladesäulen für E-Autos an. Es wurde eine Simulation einer solchen Anlage inklusive der Annahme von 10, 20 und 30 Ladungen pro Tag mit und ohne zusätzlichem Batteriespeicher durchgeführt. Dabei wird davon ausgegangen, dass jeweils die Hälfte der Fahrzeuge in der ersten bzw. zweiten Tageshälfte geladen werden. In Tabelle 5-1 werden die Ergebnisse der Simulationen zusammengefasst dargestellt.

Die Investitionskosten beziehen sich auf die PV-Anlage und den Batteriespeicher. Die Kosten für die Ladeinfrastruktur sind darin nicht enthalten.

Als Betreiber der Anlage und der Ladesäulen könnte als lokaler Energieversorger das E-Werk Tegernsee auftreten und damit das Angebot an Ladeinfrastruktur im Tegernseer Tal ausbauen. Bisher gibt es in Gmund lediglich für Besucher des Rathauses eine öffentliche E-Ladesäule.

Tabelle 5-1: Simualtionsergebnisse für 10, 20 und 30 Ladungen pro Tag mit und ohne Batteriespeicher.

Anzahl Ladungen pro Tag	**10**	**10 ohne Batterie**	**20**	**20 ohne Batterie**	**30**
Investitionskosten	76.950 €	52.080 €	76.950 €	52.080 €	76.950 €
Amortisierungsdauer	15,6 a	10,5 a	13,7 a	9,2 a	13,7 a

Eigenverbrauch durch Fahrzeugladungen	28.351 kWh	36.067 kWh	36.068 kWh
Solarer Deckungsanteil Fahrzeugladungen	86 %	60 %	41 %
Eigenverbrauchsanteil durch Fahrzeugladungen	78 %	100 %	100 %
Batterieladung	36 kWh	2 kWh	1 kWh
Stromgestehungskosten	0,16 €/kWh 0,11 €/kWh	0,16 €/kWh 0,11 €/kWh	0,16 €/kWh
CO_2-Einsparpotenzial	16,9 t	16,9 t	16,9 t
Primärenergieeinsparung	65,0 MWh	65,0 MWh	65,0 MWh

5.1.7 PV-Carport am Parkplatz Strandbad

Abbildung 5-9: Geeignete Fläche (links) & Beispiel eines PV-Carports (solar-prinz.de) (rechts).

Ein Teil der Stellplätze am Strandbad könnten in Form eines Carports überdacht und mit PV-Modulen belegt werden. In Verbindung mit einer E-Ladesäule könnte der vor-Ort erzeugte Strom direkt verbraucht werden, gleichzeitig stehen die Autos im Schatten. Mittlerweile gibt es dafür einige ausgereifte Systeme am Markt. Dies ist ebenso wie die PV-Anlage auf der Viehhalle eine öffentlichkeitswirksame Maßnahme, welche von den E-Werken Tegernsee umgesetzt werden könnte.

5.1.8 Einführung kommunales Energiemanagements (KEM)

Die Gemeinde Gmund besitzt sehr viele eigene Liegenschaften. Der derzeitige Strom- und Wärmebedarf der einzelnen kommunalen Gebäude wird in Kapitel 2.4 dargestellt. Um auch zukünftig die Energieverbräuche, Kosten und Treibhausgasemissionen im Blick zu haben

und dadurch Schwachstellen und Optimierungspotenziale identifizieren zu können, wird empfohlen ein Energiemanagementsystem einzuführen. Übergeordnetes Ziel des KEMs ist es, einen möglichst energiesparenden Betrieb der gemeindeeigenen Liegenschaften zu erreichen. Es sollen Energieverbräuche, Energiekosten und CO_2-Emissionen langfristig und dauerhaft gesenkt werden. Dafür werden die Energieverbräuche von Gebäuden regelmäßig erfasst und den entsprechenden Verbrauchskennwerten von Gebäuden der gleichen Nutzungsart gegenübergestellt. Durch eine regelmäßige Erfassung, Kontrolle und Auswertung der Energieverbräuche können zum einen Effizienzmaßnahmen entwickelt und priorisiert und zum anderen die Wirksamkeit bereits umgesetzter Maßnahmen überprüft werden.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit fördert im Rahmen der „Kommunalrichtlinie“ die Implementierung eines Energiemanagementsystems mit (wenn die Antragsstellung bis 31.12.2021 erfolgt) bis zu 50 % (PTJ 2021). 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).

5.1.9 VHS-Gebäude in Dürnbach

Bereits beim Energiecoaching Plus 2017-2018 wurde für das VHS Gebäude eine umfangreiche energetische Sanierung empfohlen. Das Gebäude, Baujahr 1957, ist unterteilt in einen Büro-Bereich, der von der Volkshochschule genutzt wird und darüber liegende Wohnungen. Im Büro-Bereich liegt der Wärmebedarf mit einem Wert von 150 kWh/m²*a relativ hoch. Die darüber liegenden Wohnräume verbrauchen sogar mehr als 250 kWh/m²*a. U.a. liegen diese Verbrauchsdaten an der Gebäudehülle: Die Fenster sind noch original aus dem Jahr 1957 und ohne Dichtungen, im Dachgeschoß ist ein separater Wohnraum abgemauert und ohne weitere Dämmung unter dem Dach untergebracht. Die Heizungsanlage inkl. der Warmwasserbereitung stammt aus dem Jahr 1983 und ist damit technisch stark veraltet. Zur energetischen Verbesserung müsste eine umfangreiche Sanierung des gesamten Gebäudes stattfinden. Da der Sanierungsaufwand am Bestandsgebäude sehr hoch ist, sollte zunächst untersucht werden, ob nicht ein Neubau wirtschaftlicher und zur Einhaltung der Brandschutzvorschriften sowie der Auflagen zur Barrierefreiheit zielführend ist.

5.1.10 Strandbad Seeglas

Heizungsregelung

Für dieses Gebäude aus dem Baujahr 1988 werden Wärmeverbräuche von mehr als 400 kWh/m²*a angegeben. Dies liegt u.a. an der Nutzung als Gaststätte, wodurch in der

Regel ein sehr hoher Warmwasserbedarf besteht. Eine Dachdämmung sowie Sanierung der Heizanlage wurden 2006 durchgeführt.

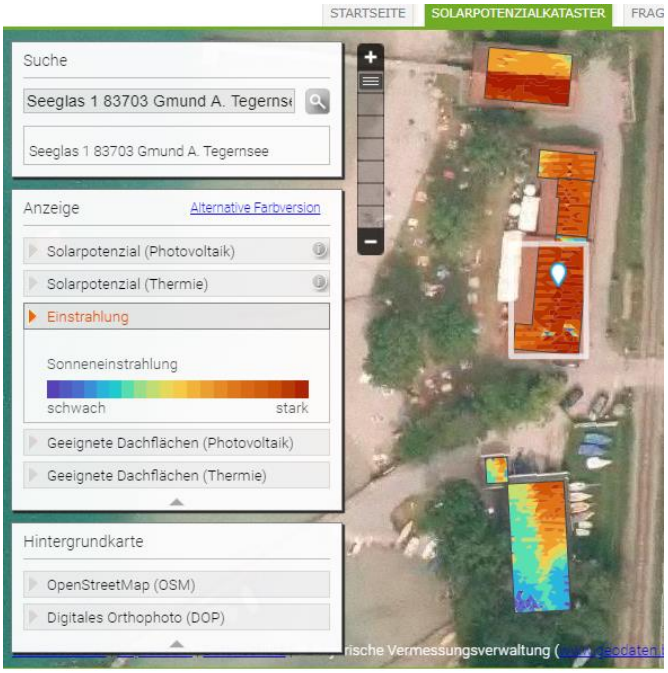


Abbildung 5-10: Einstrahlungsintensität auaf den Dachflächen des Strandbad Seeglas im Solarpotenzialkataster (Landratsamt Miesbach 2021).

Die Wärmeverteilung findet über eine Fußbodenheizung statt, eine Raumregelung konnte nicht gefunden werden. Die Witterungsführung der Heizanlage aus dem Jahr 2006 ist die einzige wirksame Regeleinheit. Die Installation eines Referenzfühlers im Gastraum, der mit der zentralen Regelung verbunden wird, könnte zu erheblichen Einsparungen führen.

Nutzung Solarenergie

Das Gebäudedach weist zwar eine Ost-West-Neigung auf. Die Installation einer Photovoltaik-Anlage könnte sowohl zur Eigenstromversorgung der Gaststätte als auch zur effizienten Warmwasserversorgung genutzt werden. Die potenziell gute Eignung der Dachflächen für sowohl Solarthermie als auch Photovoltaik ist dem Solarpotenzialkataster des Landkreises Miesbach zu entnehmen. Abbildung 5-10 zeigt die Einstrahlungsintensität auf den jeweiligen Dachflächen.

