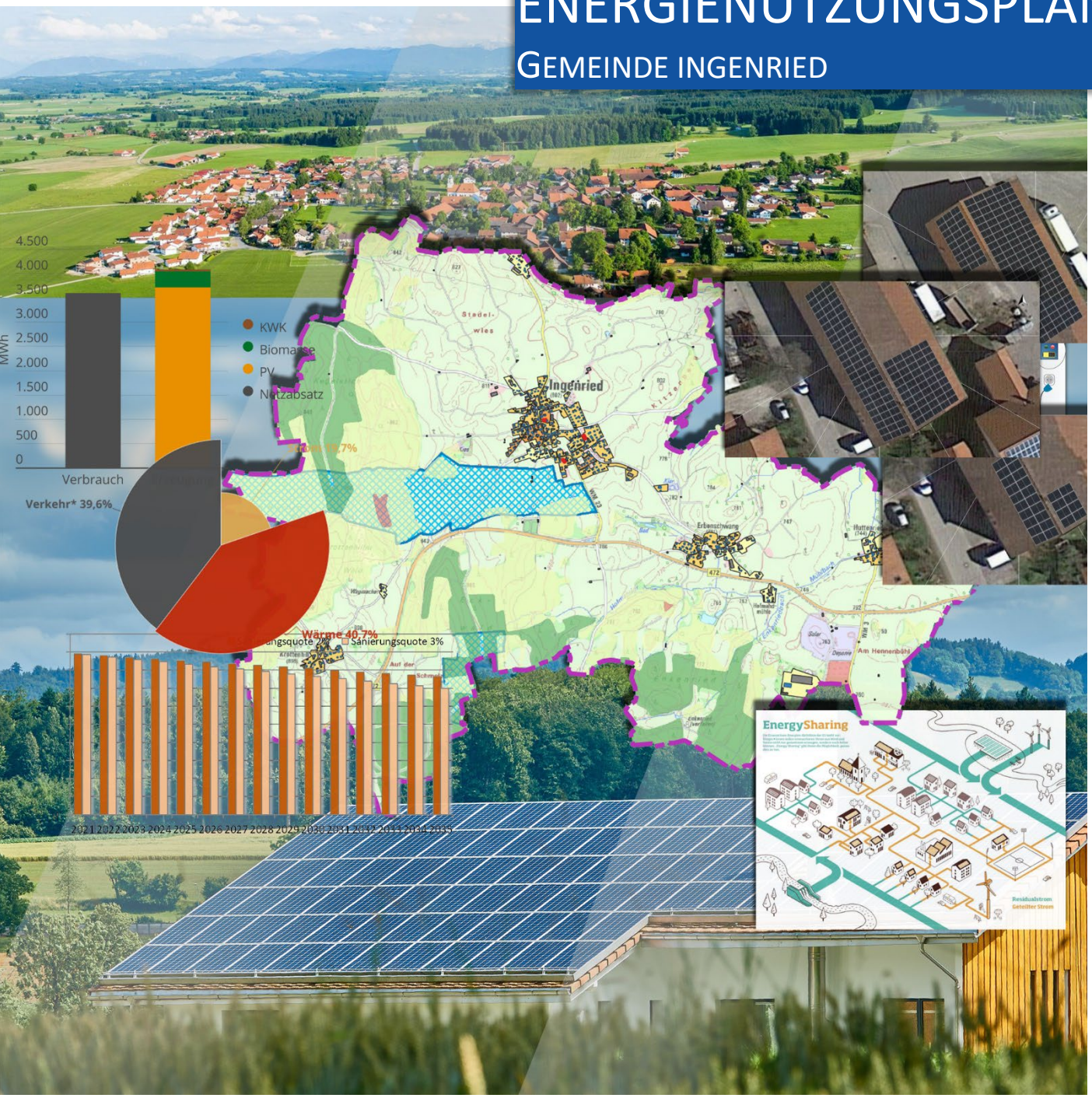
ENERGIENUTZUNGSPLAN

GEMEINDE INGENRIED



ENERGIEWENDE OBERLAND - KOMPETENZZENTRUM ENERGIE EKO E.V.

Auftraggeber

Gemeinde Ingenried

Auftragnehmer

EWO-Kompetenzzentrum Energie EKO e.V., Penzberg

Dank

Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Gemeinde Ingenried und der VG Altenstadt, sowie Handwerkern, Planern und dem für Ingenried zuständigen Forstrevier. Durch die Bereitstellung des umfangreichen Datenmaterials und Hintergrundwissens konnte das vorliegende Konzept und die darin enthaltenen Maßnahmen entwickelt werden.

Titelbild

Ludwig Hagelstein (Bildquellen: Ingenried.de)

Impressum

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

Tel.: 08856 80536-0
Fax: 08856 80536-29
E-Mail: info@kompetenzzentrum-energie.info
Web: www.kompetenzzentrum-energie.info

Vertretungsberechtigter Vorstand: Stefan Drexlmeier

Registergericht: Amtsgericht München
Registernummer: VR 204261

Autoren:
Andreas Scharli, Christiane Regauer, Ludwig Hagelstein, Felix Gross, Benedikt Beinhofer