5.1.11 Grundschule Gmund und Turnhalle

Beide Gebäudeteile werden mit einer neuen Heizzentrale aus dem Jahr 2013 beheizt. Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) sorgt für die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme. Damit ist eine sehr wirtschaftliche und effiziente Energieversorgung der Schule inkl. Turnhalle gewährleistet. Der Aufstellraum des BHKWs wird ganzjährig sehr stark erwärmt, so dass um eine Überhitzung des Aggregats zu vermeiden, teilweise die Außentüre geöffnet werden muss. Dem könnte entgegengewirkt werden, indem der konventionelle Warmwasser-Bereiter gegen ein Modell mit Wärmerückgewinnung ausgetauscht wird.

Die Warmwasserbereitung sowie die Wärmeverteilung für die Turnhalle stammen zum Großteil noch aus dem Jahr 1981. Von den beiden Boilern wurde bereits einer stillgelegt. Der Verteiler inkl. der Pumpen und Mischer sind stark veraltet und weisen kleine Undichten auf. Wie das Wärmebild in Abbildung 2-13 zeigt, geht hier zudem ganzjährig relativ viel Wärme verloren.

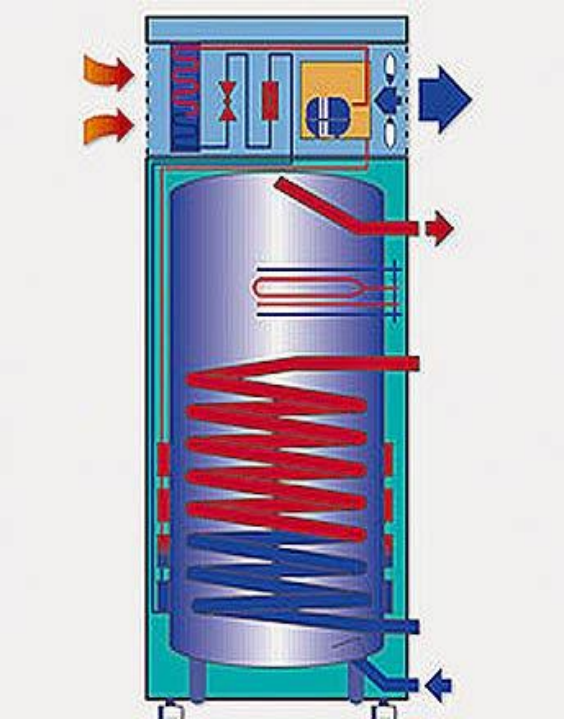


Abbildung 5-11: Warmwasser-Wärmepumpe (www.baunetzwissen.de)

Langfristig ist diese Unterstation inkl. der Warmwasserbereitung durch eine neue Frischwasserstation zu ersetzen. Neben den Energieeinsparungen erleichtert diese Technologie die Freihaltung der Warmwasserverteilung von Legionellen.

Die Heizungsoptimierung wird mit 20 % vom BAFA gefördert. Eine zusätzliche Förderung in Höhe von 50 % gibt es für die Fachplanung (vgl. Kapitel 6.5).

Abbildung 5-12: Wärmebild der Unterstation der Warmwasserverteilung

5.1.12 Rathaus

Mit einem Wärmebedarf von 80 kWh/m²*a weist das Rathaus einen stark unterdurchschnittlichen Verbrauch auf. Die alten dicken Mauern sowie die gut gepflegten Kastenfenster tragen wesentlich dazu bei. Neu installiert wurde im vergangenen Jahr ein Gas-Brennwertgerät inkl. effizienter Warmwasserversorgung.

Auf dem Dach des Rathauses lässt sich aus optischen Gründen keine Stromerzeugung durch Photovoltaik realisieren. So bietet sich mit derzeitigen Technologien einzig durch Kraft-Wärme-Kopplung die Möglichkeit, eigenen Strom im Gebäude zu erzeugen. Bei einem derzeitigen Wärmebedarf von 88.000 kWh und einem Strombedarf von ca. 24.000 kWh ist dies durchaus eine attraktive Möglichkeit. Wird eine Brennstoffzelle vom selben Hersteller eingebaut, wie der neue Brennwertkessel, so können die Abgase über eine gemeinsame Abgasführung führen.

Die Installation einer nebenstehenden Brennstoffzelle könnte das Rathaus zum Teil mit Eigenstrom versorgen. Diese Maßnahme würde den Vorbild-Charakter der Gemeinde bei der Umsetzung der Energiewende vor Ort hervorheben. Gefördert werden derartige Anlagen derzeit über das KfW-Programm 433.

5.2 Maßnahmen für Bürgerinnen und Bürger

Für den Erfolg der Energiewende entscheidend ist nicht nur die Akzeptanz von Großprojekten. Den eigenen Handlungsspielraum zu erkennen und aktiv Beiträge zum Klimaschutz zu fördern, muss das Ziel sowohl in der übergeordneten als auch der lokalen Politik sein. Daher werden folgende Maßnahmen für eine Breitenwirkung in der Energiewende empfohlen.

5.2.1 Ausbau Wärmeverbund an der Hirschbergstrasse

Die Gemeinde Gmund betreibt seit über 20 Jahren eine Hackschnitzelheizung am örtlichen Bauhof. Aufgrund der teilweise schlechten Verbrennung sowie des Alters der Anlage wurde vor kurzem eine Neuanlage errichtet. Bereits versorgt werden die neuen Mehrfamilienhäuser im Süden des Bauhofs.

Technisch möglich und ökologisch sinnvoll ist die Wärmeversorgung weiterer Gebäude in unmittelbarer Umgebung über Fernwärmeleitungen. Im Rahmen der Erstellung des Energienutzungsplans wurde für die Anlieger an der oberen Hirschbergstraße ein Preismodell erstellt, sodass die Wärmeleitung von der Gemeinde kostendeckend installiert und die Heizzentrale langfristig finanziert werden kann. Die Fernwärmeleitungen werden in Frosttiefe verlegt und können direkt in die Keller der anzuschließenden Gebäude geführt werden.

Der Öltank kann entsorgt, der Raum für andere Zwecke genutzt werden. Der bestehende Kamin ist nicht mehr vom Heizkessel belegt und könnte z.B. für einen Kaminofen genutzt werden. Eine neue witterungsgeführte Regelung wird nach Ihren Bedürfnissen eingestellt und sorgt so für die gewohnt Heiz- und Warmwassertemperatur.

Seit Januar 2021 können die Aufwendung für den Anschluss an eine regenerative Fernwärmeversorgung vom Bundesamt für Wirtschaft- und Ausfuhrkontrolle (www.bafa.de) mit bis zu 45% der Investitionskosten gefördert werden.

Zusätzlich zu den jetzt geplanten anzuschließenden Einfamilienhäusern ist geplant, nördlich der Feuerwehr weitere Mehrfamilienhäuser zu errichten und an die neue regenerative Heizanlage anzuschließen. Dafür wurden Leistungsreserven einberechnet. Im Zuge dieser Erweiterung sollte geprüft werden, ob die Gebäudeeigentümer der Tegernseer Straße 19 bis 23 Interesse an einem Wärmeanschluss haben. In Hinblick auf die steigende CO_2-Besteuerung könnte ein Anschluss für diese Hauseigentümer wirtschaftlich interessant sein. Mit der Installation von dezentralen Pufferspeichern bei den Wärmekunden besteht die Möglichkeit, kurzfristige Lastspitzen gebäudeintern zu decken. So können zusätzliche Gebäude mit Wärme versorgt werden ohne dass die Kapazitätsgrenze der Heizzentrale überschritten wird.

5.2.2 Energiekarawane Gmund

Trotz hoher Energiepreise ist die erreichte Sanierungsquote bundesweit immer noch zu gering. Technisch-wirtschaftliche Sanierungspotenziale ganzer Straßenzüge liegen brach, sodass die Klimaschutzziele im Bereich Gebäudesanierung z.T. nicht erreicht werden.

Angebote zur kostengünstigen Energieberatung gibt es im Landkreis Miesbach bereits seit Jahren von der Verbraucherzentrale Bayern. Leider nehmen zu wenige Bürgerinnen und Bürger die Gelegenheit wahr, sich über Energiesparmaßnahmen zu informieren. Die Gründe dafür sind vielfältig: Der Aufwand für eine Sanierungsmaßnahme wird gescheut, weil damit Lärm, Schmutz und Stress einhergehen. Vielfach fehlen auch Informationen über die technisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen oder es mangelt an der Motivation, sich mit der Sanierung seines Hauses auseinanderzusetzen.

Ein Lösungsansatz: Die Energiekarawane

Die Mehrheit der Bürger erreicht man nur durch persönliche Ansprache. Zu diesem Zweck wurde die Energiekarawane entwickelt und bereits auch in einigen Kommunen im Oberland erfolgreich durchgeführt.

Dabei wird in der gesamten Gemeinde Gmund über einen Zeitraum von ca. zwei Monaten ein kostenloser Energiecheck angeboten. Die Anwohner werden jeweils persönlich angeschrieben und können über die Gemeindeverwaltung einen Termin mit zertifizierten Energieberatern der Verbraucherzentrale vereinbaren. Hauptaugenmerk liegt dabei auf Viertel oder Siedlungen, die in den Jahren 1960 bis 1980 errichtet wurden. Gebäude dieser Baujahre sind meist nicht ortsbild-prägend oder denkmalgeschützt, zudem wurde beim Bau in der Regel noch wenig auf Energieeffizienz geachtet.

Die Energiekarawane wurde beispielsweise in Holzkirchen bereits im Jahr 2018 durchgeführt. Dort wurde ein Quartier ausgesucht, in dem mit Wohnbebauung hauptsächlich aus den 1960er Jahren stammt. Die Beratungsquote lag dort bei ca. 20 %.

Die Projektkosten dieser Aktion werden zu 90 % vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert, die verbleibenden 10 % übernimmt die Gemeinde. Die Kosten für die Kommune setzen sich zusammen aus 30 € für jede Beratung (ermöglicht durch die Förderung des Bundeswirtschaftsministeriums) sowie für Öffentlichkeitsarbeit und Durchführung von Veranstaltungen. Die Verbraucherzentrale stellt die Energieberater. Weitere organisatorische Unterstützung erhält die Gemeinde Gmund von der Klimaschutzbeauftragten des Landkreises sowie der Energiewende Oberland.

Die Auswertung der Verbraucherzentrale über erzielte Energie- und CO_2-Einsparungen durch bundesweit durchgeführte Energiechecks liefern im Durchschnitt pro Check folgende Ergebnisse:

- 56.039 kWh Energieeinsparung über die gesamte Lebensdauer durch umgesetzte Maßnahmen 2 Jahre nach dem Check
- 22 t CO_2-Einsparung über die gesamte Lebensdauer durch umgesetzte Maßnahmen 2 Jahre nach dem Check
- 2.905 € Investitionen durch umgesetzte Maßnahmen 2 Jahre nach dem Check

Gebäudesanierung - verfahrensfreie Maßnahmen

Nach Art. 57 BayBO sind Bauvorhaben zur energetischen Sanierung, wie z.B. Maßnahmen zur nachträglichen Wärmedämmung an Außenwänden und Dächern, Abgasanlagen in und an Gebäuden und freistehende Abgasanlagen mit einer Höhe bis zu 10 m sowie alle sonstigen Anlagen der techn. Gebäudeausrüstung verfahrensfrei. Für Solaranlagen sind eine Genehmigung und bautechn. Nachweise erforderlich, wenn sie auf geneigten Dächern aufgeständert installiert werden oder geneigt aus der Fasade hervortreten und dabei mehr als ein Drittel der jew. Dach- oder Außenwandfläche einnehmen. Bauordnungsrechtliche Anforderungen nach Art. 6 BayBO sind weiterhin einzuhalten.

5.2.3 Thermographie-Spaziergang

Die Thermographie ist ein bildgebendes Verfahren, bei welchem mittels einer speziellen Kamera die Wärmestrahlung sichtbar gemacht wird. Das so entstehende Bild stellt die Temperaturverteilung an der Oberfläche dar und ermöglicht damit die Lokalisierung von Schwachstellen in der Gebäudehülle. Häufig wird diese Technik auch für die Energieberatung vor Ort eingesetzt. Zu beachten ist jedoch, dass immer nur eine Momentaufnahme dargestellt werden kann und eine verlässliche Aussage nur zusammen mit der Kenntnis

über die bauliche Substanz der Gebäudehülle zu treffen ist. Aussagekräftige Bilder können nur bei kalter Witterung und beheizten Gebäuden erstellt werden.

Einige **kommunle Liegenschaften** weisen einen verhältnismäßig hohen Wärmeverbrauch auf (vgl. Kapitel 2.4.2). Diese sollten, zusammen mit den zuständigen Rathausmitarbeitern sowie interessierten Vertretern des Gemeinderates begangen werden.

Der AK Energie könnte zusätzlich Rundgänge auch für interessierte Bürgerinnen und Bürger in den **verschiedenen Ortsteilen** organisieren. Vor allem Gebäude, die vor Inkrafttreten der 3. Wärmeschutzverordnung im Jahr 1995 errichtet wurden, bietet dies die Möglichkeit, Optimierungspotenziale zu identifizieren und Sanierungsmaßnahmen 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 mittels Thermographie im Winter sichtbar gemacht werden.

5.2.4 Austauschaktion „ältester Heizkessel“

Nach wie vor besteht bei der Anlagentechnik in Gebäuden ein hoher Sanierungsstau. Zwar gibt es Vorgaben aus der ENEV, die einen Austausch von Heizkesseln, die länger als 30 Jahre betrieben wurden, vorschreibt. Ausnahmen gibt es jedoch in selbstgenutzten Ein- und Zweifamilienhäusern sowie für sog. Niedertemperaturkessel. In der Praxis werden Kesselanlagen weit über die wirtschaftlich sinnvolle Nutzungsdauer hinaus betrieben. Der feuerungstechnische Wirkungsgrad ist meist noch in Ordnung, so dass Kunden das Effizienzpotenzial in der Regel unterschätzen. Bereitschaftsverluste sowie unkontrollierter Kaminzug sorgen für ganzjährig hohe Schaltfrequenzen auch ohne nennenswerten Wärmebedarf.

Diese Anlagen zeitnah durch moderne Technologien mit möglichst hohen regenerativen Anteilen zu ersetzen, ist Ziel dieser Maßnahme. Damit kann die Gemeinde ohne investive Zuschüsse, die ja bereits von staatlicher Seite vorhanden sind, zusätzliche Anreize schaffen. Eine Verringerung des CO_2-Ausstoßes sowie des Primärenergieaufwands kann so von Seiten der Gemeinde unterstützt werden. Wird z.B. ein Ölkessel mit einem jährlichen Verbrauch von 4.000 Litern Heizöl durch einen modernen Pelletkessel ersetzt, so sinkt der Primärenergiebedarf (also der nicht erneuerbare Anteil der Wärmeerzeugung) von 44 MWh auf ca. 4 MWh ab. Nehmen z.B. 20 Hausbesitzer an dieser Aktion pro Jahr teil, so verringert sich der Primärenergieaufwand je nach Sanierungsvariante um 800 MWh.

Prämiert werden sollen die ältesten Heizkessel, die in einem Kalenderjahr ausgetauscht werden. Die Auswertung erfolgt erst nach Ende des Kalenderjahres, sodass sich hoffentlich viele Gebäudeeigentümer beteiligen. Um den Wettbewerb möglichst einfach zu gestalten, sollten nur folgende Nachweise erbracht werden:

1. Der Austausch eines Gas- oder Ölkessels im Gemeindegebiet von Gmund muss bis 31.12. des jeweiligen Jahres erfolgt sein.
2. Foto des Typenschildes alt und neu
3. Kaminkehrerbescheinigung alt und neu (außer bei Wärmepumpe) muss eingereicht werden.

Prämiert werden nur Anlagen, bei denen die Neuanlage deutlich zur Reduktion von CO2 -Emissionen sowie des Primärenergiebedarfs beiträgt. Dies sind:

- Grundwasserwärmepumpe
- Luftwärmepumpe + Gas-Spitzenlastkessel
- Gas-BHKW + Spitzenlastkessel
- Brennstoffzelle + Spitzenlastkessel
- Biomassekessel
- Fernwärmeanschluß an Biomasseheizung
- Gas-Brennwert + Solarthermie

Die Bewerbung der Aktion sollte ein Team aus Vertretern der Energiewende Oberland, dem zuständigen Kaminkehrermeister, Vertretern aus dem Gemeinderat sowie der Gemeindeverwaltung organisieren.

Prämien könnten zum Beispiel Gutscheine für die lokale Gastronomie oder ausgewählte Einkaufsgutscheine bei Gmunder Unternehmen sein.

5.3 Sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde

Darüber hinaus gibt es einige weitere Bereiche, in denen die Gemeinde aktiv werden könnte, um die Energiewende vor Ort weiter voranzubringen. Diese werden im Folgenden erläutert.

5.3.1 Handlungsoptionen für CO_2-neutrale Neubaugebiete

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.

Praxishinweis:

Oftmals diskutiert wird für Neubaugebiete die Errichtung einer Biomasse-Heizzentrale mit Anschlusszwang aller Neubauten. Da neue Gebäude nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) errichtet werden müssen, ist der Wärmebedarf relativ gering. Ein Wärmeverbund von Ein- und Zweifamilienhäusern führt daher nicht zu auskömmlichen Wärmepreisen, sodass der wirtschaftliche Betrieb solcher Anlagen nicht erreicht werden kann. Im Bereich von Mehrfamilienhäusern kann mit steigender CO_2 - Besteuerung von fossilen Energieträgern eine Biomasse-Heizzentrale sinnvoll werden. Mit Anschlusszwang oder Verboten von z.B. Öl- und Gasheizungen weckt man bei vielen Bauwilligen eine gewisse Abwehrhaltung. Geeigneter ist z.B. die Erschließung aller Baugrundstücke mit jeweils einer Wärmesonde: Auf die Erschließungskosten könnte diese Sonde mit angerechnet werden, eine Verpflichtung zur Benutzung besteht natürlich nicht. Da die Sonde mit Grundstückserwerb bezahlt ist, werden sie in die Planungen zur Wärmeversorgung der Neubauten höchstwahrscheinlich mit einbezogen. Alternativ dazu gibt es u.a. die Verlegung von sog. "kalter Nahwärme", die anzuschließenden Wärmepumpen eine gemeinsame Wärmequelle von 8 - 12 ° C zur Verfügung stellen kann. Hierbei werden nicht gedämmte PE - Rohre verlegt, die wesentlich günstiger sind als gedämmte Wärmeverbundrohre.