Jahr: 2023

Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Inhalt

Inhalt I

Abbildungsverzeichnis IV

Tabellenverzeichnis VIII

Abkürzungen IX

Vorwort X

1 Ausgangslage 1

1.1 Übersicht Ingenried 2

1.2 Demographie 3

1.3 Wirtschaft und Flächennutzung 4

1.4 Natur und Landschaftsschutz 6

1.5 Klima 7

2 Bestandsanalyse 8

2.1 Strom 10

2.2 Wärme 12

2.3 Gebäudebestand und Wärmekataster 13

2.4 Kommunale Liegenschaften – Energie-Benchmarking 16

2.4.1 Energiekosten 16

2.4.2 Spezifischer Stromverbrauch 17

2.4.3 Gesamter und spezifischer Heizenergieverbrauch 18

2.5 CO_2- Bilanz 19

3 Potenzialanalyse 20

3.1 Energieeinsparpotenziale bis 2035 21

3.1.1 Einsparpotenziale Strom 21

3.1.2 Wärmeeinsparpotenziale im Gebäudebestand 22

3.1.3 Effizienz in der Energieerzeugung 25

3.2 Regenerative Energieerzeugungspotenziale 26

3.2.1 Solarenergie (Dachflächen) 26

3.2.2 Freiflächen-Photovoltaik 32

3.2.3 Windenergie 35

3.2.4 Bioenergie aus Land- und Forstwirtschaft ... 38
3.2.5 Oberflächennahe Geothermie ... 45
3.2.6 E-Mobilität ... 54
4 Konzeptentwicklung ... 58
4.1 Handlungsbedarf und Handlungsoptionen ... 58
4.1.1 Strom ... 58
4.1.2 Wärme ... 61
4.1.3 Ausbauszenario Erneuerbare Energien ... 64
4.2 Wirtschaftliche Bewertung EE-Ausbau ... 69
5 Maßnahmenempfehlungen für Ingenried ... 71
5.1 Kommunale Liegenschaften ... 72
5.1.1 PV-Anlage Kiga & Kita Ingenried ... 73
5.1.2 PV-Anlage Mehrzweckhalle ... 73
5.1.3 PV-Freifläche Abwasserpumpstation Erbenschwang ... 75
5.1.4 PV-Anlage Abwasserpumpstation Krottenhill ... 75
5.1.5 PV-Anlage Pumpanlage Krottenhill ... 76
5.1.6 PV-Anlage Wasserpumpe Krottenhill ... 76
5.1.7 Einführung kommunales Energiemanagements (KEM) ... 77
5.2 Schwerpunktprojekte Bestandsgebäude ... 78
5.2.1 Sanierungsempfehlungen Gemeindehaus ... 78
5.2.2 Absenkung des Sommer/Winter Umschaltpunktes ... 84
5.2.3 Hydraulischer Abgleich Kindergarten ... 85
5.2.4 Sanierungsempfehlungen Feuerwehrgebäude ... 86
5.1 Schwerpunktprojekt Kläranlage ... 90
5.1.1 Energetische Ausgangssituation ... 90
5.1.2 PV-Anlagen ... 92
5.2 Schwerpunktprojekt Ladeinfrastruktur ... 95
5.2.1 Zukünftige Entwicklung der Ladeinfrastruktur ... 95
5.2.2 Standortidentifikation Ladeinfrastruktur ... 98
5.2.3 Energy Sharing ... 100
5.3 Maßnahmen für Bürgerinnen und Bürger ... 102

5.3.1 Erweiterung der bestehenden Hackschnitzelanlagen und Pelletheizungen 102

5.3.2 Thementag Solar 103

5.3.3 Thermographie-Spaziergang 103

5.3.4 Besichtigung einer Kurzumtriebsplantage 104

5.3.5 Tag der offenen Heizraumtüre 104

5.4 Sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde 105

5.4.1 Handlungsoptionen für CO_2-neutrale Neubaugebiete 105

5.4.2 Heizungstausch-Offensive – welches Heizsystem ist das richtige? 108

5.5 Übersicht der Maßnahmen 110

6 Fördermittel und Finanzierung für Energieprojekte 113

6.1 Verbraucherzentrale Bayern 113

6.2 Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) 114

6.3 Programme für Privatpersonen - KfW-Programm 261 118

6.4 Programme für Unternehmen 118

6.5 KfW-Programme IKK – Nachhaltige Mobilität 119

6.6 Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) 119

6.7 Biowärme Bayern 120

7 Anhang 121

8 Literaturverzeichnis 123

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Übersicht über das Gemeindegebiet von Ingenried. 2
Abbildung 1-2: Entwicklung der Bevölkerungszahl in Ingenried von 1960-2020 und Vorausberechnung für den 31.12.2035 (LfStat, 2023a, 2023b). 3
Abbildung 1-3: Bevölkerungsentwicklung nach Altersgruppen in Ingenried (LfStat, 2023a). 3
Abbildung 1-4: Übersicht der Flächennutzung gemäß amtlichem Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) in Ingenried (LfStat, 2023c). 5
Abbildung 1-5: Entwicklung der Wohnfläche in Ingenried (LfStat, 2023e). 5
Abbildung 1-6: Darstellung aller Schutzgebietskategorien in Ingenried. 6
Abbildung 1-7: Monatsmitteltemperaturen (links) und mittlerer Monatsniederschlags (rechts) 1961-1990 und 1991-2020. Datengrundlage: Monatsmittelwerte Observatorium Hohenpeißenberg (DWD, 2023; Emeis, 2022). 7
Abbildung 2-1: Endenergieverbrauch nach Sektoren: Mobilität, Strom, Wärme 8
Abbildung 2-2: Endenergiebilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2021 in Ingenried. 9
Abbildung 2-3: Aufteilung des Netzabsatzes in Ingenried nach Sektoren im Jahr 2021 (LEW Verteilnetz GmbH, 2023). 10
Abbildung 2-4: Gegenüberstellung von Netzbezug (links) und -einspeisung sowie die Zusammensetzung der Energieträger (rechts) für das Jahr 2021 in Ingenried (LEW Verteilnetz GmbH, 2023). 11
Abbildung 2-5: Einspeisemengen nach Erzeugungsform 2020 und 2021 in Ingenried (LEW Verteilnetz GmbH, 2023; LfU, 2023). 11
Abbildung 2-6: Ermittelter Energiemix Wärme (Endenergie) in Ingenried (2021). 12
Abbildung 2-7: Exemplarischer Ausschnitt aus dem gebäudescharfen Wärmekataster von Ingenried 14
Abbildung 2-8: Darstellung der Wärmebedarfsdichten in Ingenried und Ortsteil Erbenschwang 15
Abbildung 2-9: Kosten für Strom und Wärme der kommunalen Nicht-Wohngebäude. 16
Abbildung 2-10: Spezifischer Stromverbrauch der Nicht-Wohngebäude der kommunalen Liegenschaften 2021 inkl. der Ziel- und Grenzwerte. 17
Abbildung 2-11: Spezifischer Stromverbrauch der Nicht-Wohngebäude der kommunalen Liegenschaften 2021. 17
Abbildung 2-12: Heizenergieverbrauch (witterungsbereinigt) der kommunalen Liegenschaften 2020/21 und 2022 inkl. der Ziel- und Grenzwerte. 18
Abbildung 2-13: CO2-Bilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2020/21 in Ingenried. 19
Abbildung 3-1: Übersicht der Betrachtungsebenen von Energiepotenziale (StMUG et al., 2011). 20
Abbildung 3-2: Markt-Großhandelspreise für Deutschland/Luxemburg zwischen 1.5.23 und 7.5.23 (SMARD, 2023) 22
Abbildung 3-3: Wärmedichtekarte mit den Sanierungsschwerpunkten gewichtet nach Baualtersklassen E & F (Loga et al., 2015) 24
Abbildung 3-4: Mögliche Wärmebedarfsentwicklung bei Sanierungsquoten von 2 % und 3 % bis zum Jahr 2035 in Ingenried 25
Abbildung 3-5: Ausschnitt des LoD2-Gebäudemodells in Ingenried (Basiskarte: OpenStreetMap.org). 27