Ein weiterer Schritt zur CO_2-freien Energieversorgung von Neubauten könnte die Bindung im städtebaulichen Vertrag mit der Gemeinde sein, dass auf den Grundstücken lediglich Effizienzhäuser 55 errichtet werden dürfen. Vorgeschrieben ist nach derzeitigem GEG der Energiestandard zum Effizienzhaus 70. Mit dieser Verbesserung können zum einen höhere Fördermittel für die Bauwilligen in Anspruch genommen werden, zum anderen lässt diese Anforderung kaum mehr eine Gasheizung zu. In den Oberland-Kommunen, die dies so durchgeführt haben, hat der Gasversorger keinerlei Interesse mehr, das Neubaugebiet mit Gasleitungen zu erschließen.

Eine Forderung nach Passivhäusern wäre aus Sicht der Energiewende wünschenswert. Ein wesentlicher Nachteil liegt in den ohnehin schon hohen Baukosten, die damit zusätzlich gesteigert würden, zum anderen sind in den meisten Passivhäusern kontrollierte Wohnraumlüftungen unumgänglich. Erfahrungsgemäß werden sie nicht regelmäßig gewartet oder führen zu hohen Stromverbräuchen.

Die vertraglichen Anforderungen können nur umgesetzt werden, wenn die Gemeinde Eigentümer des Baugebiets ist und die Grundstücke veräußert. Sind Bauplätze im Privateigentum sind derartige Forderungen rechtlich nicht umsetzbar.

5.3.2 Machbarkeitsstudie Wärmenetz aus Abwärme

Mit der Umsetzung des Wärmeverbunds an der Hirschbergstrasse wird deutlich, dass Wärmenetze im Bereich der Wärmewende wesentlich beitragen können. Teure Investitionen in Heizzentralen können auf viele Nutzer umgelegt werden und so langfristig zu günstigen Wärmepreisen führen. Im Rahmen des Energienutzungsplans wurde ein sog. Wärmekataster erstellt, aus dem ersichtlich wird in welchen Bereichen der Gemeinde am meisten Wärme benötigt wird. Das Kataster liegt der Gemeinde in gebäudescharfer Form vor. Aus Gründen des Datenschutzes werden im Energienutzungsplan lediglich Karten mit einem Raster von jeweils einem Hektar veröffentlicht. In Feldern mit hohem Wärmebedarf ist die Wärmeversorgung über Wärmenetze wirtschaftlicher als in Feldern mit geringer Wärmedichte:

Selbstverständlich sollte die aus einem Wärmenetz zur Verfügung gestellte Energie mit der herkömmlichen Wärmeversorgung wirtschaftlich mit fossilen Energieträgern konkurrenzfähig sein. In Rücksprache mit den Papierfabriken wurde deutlich, dass die Lieferung von Abwärme aus dem Herstellungsprozess in größerem Umfang möglich wäre. Um die Wärme in den Ortskern oder nach Dürnbach zu liefern, ist die Installation von Fernwärmeleitungen erforderlich. Dies lohnt sich nur, wenn ausreichend Wärme abgenommen werden kann. Für das gesamte Ortsgebiet von Dürnbach ergibt sich ein Wärmebedarf von hochgerechnet 10,9 GWh pro Jahr, dies entspricht ca. einer Menge von 1,1 Mio m³ Erdgas. Bei 30-jähriger Abschreibungsdauer für ein Wärmenetz müssten bei einer 50 %-igen Anschlussquote derzeit knapp 10,- € pro gelieferter MWh Wärme beaufschlagt werden. Nicht berücksichtigt

sind hierbei evtl. Gewinne für Investoren sowie die jährliche Inflation. Die Verlegung einer Trasse bis in den Hauptort zu den größeren Wärmeabnehmern ist zwar etwas weiter, könnte jedoch aufgrund des höheren Wärmeabsatzes zu ähnlichen Konditionen führen.

Momentan sind fossile Energieträger noch sehr günstig, sodass sich zeitnah noch keine Wirtschaftlichkeit für diese Investitionen ergeben würde. Mit steigender CO_2-Besteuerung könnte dies sich jedoch in den kommenden Jahren ändern.

Bei den derzeitig relativ niedrigen Kosten für Öl und Gas ist dies oftmals schwer zu erreichen. Mit den Regelungen aus dem aktuellen Klimapaket zur zukünftigen Besteuerung von CO_2 – Emissionen könnte sich der Energieträger Holz als sehr vorteilhaft darstellen. Verglichen werden hier Einzelanlagen (Ölheizung, Gasheizung) für jeweils ein Gebäude mit einer zentralen vorwiegend auf Abwärme basierenden Wärmeversorgung. Mit einer Steuer je ausgestoßener Tonne Kohlendioxid von 25,- € ab 2021, die nach derzeitigem Stand bis 55,- € im Jahr 2025 ansteigt, ergibt sich für die Vollkostenrechnung der in Abbildung 5-13 dargestellte Wärmepreis.

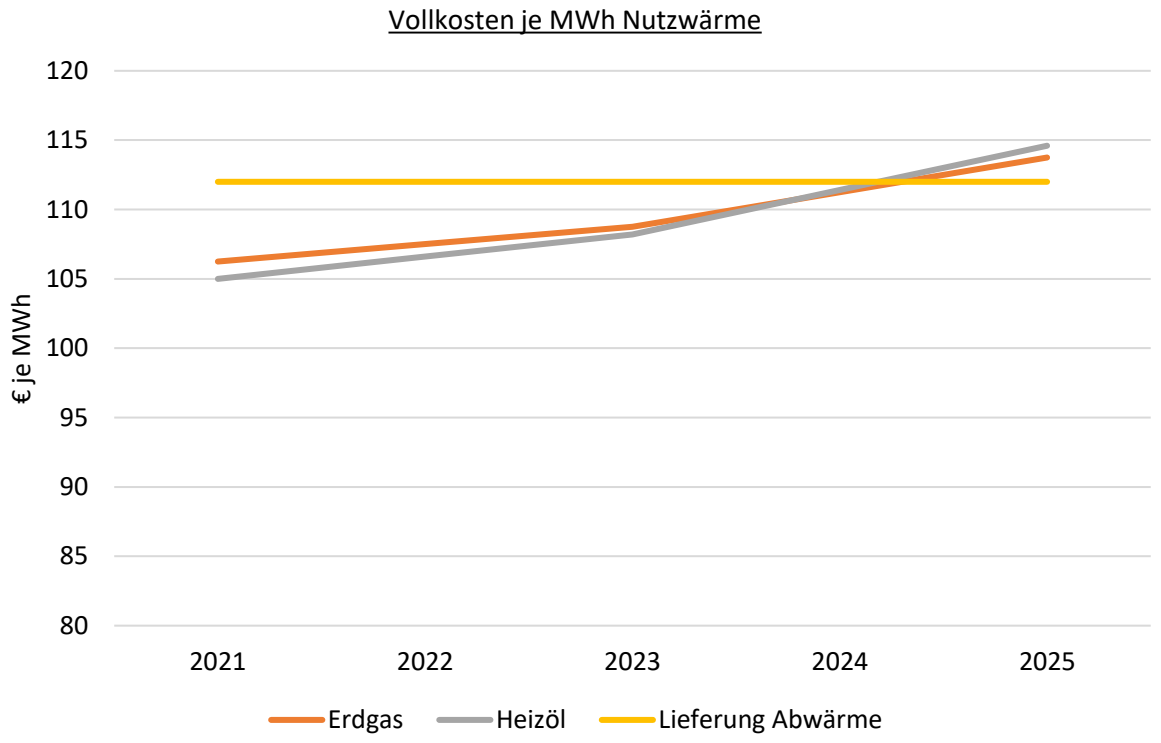


Abbildung 5-13: Entwicklung der Vollkosten je MWh Nutzwärme für die unterschiedlichen Energieträger durch Einführung der CO2-Besteuerung (Basis: Carmen e.V. und eigene Berechnung).

Die günstigen Kosten beim Betrieb einer Wärmepumpe ergeben sich nur, wenn ein hoher Anteil des Strombedarfs durch eine eigene PV-Anlage gedeckt wird. Zudem sind niedrige Vorlauftemperaturen im Heizsystem für eine effiziente Arbeitsweise erforderlich. Dies ist in den meisten Bestandsgebäuden des Erschließungsgebiets nicht der Fall und wird daher in der Grafik nicht berücksichtigt.

Das BAFA fördert mit dem Programm Wärmenetzsystem 4.0 die Planung und Installation von Wärmenetzen die aus Abwärme gespeist werden mit bis zu 50 % der Investitionskosten. Empfohlen wird die Erstellung einer Machbarkeitsstudie in ca. 4 bis 5 Jahren.