Abbildung 3-6: Durch Korrektur der Globalstrahlungsdaten nach Neigung und Ausrichtung ist für jede Dachfläche die verfügbare Globalstrahlung bekannt (Hofer et al., 2016).....28
Abbildung 3-7: PV-Potenzial auf Dachflächen in Ingenried unter Berücksichtigung einer Verteilung der Potenzialflächen von PV/ST mit 90/10% 29
Abbildung 3-8: ST-Potenzial auf Dachflächen in Ingenried unter Berücksichtigung einer Verteilung der Potenzialflächen von PV/ST mit 90/10% 31
Abbildung 3-9: Ausschlussflächen für PV-Freiflächenanlagen gem. Standortkonzept der Gemeinde Ingenried. 34
Abbildung 3-10: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 2001 - 2020 in 160 m Höhe über Grund in Ingenried (LfU, 2021).....36
Abbildung 3-11: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 2001 - 2020 in 10 m Höhe über Grund in Ingenried (LfU, 2021).....37
Abbildung 3-12: Eigentumsverhältnisse Forst im Gemeindegebiet von Ingenried.....39
Abbildung 3-13: Bereits genutztes und zusätzlich nachhaltig nutzbares Potenzial nach derzeitiger Sortierungspraxis in den Privat-/Körperschaftswäldern auf dem Gemeindegebiet von Ingenried. 39
Abbildung 3-14: Die sich aus dem Nutztierbestand in Ingenried ergebenden Biogaspotenziale. ..43
Abbildung 3-15: Beispiele für alternative Biogassubstrate: Sida (1) und Riesenweizengras (2), mit denen jeweils hohe Biogaserträge erzielt werden können (Biogas Forum Bayern, 2017). 44
Abbildung 3-16: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmekollektoren im Gemeindegebiet Ingenried. 48
Abbildung 3-17: Wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung und Bohrtiefen für die Errichtung von Erdwärmesonden in Ingenried (WWA Weilheim, 2023). 49
Abbildung 3-18: Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen im Gemeindegebiet von Ingenried. 51
Abbildung 3-19: Feldbestand von Heizungswärmepumpen in Deutschland 2002-2022 nach Wärmepumpentypen. 52
Abbildung 3-20: Beispielansicht eines Erdwärmekorbs.....53
Abbildung 3-21 schematische Abbildung des TerraThech Systems (terrathech, 2023) 53
Abbildung 3-22 Schematische Abbildung eines Ringgrabenkollektors (Nibe, 2023) 54
Abbildung 3-23: Vergleich der Treibhausgasemissionen verschiedener Antriebstechnologien über eine Nutzungsdauer von 15 Jahren bei durchschnittlich 187.500 km Reichweite eines Kompaktklasse-PKWs 2020 und 2030 (Wietschel et al., 2022) 55
Abbildung 3-24: 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. 56
Abbildung 3-25: Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Deutschland nach Szenarien (Windt & Arnhold, 2020) 57
Abbildung 4-1: Ist-Stand (2021) und Ausbaupotenzial der im Rahmen des Energienutzungsplans untersuchten erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in Ingenried. Im Vergleich zum Gesamtverbrauch 2021 sowie zum Verbrauch nach Szenario „E-Mobilität“ und „E-Mobilität + Wärmepumpen“.....60
Abbildung 4-2: Erneuerbarer und fossiler Anteil der Wärmeversorgung im Jahr 2021 in Ingenried. 61

Abbildung 4-3: Ist-Stand (2021) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in Ingenried im Vergleich zum Gesamtbedarf 2021 und den Szenarien mit Sanierungsquoten 2 bzw. 3 %. 62
Abbildung 4-4: Ausbaupfad bis 2035 für eine zukünftige Stromversorgung in Ingenried. 65
Abbildung 4-5: Ausbaupfad für eine zukünftige Wärmeversorgung in Ingenried. ..**Error! Bookmark not defined.**
Abbildung 4-6: Möglicher Beitrag zum Klimaschutz im Wärme- und Stromsektor bei Realisierung der oben dargestellten Szenarien in Ingenried. 68
Abbildung 4-7: Summe der Gesamtkosten 2021 für Wärme und Strom in Ingenried. 69
Abbildung 4-8: Regionale Wertschöpfung 2021 und 2035 durch erneuerbare Energien entsprechend der Szenarien. 70
Abbildung 5-1: Ablaufschema bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen. 72
Abbildung 5-2 PV-Anlage auf dem Kindergarten und der Kita in Ingenried 73
Abbildung 5-3: PV-Anlagen auf der Mehrzweckhalle in kleiner (11,5 kWp), mittlerer (50 kWp, 2 Ladestationen) und großer Variante (83,6 kWp, 5 Ladestationen). 74
Abbildung 5-4: PV-Freiflächenanlage neben der Abwasserpumpstation in Erbenschwang..... 75
Abbildung 5-5: PV-Anlage auf dem Dach der Abwasserpumpstation in Krottenhill. 75
Abbildung 5-6: PV-Anlage auf dem Dach der Pumpstation zur Druckerhöhung in Krottenhill. 76
Abbildung 5-7: PV-Anlage auf dem Süddach der Wasserpumpe in Krottenhill. 76
Abbildung 5-8: PV-Anlage auf beiden Dachflächen der Wasserpumpe in Krottenhill. 77
Abbildung 5-9 Südansicht des Gemeindehaus Ingenried 78
Abbildung 5-10: Jahresprimär- und Endenergiebedarf Gemeindehaus. Einordnung des gem. GEG 2023 79
Abbildung 5-11: Jahresdauerlinie der Netzlast Gemeindehaus 80
Abbildung 5-12: Bauteilaufbau Boden Erdgeschoß und daraus resultierender U-Wert. 81
Abbildung 5-13: Bauteilaufbau Boden Erdgeschoß mit Dämmung und daraus resultierender U-Wert. 81
Abbildung 5-14: Übersichtsbild 3D-Planung Gemeindehaus Ingenried 82
Abbildung 5-15: Simulierte Deckung des Gesamtverbrauchs der PV-Anlage auf dem Ostdach des Gemeindehauses 83
Abbildung 5-16 Einstellpanel für die Heizungsregelung 84
Abbildung 5-17 Verteilerkasten Kindergarten Ingenried 85
Abbildung 5-18 Drosselventile mit Durchflussschwankungserkennung (Fa. Rehau) 85
Abbildung 5-19 Vor- und Rücklauftemperaturen der Fußbodenheizung im Kindergarten Ingenried 86
Abbildung 5-20 Außenansicht Feuerwehrgebäude 86
Abbildung 5-21 Jahresdauerlinie Netzlast FFW. 87
Abbildung 5-22 PV-Anlage FFW Ingenried: Größere Variante mit E-Ladesäule (18,5 kWp) und kleinere Variante (6 kWp). 88
Abbildung 5-23 Nutzung der erzeugten PV-Energie im Jahresverlauf 89
Abbildung 5-24: Ortsteile, deren Abwässer in der Kläranlage Ingenried behandelt werden. 90
Abbildung 5-25: 15-Minuten Lastprofil Kläranlage Ingenried. 90
Abbildung 5-26: Durchschnittlicher Stromverbrauch von Kläranlagen nach Anlagengröße (Statista, 2023). 91

Abbildung 5-27: Tageslastgang 19 kW-Anlage. 93
Abbildung 5-28 Nutzung der PV-Energie (links) und Deckung des Verbrauchs (rechts). 93
Abbildung 5-29: Deckung des Verbrauchs im Jahresverlauf. 94
Abbildung 5-30 Identifizierung geeigneter Standorte für Ladepunkte 98
Abbildung 5-31 Schematischer Aufbau einer Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaft (BEE e.V., 2023) 100
Abbildung 5-32 Strompreiszusammensetzung 2023 (strom-report.com, 2023) 101
Abbildung 5-33: Beispiel einer Kurzumtriebsplantage. 104
Abbildung 5-34 Bebauungsplan „Gewerbegebiet ehemaliger Bauhof II“ im Norden von Ingenried (Gemeinde Ingenried, 2016) 106
Abbildung 5-35 Energiestandards von Gebäuden [kWh/m²*a] 108

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: CO_2-Äquivalente der jeweiligen Energieträger [kg/MWh] (GEG, 2020; UBA, 2022) .. 19
Tabelle 3-1: Reduzierung des Netto-Heizwärmebedarfs pro Jahr je Baualtersklasse für Einfamilienhäuser nach unterschiedlichen Modernisierungszielen (Loga et al., 2015, S. 153 ff) 23
Tabelle 3-2: Übersicht über das PV-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Ingenried 29
Tabelle 3-3: Übersicht über das ST-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Ingenried 30
Tabelle 3-4: Berechnungsgrundlage Biogaspotenzial in Ingenried (FNR, 2014). 42
Tabelle 5-1: Durchschnittliche U-Werte und Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle. 79
Tabelle 5-2 Kennzahlen der PV-Simulation Gemeindehaus Ingenried 83
Tabelle 5-3 Durchschnittliche U-Werte und Transmissionswärmeverluste Gebäudehülle FFW. ... 87
Tabelle 5-4 Kennzahlen der PV-Simulation FFW Ingenried 89
Tabelle 5-5: Standortpotenzial erhöhende und senkende Kriterien (*DIN SPEC 91433*, 2020) 95
Tabelle 5-6: Gängige Werte für das Laden von Elektrofahrzeugen. In Klammern ist beispielhaft die Ladezeit eines Renault Zoe mit 41 kWh Batterie bei jeweiliger Ladeleistung dargestellt (DKE et al., 2021; Renault, 2022) 97
Tabelle 5-7: Detaillierte Beschreibung möglicher Ladepunkte für Ingenried. Use-Cases nach (Windt & Arnhold, 2020, S. 9) 99
Tabelle 5-8: Entscheidungsmatrix für Heizsysteme in Ein- und Zweifamilienhäusern. 109
Tabelle 6-1: Energieberatungsangebot der Verbraucherzentrale Bayern. 113
Tabelle 6-2: Förderung Sanierung Wohngebäude, Stand 27.9.2023 (www.energie-fachberater.de/news/foerderung-fuer-die-sanierung-2023.php) 115

Abkürzungen

ALKIS	**A**mtliches **L**iegenschafts**k**ataster**i**nformations**s**system
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
BEV	**B**attery **E**lectric **V**ehicle – Elektrofahrzeug vollelektrisch
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	**G**ebäude**e**nergie**g**esetz
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
PHEV	**P**lug-in **H**ybrid **E**lectric **V**ehicle – Fahrzeug mit Verbrennungs- und Elektromotor
PV	**P**hoto**v**oltaik
Srm	**S**chütt**r**aum**m**eter
ST	**S**olar**t**hermie
THB	**T**reibhausgasbilanz
TUM	**T**echnische **U**niversität **M**ünchen
VDI	**V**erein **D**eutscher **I**ngenieure

Vorwort

Liebe Bürgerinnen und Bürger,

Antworten und Lösungen zu einer stabilen und nachhaltigen Energieversorgung und einer damit verbundenen Umweltverträglichkeit erwartet heutzutage die Bevölkerung von Staat und Kommunen. Energiesparkonzepte und eine Energiewende ist jedoch nur mit Hilfe der Bürgerinnen und Bürger möglich.

Um einen weiteren Fahrplan für die Energiewende zu erhalten, hat die Gemeinde im vergangenen Jahr das EWO Kompetenzzentrum Energie mit Sitz in Penzberg mit der Erstellung eines Energienutzungsplans beauftragt. Neben dem weiteren Ausbau der PV-Technologie bietet das Konzept wichtige Entscheidungshilfen auch bei der Umsetzung der Wärmewende.

Zusammen mit dem Gemeinderat, den ansässigen Firmen, Handwerksbetrieben, Bürgerinnen und Bürgern sowie Vertretern der Land- und Forstwirtschaft wurden vom EWO-Kompetenzzentrum Energie zahlreiche Ideen gesammelt und Vorschläge dazu erarbeitet.

Die aktuelle geopolitische Lage sowie die mittlerweile spürbaren Klimaveränderungen erfordern eine zügige Umsetzung der Energiewende vor Ort, damit unsere Region zukunftsfähig bleibt. Wir als Gemeinde versuchen dies im Rahmen unserer Möglichkeiten bei den kommunalen Liegenschaften und wollen auch bei der weiteren Ortsentwicklung eine nachhaltige Infrastruktur zur Verfügung stellen. Gleichzeitig wollen wir auch Sie, liebe Mitbürger bitten, die Möglichkeiten zu nutzen, sich besonders in den Bereichen Wärme und Strom nachhaltig und regional zu versorgen. Das stärkt unsere Region durch regionale Wertschöpfung und trägt dazu bei, unsere Natur und unsere Lebensgrundlagen zu erhalten.

Mit freundlichen Grüßen,

Georg Saur
1.Bürgermeister

1 Ausgangslage

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

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 Ingenried als auch für die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen.

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 Ingenried 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 Ingenried.