5.3.3 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 würden.

Im Tegernseer Tal werden zwar Veranstaltungen zum Thema Energiewende und Klimaschutz organisiert, die Besucher sind jedoch häufig bereits überzeugte Aktive. Mit kurzen Beiträgen oder Vorstellungen von gelungenen Projekten im Gemeindegebiet könnte ein Publikum erreicht werden, das sich bisher noch weniger für Energiewende interessierte. **Der Gemeindebote** wäre z.B. eine geeignete Plattform, um Projekte einzelner Mitbürgerinnen oder Mitbürger vorzustellen, die zielführend für den Klimaschutz sind. Ebenso könnten sachliche Beiträge aus dem Arbeitskreis Tegernseer Tal Energie- und Klimaschutz (ATTEK) oder dem AK Energie dort veröffentlicht werden. Handwerker oder Endkunden könnten ihre Erfahrungen mit regenerativer Technik oder Effizienzmaßnahmen darstellen. Neuerungen wie z.B. die PV-Balkonmodule oder Brennstoffzellen könnten hier im Einsatz vorgestellt werden.

5.3.4 Gründung Energie-Effizienz-Netzwerk für Hotels und Gastätten

Im Gemeindegebiet von Gmund sind über 48 Beherbergungs- und mehr als 30 Gastronomiebetriebe ansässig. Durch die meist ganzjährige Belegung sowie einem hohen Warmwasserbedarf der Gäste entstehen für die Betriebe erhebliche Kosten für Strom und Heizung. Mit Einführung einer zusätzlichen Besteuerung auf fossile Energieträger wie Öl und Gas sind zusätzliche finanzielle Belastungen abzusehen. Ähnliches gilt für den Strombezug, der durch zahlreiche Umlagen und Steuern in den vergangenen Jahren erheblich teurer geworden ist.

Durch eine Steigerung der Energieeffizienz können Betriebe dieser Entwicklung gegensteuern. Zudem wird die Nachhaltigkeit eines Unternehmens für gewisse Kundengruppen auch im Tourismus ein wichtiges Auswahlkriterium.

Die Gemeinde Gmund könnte ihre Hotels und Gaststätten bei der Gründung eines Effizienznetzwerkes – nach dem gleichen Prinzip des kommunalen Energieeffizeinz-Netzwerkes – unterstützen.

Das bayerische Wirtschaftsministerium unterstützt hier mit der bayerischen Energie-Effizienz-Netzwerk-Initiative *Been-I*. Vorsteile für die Unternehmen sind u.a.:

- Erfahrungsaustausch mit ähnlichen Unternehmen
- Vergleich von Verbrauchsdaten und Lastprofil
- Kostengünstige Energieberatung durch branchenspezifische Berater
- Bessere Nutzung von Förderprogrammen
- Mit dem Logo der Initiative wird das Engagement des Betriebs für Energieeffizienz sichtbar

Ziel eines Energieeffizienz-Netzwerks ist es, durch einen regelmäßigen, moderierten und systematischen Erfahrungsaustausch, die möglichen Einsparpotenziale der einzelnen Unternehmen mit geringerem Aufwand als bei der singulären Energieberatung verfügbar zu machen und somit eine Senkung der Energiekosten zu erreichen. Die Anzahl der teilnehmenden Unternehmen beträgt mindestens 5, liegt idealerweise zwischen 8 bis 15. Die Dauer der Zusammenarbeit erstreckt sich von 2 bis zu 4 Jahren. Ein jährliches Monitoring überprüft das Maß der Zielerreichung. Die erzielten Effizienz-Gewinne und CO_2-Emissionminderungen informieren über den Erfolg des Netzwerkes.

5.3.5 Dachintegrierte PV-Anlagen / Solardachziegel

Restriktive Ortsgestaltungssatzungen, Denkmalschutz oder ästhetische Vorbehalte verhindern oft den Bau von PV-Anlagen auf geeigneten Dachflächen. Diese Flächen stellen allerdings ein großes – und um die Energiewende vor Ort voranzubringen - unbedingt zu nutzendes Potenzial zur erneuerbaren Stromerzeugung dar.

Optisch unauffälligere Lösungen sind dachintegrierte PV-Anlagen oder Solardachziegel (Abbildung 5-14).

Abbildung 5-14: Beispiele für eine dachintegrierte PV-Anlage in Dürnbach (links) und Solardachziegel (https://www.autarq.com) (rechts).

Bei dachintegrierten Anlagen werden die Module in die Ebene der Dachziegel integriert, wodurch sie optisch weniger auffällt. Solardachziegel werden wie normale Dachziegel verlegt und integrieren sich damit noch dezenter in die Dachfläche. Ein weiterer Vorteil der Solardachziegel ist, dass auch kleinere Flächen oder Dachgauben leichter belegt werden können.

Ob ein Dach für Photovoltaik- oder Solarthermie-Anlagen geeignet ist, kann einfach und unkompliziert über das Solarpotenzialkataster des Landkreises Miesbach herausgefunden werden: https://www.solare-stadt.de/kreis-miesbach/. Neben der Eignung einer Dachfläche können durch die Eingaben von Energieverbräuchen und des Nutzerverhaltens Anlagen konfiguriert und die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage berechnet werden.

Abbildung 5-15: Ausschnitt aus dem Solarpotenzialkataster des Landkreises Miesbach (https://www.solare-stadt.de/kreis-miesbach/).

5.3.6 Heizungstausch-Offensive – welches Heizsystem ist das richtige?

Die Mehrzahl der Gebäude in Gmund sind private Ein- und Zweifamilienhäuser. Welche Heizsysteme in diesen Gebäuden geeignet sind und wie diese bzgl. ihrer Klimabilanz bewertet werden können, ist in Tabelle 5-3 dargestellt.

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. Ab 01.07.2021 erfolgt die Förderung über die „Bundesförderung effizienze Gebäude“. 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€

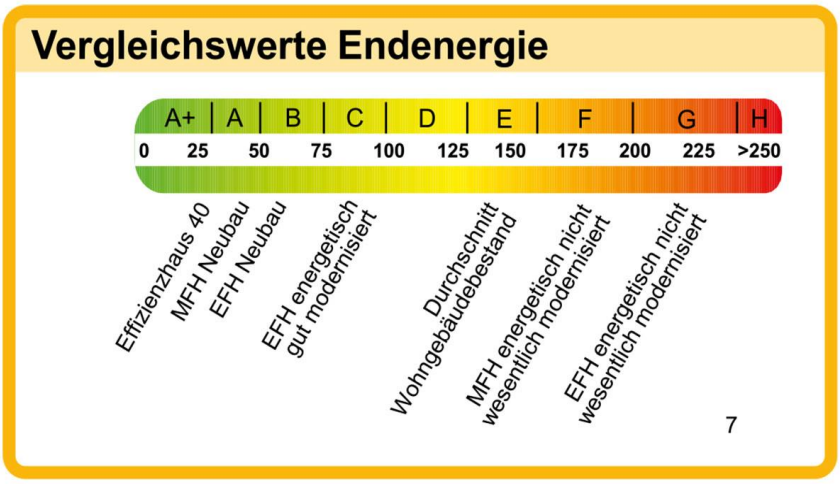


Abbildung 5-16: Energiestandards von Gebäuden [kWh/m²*a].

Tabelle 5-3: Entscheidungsmatrix für Heizsysteme in Ein- und Zweifamilienhäusern.

	Niedrigenergie-haus	Bestandsge-bäude saniert	Bestands-ge-bäude	BAFA Förderung	BAFA Austausch-prämie Heizöl	Solarthermie empfohlen	PV-Anlage empfohlen	Klimabilanz
Wärmebedarf pro m² und Jahr	**< 50 kWh/m²*a**	**< 100 kWh/m²*a**	**> 100 kWh/m²*a**					
Heizsystem								
Sonden-Wärmepumpe Vor-lauftemperatur max. 45°C				**35%**	**+ 10%**	**++**	**++**	**gut**
Grundwasser-Wärmepumpe Vorlauftemperatur max. 45 °C				**35%**	**+ 10%**	**++**	**++**	**gut**
Luftwärmepumpe Vorlauftem-peratur max. 35 °C				**35%**	**+ 10%**	**++**	**++**	**mittel**
Pellet-Zentralheizung				**35%**	**+ 10%**	**++**	**++**	**sehr gut**
Stückholz-Zentralheizung				**35%**	**+ 10%**	**++**	**++**	**sehr gut**
Nahwärmeversorgung Hack-schnitzel				**35%**	**+ Trassenförde-rung** (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	ungeeignet
	gut geeignet	wenig geeignet	