1.1 Übersicht Ingenried

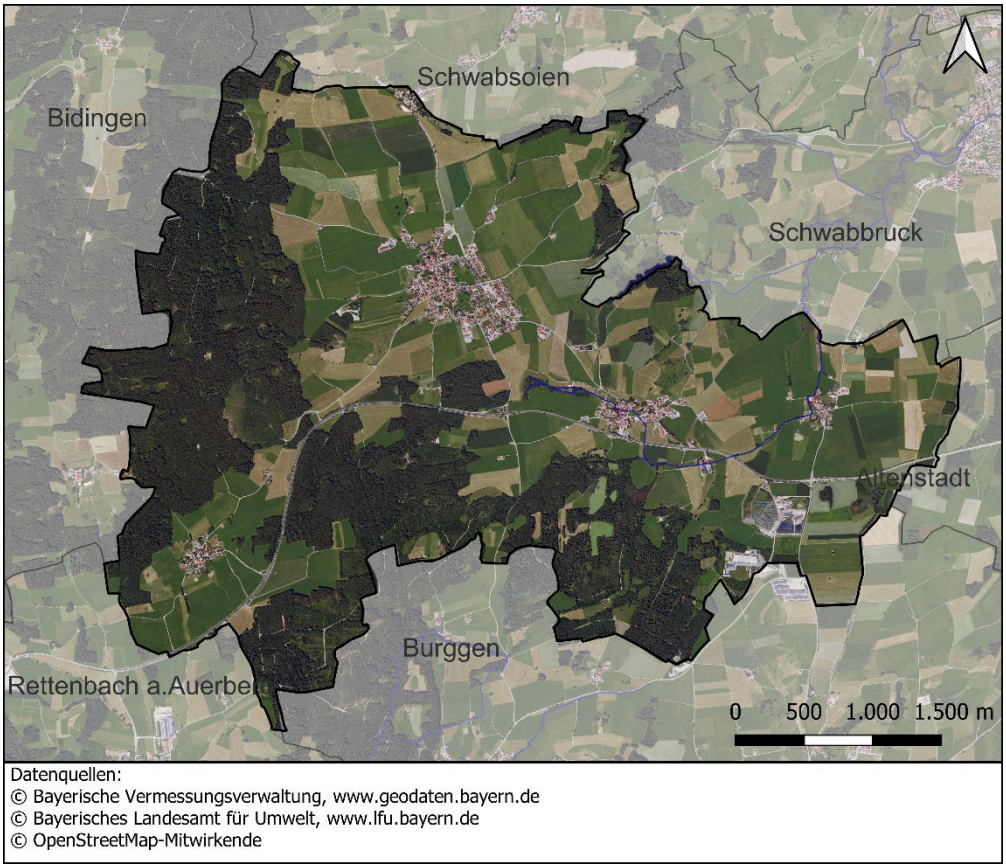


Abbildung 1-1: Übersicht über das Gemeindegebiet von Ingenried.

Ingenried liegt im Pfaffenwinkel zwischen Kaufbeuren und Lech. Es handelt sich um eine kreisangehörige Gemeinde des Landkreises Weilheim-Schongau im Regierungsbezirk Oberbayern. Durch die geographische Bindung an die Voralpen beruht die landschaftliche Form auf Prozessen der letzten Eiszeit. Jungmoränen und Hügellandschaften der Würm-Eiszeit prägen die Umgebung. Die Gemeindefläche beträgt 17,5 km², wovon mehr als die Hälfte landwirtschaftlich genutzt wird (Abbildung 1-1). Die besiedelte Fläche von 7,5 % verteilt sich auf einige kleine Gemeindeteile und dem im nordwestlichen Zentrum gelegenen Hauptort Ingenried. Die Nachbarkommunen sind Bidingen, Schwabsoien, Schwabbruck, Altenstadt, Burggen und Rattenbach am Auerberg.

1.2 Demographie

In Ingenried leben aktuell 1.081 Einwohner (EW) (Stand: 31.12.2021). Das entspricht einer Bevölkerungsdichte von 61,9 EW/km². Wie Abbildung 1-2 verdeutlicht, ist die Bevölkerungszahl seit 1970 stetig und stark gewachsen. Im Vergleich zu 1960 hat sich die Anzahl der Einwohner in Ingenried um mehr als die Hälfte vermehrt. Unter Annahme der Bevölkerungsvorausberechnung des Landesamtes für Statistik für den Landkreis Weilheim-Schongau (+6,0 %; (LfStat, 2023b)) ist mit einem Anstieg der Einwohnerzahlen bis zum Jahr 2035 auf 1.146 EW zu rechnen. Demnach wird die bisherige Zuwachsrate annähernd gleichbleiben. Diese Vorausberechnungen sind jedoch vor allem für den ländlichen Bereich mit Unsicherheiten verbunden.

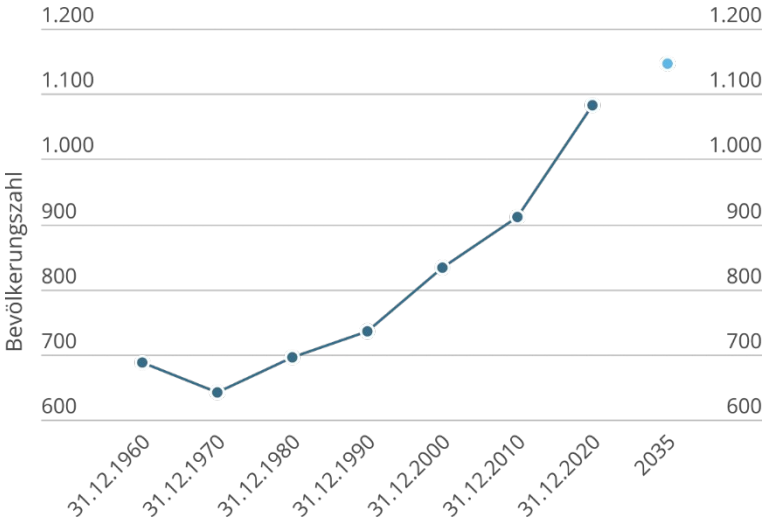


Abbildung 1-2: Entwicklung der Bevölkerungszahl in Ingenried von 1960-2020 und Vorausberechnung für den 31.12.2035 (LfStat, 2023a, 2023b).

Auch in der Altersstruktur der Bevölkerung kann beim Vergleich der Jahre 1987 und 2021 ein Wandel festgestellt werden. Aus Abbildung 1-3 ist für die Altersgruppen in Ingenried unter 50 Jahren kein konsistentes Bild zu erkennen. Während manche dieser Klassen unterschiedlich starken Zuwachs generieren, fallen in der Altersstufe 15 bis unter 18 die Einwohnerzahlen. Die Klassen „50 bis unter 65“ und „65 oder älter“ hingegen stellen nicht nur die mit Abstand stärkste Bevölkerungsgruppen, sondern verzeichnen zusätzlich den prozentual größten Anstieg zum Vergleichsjahr 1987 (LfStat, 2023a).

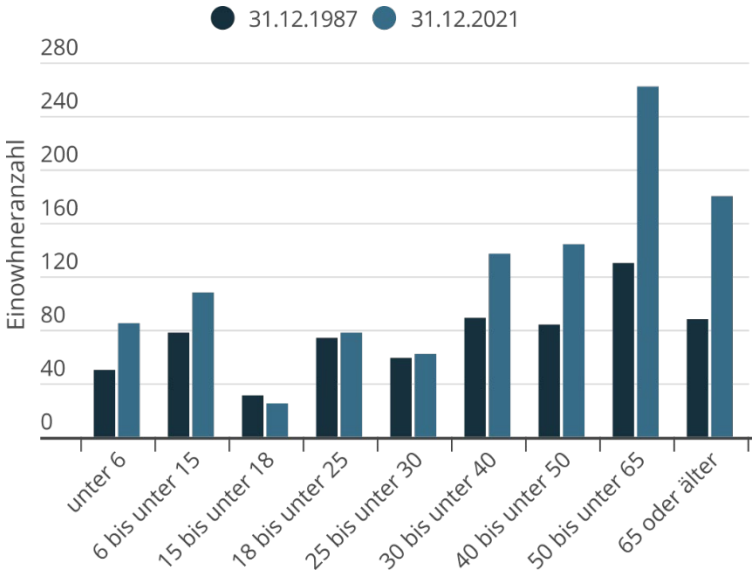


Abbildung 1-3: Bevölkerungsentwicklung nach Altersgruppen in Ingenried (LfStat, 2023a).

Sowohl das zu erwartende Bevölkerungswachstum 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.

1.3 Wirtschaft und Flächennutzung

Die Beschäftigungsquote in Ingenried als Arbeitsort beträgt 13,1 % (Stand 2021) und liegt demnach deutlich niedriger als die Quote des Landkreises Weilheim-Schongau (37,3 %) (LfStat, 2023f). Diese Differenz ist primär auf das Fehlen größerer gewerblicher Betriebe zurückzuführen. Mit Stand vom 30.06.2021 sind in der Gemeinde Ingenried 142 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte gemeldet.

Das Produzierende Gewerbe stellt mit einem Anteil von 74,7 % den dominierenden Wirtschaftssektor der Beschäftigten in Ingenried. 2,8 % der Beschäftigten in Ingenried arbeiten in der Land- und Forstwirtschaft. Das restliche Viertel der Beschäftigten verteilt sich auf andere Wirtschaftssektoren, für welche in Ingenried jedoch keine genauen Daten zur Verfügung stehen.

Durch kommunale Einrichtungen wie den örtlichen Kindergarten 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.

Betrachtet man die **Flächennutzung** (Abbildung 1-4) des gesamten Gemeindegebietes so zeigt sich, dass die Siedlungs- und Verkehrsflächen 7,5 % der Gesamtfläche ausmachen. Landwirtschaftsflächen (55,1 %) und Waldflächen (36,7 %) nehmen den größten Anteil ein. Wasserflächen (0,2 %) und Flächen anderer Nutzung (0,5 %) spielen im Gemeindegebiet nur eine untergeordnete Rolle (LfStat, 2023c). In Anbetracht der abnehmenden Zahl an landwirtschaftlichen Betrieben werden sich auch Kulturlandschaft und Flächennutzung verändern. Im Zuge dessen entstehen möglicherweise Flächen, welche unter nachhaltigen Gesichtspunkten für die Erzeugung erneuerbarer Energien genutzt werden können.

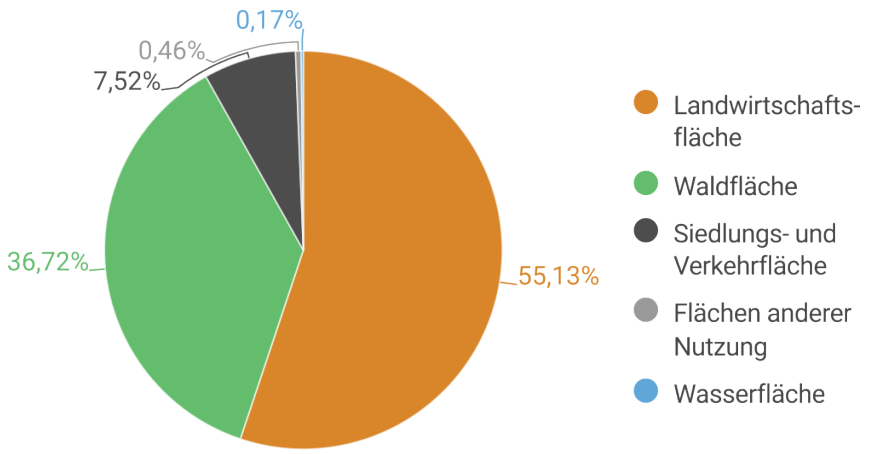


Abbildung 1-4: Übersicht der Flächennutzung gemäß amtlichem Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) in Ingenried (LfStat, 2023c).

Auch die **Wohnbebauung** hat in Ingenried in den letzten Jahrzehnten zugenommen (Abbildung 1-5). Wohnfläche und Anzahl der Wohngebäude haben sich kontinuierlich erhöht. Gleichzeitig steigt die Wohnfläche pro Einwohner in den letzten Jahrzehnten an, 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 Ingenried insgesamt 318 Wohngebäude mit einer Gesamtwohnfläche von über 55.874 m² (LfStat, 2023e). 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).

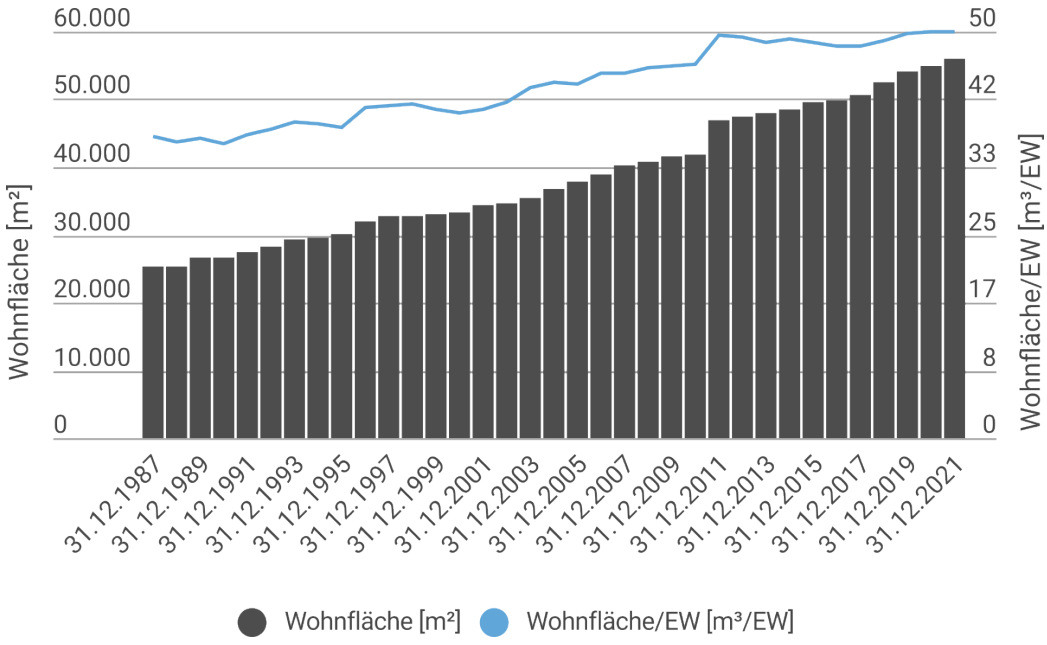


Abbildung 1-5: Entwicklung der Wohnfläche in Ingenried (LfStat, 2023e).