5.4 Übersicht der Maßnahmen

Maßnahme für	Titel der Maßnahme	Liegenschaft	Kategorie	Umsetzbarkeit	Investitionskosten [€]	Amortisierungsdauer [Jahre]	CO_2-Einsparung [t/Jahr]	Primärenergie-Einsparung [MWh/a]
Kommunale Liegenschaft	PV-Anlage Bauhof	Bauhof	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	35.280 €	11 Jahre	13,8	23,5
	PV-Anlage Kläranlage	Kläranlage	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	55.552	8 Jahre	21,6	82,8
	PV-Anlage Pius Krippe	Pius Kinderkrippe	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	7.560 €	11 Jahre	2,9	4,7196
	PV-Anlage Pius Kindergarten	Pius Kindergarten	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	16.860 €	9 Jahre	5,3	13,3
	Warmwasserbereitung der Wohnungen	Pius Kindergarten	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig				
	PV auf kommunalen Wohngebäuden		Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig				
	PV-Anlage Viehzuchthallt	Viehzuchthalle	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig				
	PV-Carport	Parkplatz Strandbad	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig				
	Einführung KEM	kommunale Liegenschaften	Energieeinsparung, Energieeffizienz	kurzfristig				
	VHS Gebäude Dürnbach	VHS Gebäude Dürnbach	Energieeinsparung, Energieeffizienz	mittelfristig				
	Strandbad Seeglas	Strandbad Seeglas	Energieeinsparung, Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig				

	Grundschule Gmund und Turnhalle	Grundschule Gmund	Energieeinsparung, Energieeffizienz	kurzfristig
	Rathaus	Rathaus	Energieerzeugung regenerativ	mittelfristig
Maßnahmen für BürgerInnen	Ausbau Wärme-verbund	Hirschberg-straße	Energieerzeugung regenerativ	kurz- mittel-fristig
	Energiekara-wane		Energieeinsparung, Energieeffizienz	kurzfristig
	Thermographie-Spaziergang		Energieeinsparung, Energieeffizienz	kurzfristig
	Austauschaktion „ältester Heiz-kessel“		Sonstige Handlungs-möglichkeiten	kurzfristig
Sonstige Handlungs-möglichkei-ten	Handlungsoptio-nen für CO_2-neutrale Neu-baugebiete		Sonstige Handlungs-möglichkeiten	kurzfristig
	Machbarkeits-studie Wärme-netz aus Ab-wärme		Sonstige Handlungs-möglichkeiten	mittelfristig
	Klimaschutz im Gemeindebote		Sonstige Handlungs-möglichkeiten	kurzfristig
	Gründung Ener-gieeffizienz-Netzwerk für Hotels & Gast-stätten		Sonstige Handlungs-möglichkeiten	kurzfristig
	Dachintegrierte PV-Anlagen		Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig
	Heizungstausch-Offensive		Sonstige Handlungs-möglichkeiten	kurzfristig

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. Im Folgenden wird eine Auswahl von Programmen im Überblick (Stand 2021) dargestellt. Für die Korrektheit der folgenden Angaben wird keine Gewähr übernommen. Für weitere Details der Förderprogramme und -voraussetzungen verweisen wir an die jeweiligen Förderstellen.

6.1 PV-Speicher Programm

Seit 1.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:

Nutzbare Kapazität Batteriespeicher und Leistung PV-Anlage	Förderung
3,0 bis 3,9 kWh (Batteriespeicher) und ≥ 3,0 **kW_p** (PV-Anlage)	500 €
4,0 bis 4,9 kWh (Batteriespeicher) und ≥ 4,0 **kW_p** (PV-Anlage)	600 €
5,0 bis 5,9 kWh (Batteriespeicher) und ≥ 5,0 **kW_p** (PV-Anlage)	700 €
6,0 bis 6,9 kWh (Batteriespeicher) und ≥ 6,0 **kW_p** (PV-Anlage)	800 €
7,0 bis 7,9 kWh (Batteriespeicher) und ≥ 7,0 **kW_p** (PV-Anlage)	900 €
8,0 bis 8,9 kWh (Batteriespeicher) und ≥ 8,0 **kW_p** (PV-Anlage)	1.000 €
9,0 bis 9,9 kWh (Batteriespeicher) und ≥ 9,0 **kW_p** (PV-Anlage)	1.100 €
10,0 bis 10,9 kWh (Batteriespeicher) und ≥ 10,0 **kW_p** (PV-Anlage)	1.200 €
11,0 bis 11,9 kWh (Batteriespeicher) und ≥ 11,0 **kW_p** (PV-Anlage)	1.300 €
usw.	usw.
ab 30,0 kWh (Batteriespeicher) und ≥ 30,0 **kW_p** (PV-Anlage)	3.200 €

Die Installation einer Ladevorrichtung für E-Autos kann mit dem PV-Speicher Programm nicht mehr geördert werden.

Dafür wird die Installation eines Ladeanschlusses durch das **KfW-Zuschussprogramm 440** (Ladestation für Elektroautos – Wohngebäude) mit 900 € je Ladepunkt gefördert.

6.2 Verbraucherzentrale Bayern

Seit 2015 bietet die Verbraucherzentrale an sogenannten Beraterstützpunkten kostengünstige Energieberatungen an. Der nächst gelegene Beratungsstützpunkt ist Murnau. Beratungstermine können 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., 2019):

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	Am Landratsamt Miesbach
Basis-Check	Kostenfrei	Terminvereinbarung unter Tel. 0800 809 802 400 Beratung am Gebäude vor Ort
Gebäude-Check	30 Euro	
Heiz-Check		
Solarwärme-Check		
Detail-Check		
Eignungs-Check Solar		
Eignungs-Check Heizung		

6.3 KfW-Programme 151/152 und 430 Energieeffizient Sanieren

Diese KfW-Programme gelten nurnoch bis 30.06.2021. Anschließend werden sie in der „Bundesförderung effizienze Gebäude“ (Kapitel 6.5) zusammengefasst.

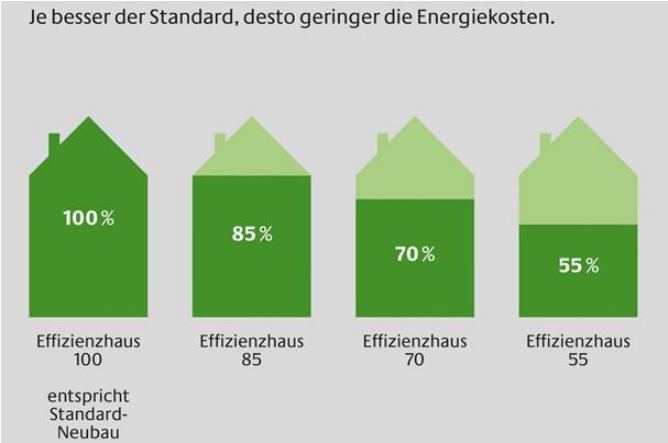


Abbildung 6-1: KfW- ffizienzhaus-Standards (dena).

Zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden bietet die KfW-Bank die Programme 151/152 (Kredit) und 430 (Investitionszuschuss) 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 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
- die Erneuerung, der Einbau einer Lüftungsanlage

Damit diese Einzelmaßnahmen förderfähig sind, 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 jedem in Anspruch genommen werden, der Wohnraum energetisch saniert oder sanierten Wohnraum kaufen möchte (bei gesonderter Auflistung der energetischen Sanierungsmaßnahmen).

KfW-Programm 151/152 - Umfang der Förderung	
	• *Bis 120.000 € für jede Wohneinheit beim KfW-Effizienzhaus oder 50.000 € bei Einzelmaßnahmen* • *Bis zu 48.000 € Tilgungszuschuss* • *0,75 % effektiver Jahreszins*

Das KfW-Programm 430 fördert seit 01.01.2021 nur noch die Komplettsanierung zum KfW-Effizienzhaus oder den Kauf einer sanierten Immobilie. Die Förderungen von Einzelmaßnahmen erfolgen seitdem über das Programm 151/152 (Kredit) oder über das BAFA (Zuschuss).

KfW-Programm 430 - Umfang der Förderung	
	• *Bis 48.000 € Zuschuss je Wohneinheit* • *Für private Eigentümer, die Wohnraum energetisch sanieren oder sanierten Wohnraum kaufen (bei gesonderter Auflistung der energetischen Sanierungsmaßnahmen)* • *Flexibel kombinierbar mit anderen Fördermitteln*

6.4 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, 277, 278)
- Zuschuss Brennstoffzelle (KfW-Programm 433)
- Produktionsanlagen/-prozesse (KfW-Programm 292, 293)

- 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 BAFA fördert die Energieberatung im Sinne der EU-Energieeffizienzrichtline für kleine und mittlere Unternehmen, welche die KMU-Kriterien der EU erfüllen (weniger als 250 Mitarbeiter, weniger als 50 Mio. € Jahresumsatz).

Energieberatung Mittelstand - Umfang der Förderung	
	• *Unternehmen mit jährlichen Energiekosten > 10.000 €: Zuschuss von max. 80 % der förderfähigen Netto-Beratungskosten, max. 1.200 €* • *Unternehmen mit jährl. Energiekosten > 10.000 €: Zuschuss von max. 80 % der förderfähigen Netto-Beratungskosten, max. 800 €*

6.5 Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG)

Das BEG fasst seit 01.01.2021 die bisherigen Programme CO_2-Gebäudesanierungsprogramm, Programm zur Heizungsoptimierung, das Anreizprogramm Energieeffizienz und das Marktanreizprogramm zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt zusammen.