1.4 Natur und Landschaftsschutz

Der Ausbau erneuerbarer Energien benötigt i.d.R. Flächen und ist oftmals mit Eingriffen in das Landschaftsbild verbunden. Bei der Erarbeitung des vorliegenden Energienutzungsplanes wurde deshalb besonders Wert daraufgelegt, 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 Ingenried in Abbildung 1-6 zeigt, existieren im Gemeindegebiet zahlreiche wertvolle und damit besonders schützenswerte Flächen. Im Gegensatz zu anderen Gemeinden der Region gibt es in Ingenried vergleichsweise wenige Schutzgebietsflächen. Neben dem Hauptort und an der südlichen Gemeindegrenze liegen zwei großflächige Trinkwasserschutzgebiete. Zusätzlich bestehen einige kleine Biotope verschiedener Schutzkategorien, welche sich vorwiegend über das östliche Gemeindegebiet verteilen.

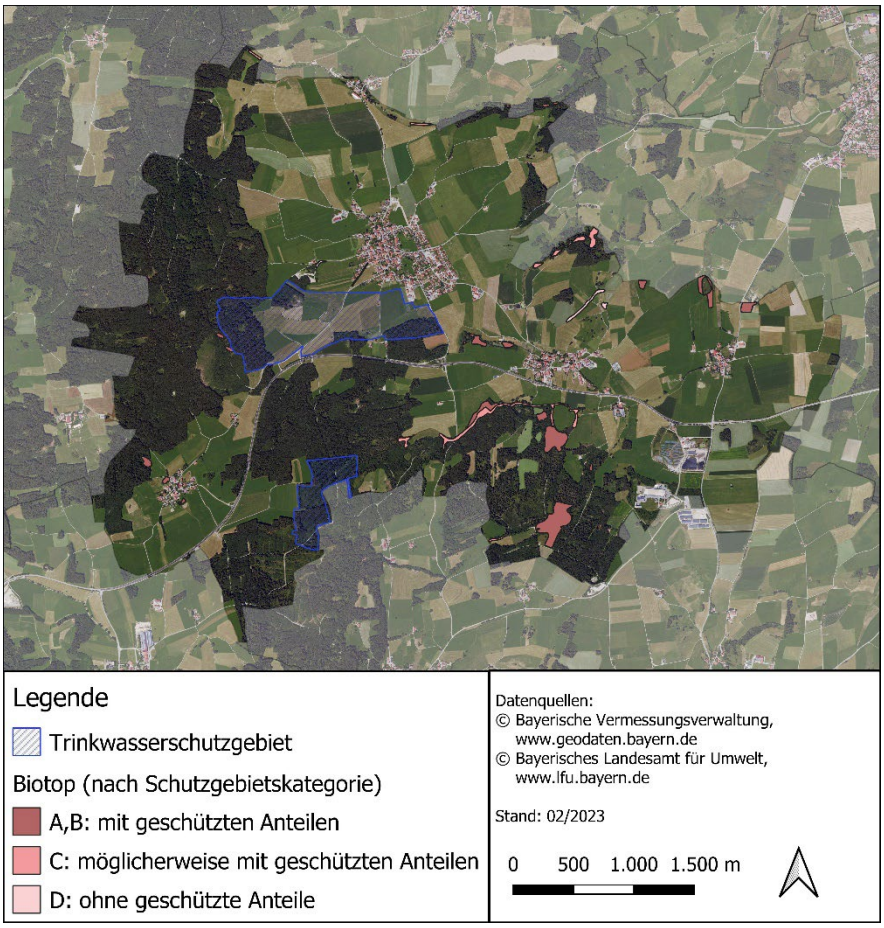


Abbildung 1-6: Darstellung aller Schutzgebietskategorien in Ingenried.

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

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 Klimastation Hohenpeißenberg ausgewertet, welche relativ nahe zu Ingenried liegt und seit 1950 Messdaten liefert. Wie aus Abbildung 1-7 hervorgeht, sind bereits deutliche Anstiege der Monatsmitteltemperaturen zu beobachten. Die Werte der Messdatenreihe 1991-2020 liegen (mit Ausnahme in den Herbstmonaten) um 1-2°C über denen des Zeitraums 1961-1990. Während das langjährige Mittel der Lufttemperatur 1961-1990 bei 6,5 °C lag, stieg die Jahresmitteltemperatur in den vergangenen Jahren bereits über 8,0 °C Die Sonnenscheindauer in Ingenried beträgt im Mittel circa 1.825 h/a , bei einer Globalstrahlung von 1.187 kWh/m² im Jahresmittel (LfU, 2022).

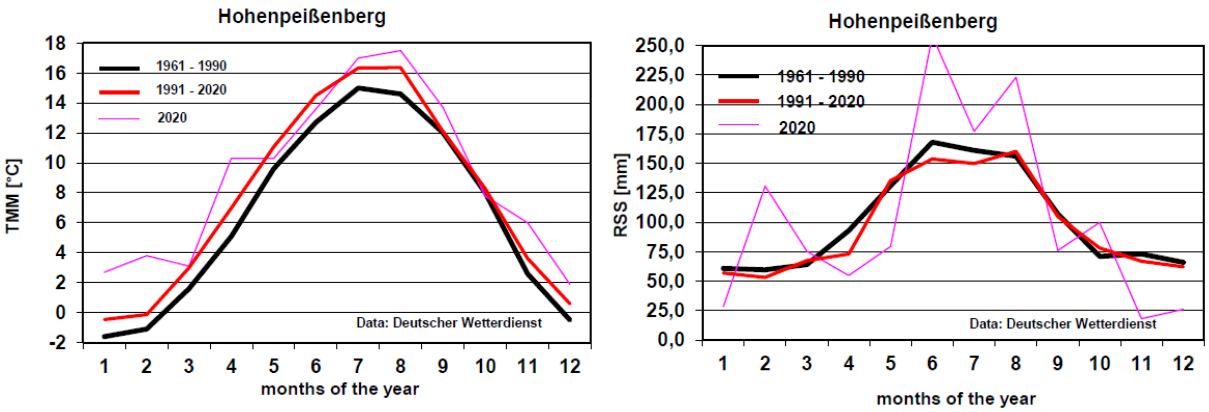


Abbildung 1-7: Monatsmitteltemperaturen (links) und mittlerer Monatsniederschlags (rechts) 1961-1990 und 1991-2020. Datengrundlage: Monatsmittelwerte Observatorium Hohenpeißenberg (DWD, 2023; Emeis, 2022).