Es ist in drei Teilprogramme aufgeteilt: Wohngebäude (BEG WG), Nichtwohngebäude (BEG NWG), Einzelmaßnahmen (BEG EM).

BEG WG und BEG NWG werden ab 01.07.2021 als Zuschuss- und Kreditvariante über die KfW durchgeführt. Ab 2023 sollen alle Förderungen als Investitionszuschuss über die BAFA oder als zinsverbilligter Kredit mit Tilgungszuschuss über die KfW erfolgen.

Für das BEG EM gibt es eine Zuschuss- (BAFA) und eine Kreditvariante (ab 01.07.2021 bei der KfW).

Förderfähig sind folgende **Einzelnmaßnahmen (BEG EM):**

	Maßnahmen	Umfang der Förderung
Gebäudehülle	• Dämmung der Gebäudehülle, Erneuerung/Aufbereitung von Vorhangfassaden • Austausch Fenster, Außentüren und -toren • Sommerlicher Wärmeschutz	• **20 %** der förderfähigen Ausgaben • WG: Max. 60.000 € pro Wohneinheit • NWG: max. 15 Mio. € bzw. 1.000€/m² Nettogrundfläche • Förderfähiges Mindestinvestitionsvolumen: 2.000 €

Anlagen-technik **(außer Heizung)**	• Einbau, Austausch oder Optimierung raumlufttechnischer Anlagen inklusive Wärme- / Kälterückgewinnung • Einbau von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik zur Realisierung eines Gebäudeautomatisierungsgrades mindestens der Klasse B nach DIN V 18599-11 • Kältetechnik zur Raumkühlung • Energieeffizienter Beleuchtungssysteme	• **20 %** der förderfähigen Ausgaben • WG: Max. 60.000 € pro Wohneinheit • NWG: max. 15 Mio. € bzw. 1.000€/m² Nettogrundfläche • Förderfähiges Mindestinvestitionsvolumen: 2.000 €
Wärme-erzeuger	• Einbau effizienter Wärmeerzeuger • Anlagen zur Heizungsunterstützung • Anschluss an ein Gebäude-/Wärmenetz, das mind. 25 % erneuerbare Energien für die Wärmeerzeugung einbindet • Maßnahmen zur Visualisierung des Ertrags Erneuerbarer Energien • Innovative Heiztechnik auf Basis erneuerbaren Energien	• Gas-Brennwertheizung (Renewable Ready) **20 %** • Gas-Hybridheizungen **30 %** • Solarthermieanlagen **30 %** • Biomasseheizungen **35 %** • Wärmepumpen **35 %** • Erneuerbare Energien-Hybridheizungen **35 %** • Gebäudenetze und Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz **30-35 %** **Zusätzlich** erhöht sich die Förderung um **10 %**, wenn eine **Ölheizung** durch Biomasse, Wärmepumpe, Wärmenetz oder Hybridheizung ersetzt wird. Zusätzlicher Förderbonus von **5 %** möglich bei Umsetzung im Rahmen eines im Programm “Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude” geförderten individuellen Sanierungsfahrplans. • WG: Max. 60.000 € pro Wohneinheit • NWG: max. 15 Mio. € bzw. 1.000€/m² Nettogrundfläche

		• Förderfähiges Mindestinvestitionsvolumen: 2.000 €
Heizungs-optimierung	• hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage inkl. Einstellung der Heizkurve • Austausch von Heizungspumpen sowie der Anpassung der Vorlauftemperatur und der Pumpenleistung, Maßnahmen zur Absenkung der Rücklauftemperatur bei Gebäudenetzen im Sinne der Richtlinien • im Falle einer Wärmepumpe: Optimierung der Wärmepumpe • Dämmung von Rohrleitungen • Einbau von Flächenheizungen, von Niedertemperaturheizkörpern und von Wärmespeichern im Gebäude oder gebäudenah (auf dem Gebäudegrundstück) • Mess-, Steuer- und Regelungstechnik	• **20 %** der förderfähigen Ausgaben • WG: Max. 60.000 € pro Wohneinheit • NWG: max. 15 Mio. € bzw. 1.000 €/m² Nettogrundfläche • Förderfähiges Mindestinvestitionsvolumen: 3.000 € Zusätzlicher Förderbonus von **5 %** möglich bei Umsetzung im Rahmen eines im Programm “Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude” geförderten individuellen Sanierungsfahrplans.

Fachplanung & Baubegleitung:

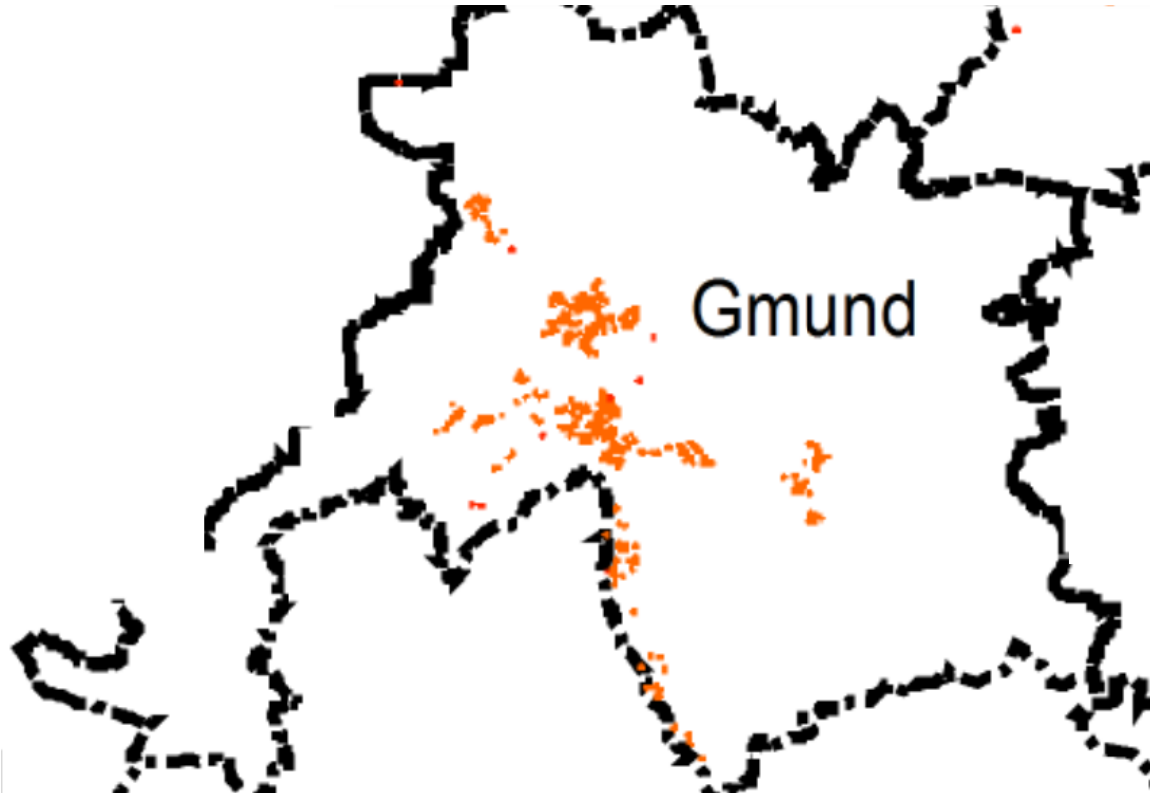
Für oben genannte Einzelmaßnahmen kann eine Förderung für energetische Fachplanungs- und Baubegleitungsleistungen beantragt werden. Der Fördersatz beträgt **50 %** der förderfähigen Ausgaben.

Bei Wohngebäuden sind die förderfähigen Ausgaben gedeckelt auf 5.000 € bei Ein- & Zweifamilienhäusern, auf 2.000 € pro Wohneinheit bei Mehrfamilienhäusern ab drei Wohneinheiten, insgesamt auf max. 20.000 € pro Zuwendungsbescheid.

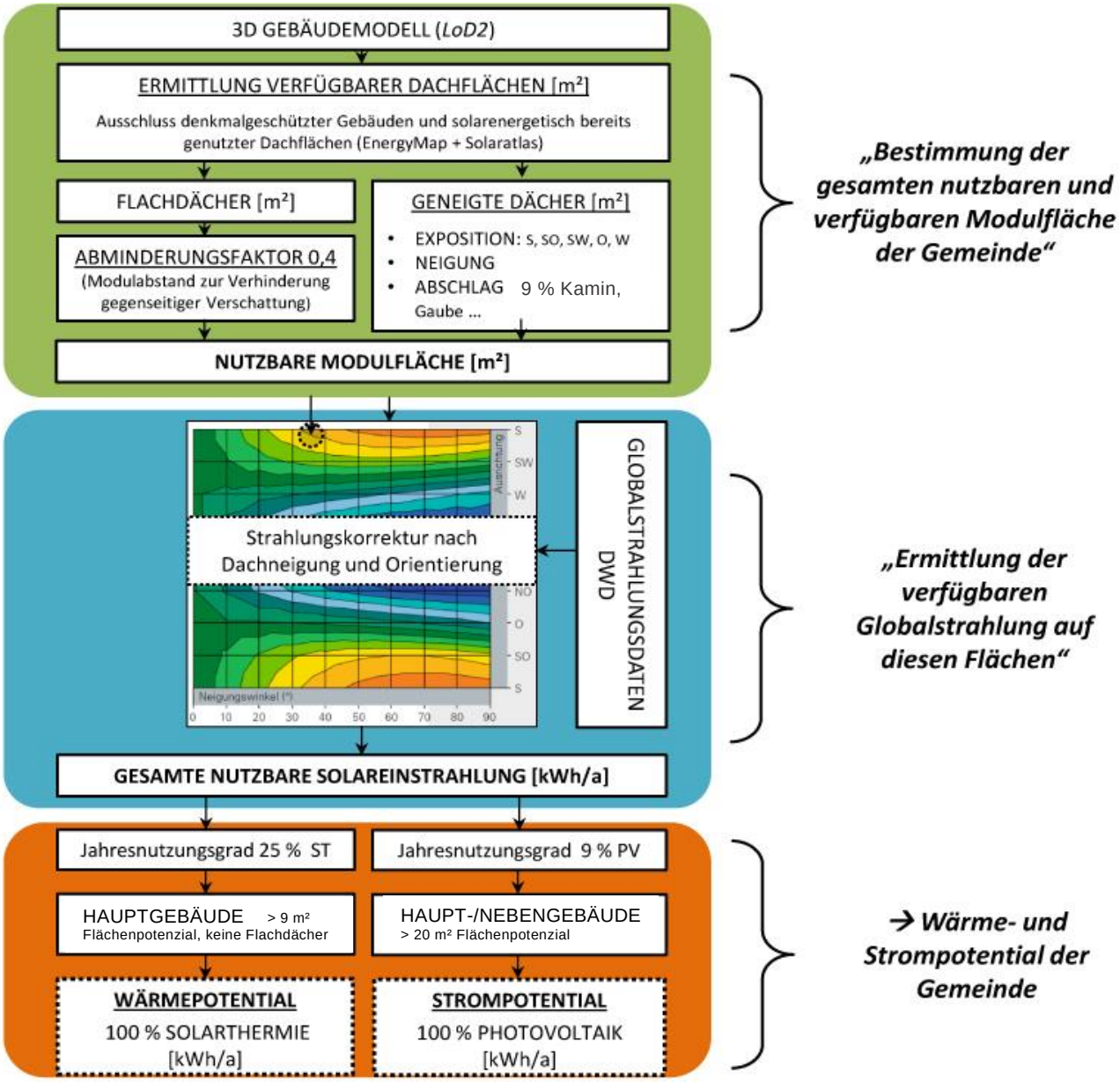
Bei Nichtwohngebäuden sind die förderfähigen Ausgaben gedeckelt auf 5 €/m² Nettogrundfläche, insgesamt auf max. 20.000 € pro Zuwendungsbescheid.

7 Anhang

Anhang 1: Anschlussverteilung des Gasleitungsnetzes in Gmund (Energienetze Bayern GmbH & Co. KG 2021).



Anhang 2: Durchgeführte Arbeitsschritte zur Ermittlung des solarenergetischen Potenzials in der Gemeinde Gmund.



Anhang 3: 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 (April 2021)	0,0781 €/kWh (< 10 kW_p), 0,0759 €/kWh (> 10 kW)
Zeitpunkt der Inbetriebnahme	01.08.2021
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.

Baunetz Wissen (o. J.): „Baunetz Wissen“.

Bayernwerk AG (2018a): *Netzabsatzdaten*.

Bayernwerk AG (2018b): *Stromvollkonzession*.

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.

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

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

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

DWD (2018): „Klimadaten“. Abgerufen am 06.09.2018 von ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/.

E-Werk Tegernsee (2019): *Stromerhebung 2018 Gemeinde Gmund*.

EED (2018): „RICHTLINIE (EU) 2018/2002 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Dezember 2018 zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz“. Abgerufen am 23.03.2021 von https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2002&from=EN.

EEG (2021): *Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Dezember 2020 (BGBl. I S. 3138) geändert worden ist*.

Energienetze Bayern GmbH & Co. KG (2021): „Schematische Darstellung der Anschlussverteilung je Gemeindeim Netzgebiet der Energienetze Bayern GmbH & Co. KG“. Abgerufen am 02.02.2021 von https://www.energienetze-bayern.de/fileadmin/user_upload/content/Netz/1.3_Anschlussverteilung_je_Gemeinde_2021-01-01.pdf.

EWO (2018): *Energie- und CO2-Bilanz der Landkreise im Oberland*.

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

Friedlingstein, Pierre; Andrew, Robbie M; Rogelj, Joeri; u. a. (2014): „Persistent growth of CO 2 emissions and implications for reaching climate targets“. In: *Nature geoscience*. Nature Publishing Group 7 (10), S. 709.

GEG (2020): „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG)“. Abgerufen am 01.02.2021 von https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&bk=Bundesanzeiger_BGBl&start=//*[@attr_id=%27bgbl107s1519.pdf%27]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl120s1728.pdf%27%5D__1612176841207.

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*.

Hofer, Veronika; Süß, Andreas; Prasch, Monika; u. a. (2016): *Potenzialanalyse für Energien der Region „Energiewende Oberland“*.

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.

Landratsamt Miesbach (2021): „Solarpotenzialkataster Landkreis Miesbach“. Abgerufen am von https://www.solare-stadt.de/kreis-miesbach/.

LfStat (2020a): „Bevölkerung: Gemeinde, Altersgruppen (9)/ Altersgruppen (17), Geschlecht, Stichtage“. Abgerufen am 13.05.2020 von https://www.statistikdaten.bayern.de.

LfStat (2018a): „Fläche: Gemeinde, Fläche (ALKIS), Art der tatsächlichen Nutzung (6) , Jahre“. Abgerufen am 24.08.2018 von https://www.statistikdaten.bayern.de.

LfStat (2020b): „Fläche: Gemeinde, Fläche (ALKIS), Art der tatsächlichen Nutzung (6) , Jahre“. Abgerufen am 13.05.2020 von https://www.statistikdaten.bayern.de.

LfStat (2018b): „Fortschreibung des Bevölkerungsstandes (Bevölkerung: Gemeinden, Stichtage)“. Abgerufen am 24.08.2018 von https://www.statistikdaten.bayern.de.

LfStat (2020c): „Fortschreibung des Bevölkerungsstandes (Bevölkerung: Gemeinden, Stichtage)“. Abgerufen am 13.05.2020 von https://www.statistikdaten.bayern.de.

LfStat (2020d): „Gebäude- und Wohnungsbestand: Gemeinde, Wohngebäude, Wohnungen, Wohnfläche, Stichtage“. Abgerufen am 13.05.2020 von https://www.statistikdaten.bayern.de.

LfStat (2018c): „Landwirtschaftszählung: Gemeinde, Betriebe mit Viehhaltung, Viehbestand, Tierarten, Stichtag“. Abgerufen am 24.08.2018 von https://www.statistikdaten.bayern.de.

LfStat (2019): „Statistik Kommunal - Eine Auswahl wichtiger statistischer Daten“. Abgerufen am 13.05.2020 von

https://www.statistik.bayern.de/produkte/statistik_kommunal/index.html.

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 (2018): „Energie-Atlas Bayern - Mischpult „Energiemix Bayern vor Ort“ Information zur Berechnung“. Abgerufen am 10.09.2020 von https://www.energieatlas.bayern.de/file/pdf/2185/Berechnung_Mischpult_Waerme.pdf.

LfU (2019a): „Energieatlas Bayern“. Abgerufen am 14.09.2020 von https://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?wicket-crypt=cxIXKElFXzg.

LfU (2021): „Indikatoren für Klima und Energie“. Abgerufen am 26.03.2021 von https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/indikatoren/klima_energie/co2_emissionen/index.htm.

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.

LMU München (2011): „GLOWA-Danube Atlas“. Abgerufen am 01.09.2017 von http://www.glowa-danube.de/atlas/atlas.php.

PTJ (2021): „Nationale Klimaschutzinitiative, Energiemanagementsysteme“. Abgerufen am 31.03.2021 von https://www.ptj.de/projektfoerderung/nationale-klimaschutzinitiative/kommunalrichtlinie/energiemanagmentsysteme.

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.

Rothe, A.; Wittkopf, S.; Willnhammer, M. (2010): *Energieholzprognose für den Privat- und Körperschaftswald im Landkreis Miesbach*.

StMUG; StMWIVT; OBB (2011): *Leitfaden Energienutzungsplan*.

StMUV (2020): „Förderschwerpunkt „Klimaschutz in Kommunen““. Abgerufen am 25.06.2020 von https://www.stmuv.bayern.de/themen/klimaschutz/kommunal/index.htm.

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

StMWi (2020): „Endenergieverbrauch“. Abgerufen am 26.03.2021 von https://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/daten/endenergie.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*.