Die Jahresniederschlagsmengen liegen in Ingenried im langjährigen Mittel seit 2009 bei 1.180 mm pro Jahr (DWD, 2023). Aus regionalen Messdaten können derzeit noch keine signifikanten Veränderungen bei den Niederschlagsmengen festgestellt werden, aus dem Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1991-2000 ist eine geringe Abnahme der mittleren Monatsniederschläge im April, Juni und Juli zu erkennen (Abbildung 1-7). 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. Die Monatsmittelwerte des Jahres 2020 in Abbildung 1-7 zeigen eindrücklich starke Abweichungen von den langjährigen Durchschnittswerten.

2 Bestandsanalyse

Das Ziel des Energienutzungsplanes Ingenried 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 et al., 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.

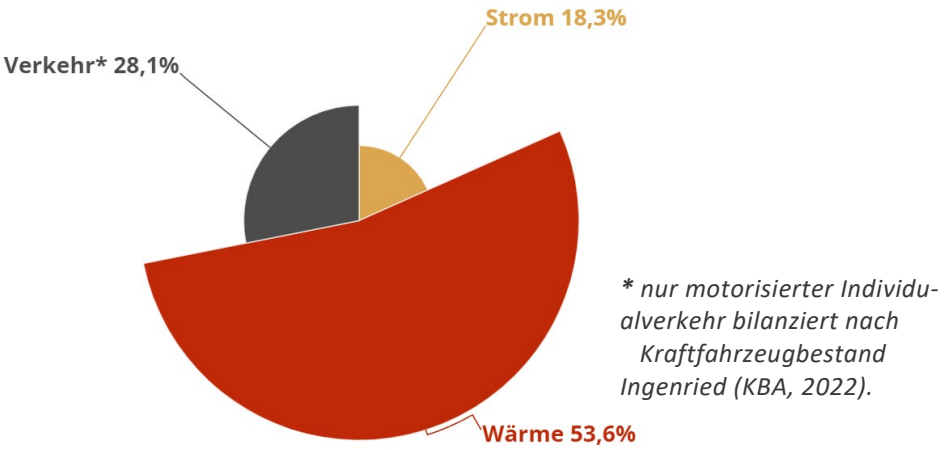


Abbildung 2-1: Endenergieverbrauch nach Sektoren: Mobilität, Strom, Wärme

Aus Abbildung 2-1 wird deutlich, dass in Summe in Ingenried fast 30 % der Endenergie durch den Verbrauch von Treibstoffen (Benzin und Diesel) dem Sektor Verkehr zuzuordnen ist. Zur Bereitstellung von Wärme werden über 53 % benötigt wird. Knapp 20 % entfallen auf den Verbrauch elektrischer Energie.

Betrachtet man die Endenergieverbräuche nach Verbrauchssektoren (Abbildung 2-2), so entfallen knapp 30 % der Endenergie auf den Sektor Verkehr. Den größten Anteil am Verbrauch haben die privaten Haushalte mit über 54 %. Da im Ort wenig größere Gewerbebetriebe angesiedelt sind macht dieser Sektor lediglich knapp 15 % aus, die kommunalen Liegenschaften verbrauchen knapp 2 % der Endenergie in Ingenried.

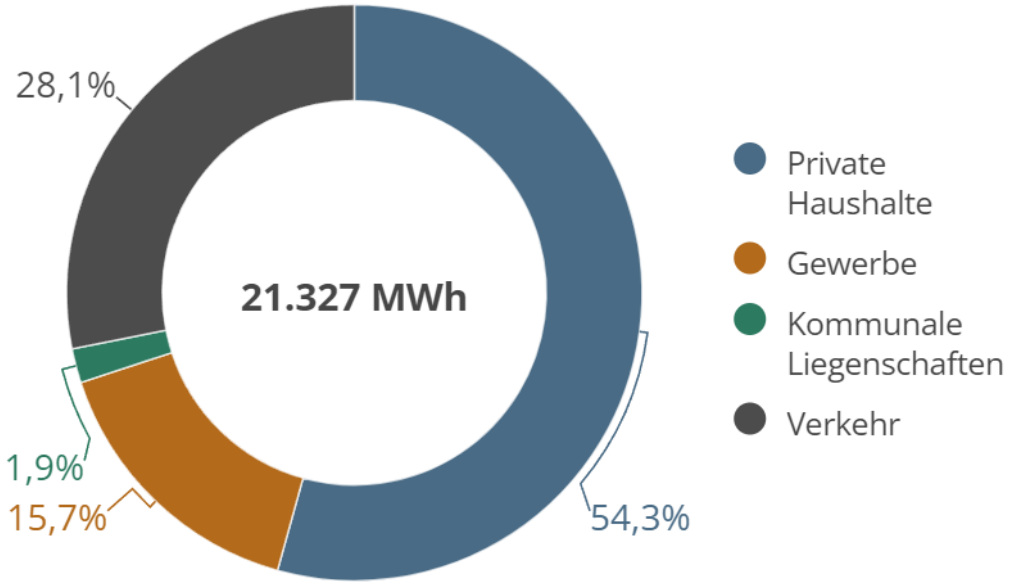


Abbildung 2-2: Endenergiebilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2021 in Ingenried.

Bei einem gleichbleibenden Anstieg des motorisierten Individualverkehrs ist davon auszugehen, dass sich in Ingenried der verkehrsbedingte Anteil am Endenergieverbrauch entsprechend erhöhen wird. Mit Stand vom 01.01.2022 waren in der Gemeinde Ingenried 746 PKWs gemeldet (Kraftfahrt-Bundesamt, 2022), die insgesamt 5.523 MWh Energie verbrauchten. Neben der Verkehrsvermeidung ist E-Mobilität derzeit eine vielversprechende Option den verkehrsbedingten Ausstoß von Treibhausgasen, Stickoxiden und Feinstaub zu reduzieren. 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 aktuellen Zahlen zum Netzabsatz in Ingenried liegen für das Jahr 2021 vor. Demnach beläuft sich der Gesamtnetzabsatz auf 3.597 MWh (LEW, 2023). Pro Einwohner (EW) entspricht dies einem Verbrauch von 3.327 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 etwa 41 % den Hauptanteil des Netzabsatzes ausmachen. Für knapp 33 % des Stromverbrauchs sind private Haushalte verantwortlich. Die landwirtschaftlichen Betriebe der Gemeinde kommen auf einen Bedarf von 14 % des Gesamtabsatzes. Etwa 5 % des Gesamtbedarfs wird für den Betrieb von Wärmepumpen im Gemeindegebiet verwendet. Hier ist eine gewisse Unschärfe der Daten zu berücksichtigen, da mit dem Wärmestrom der LEW einerseits auch E-Autos geladen werden können, andererseits nicht jeder Wärmepumpenbetreiber einen Wärmestromlieferverträg abgeschlossen hat. Der Absatz der kommunalen Liegenschaften beläuft sich auf einen Anteil von 4,3 %. Die restlichen Anteile entfallen auf die Bereitstellung von Wärme durch Heizstrom sowie die öffentliche Straßenbeleuchtung.

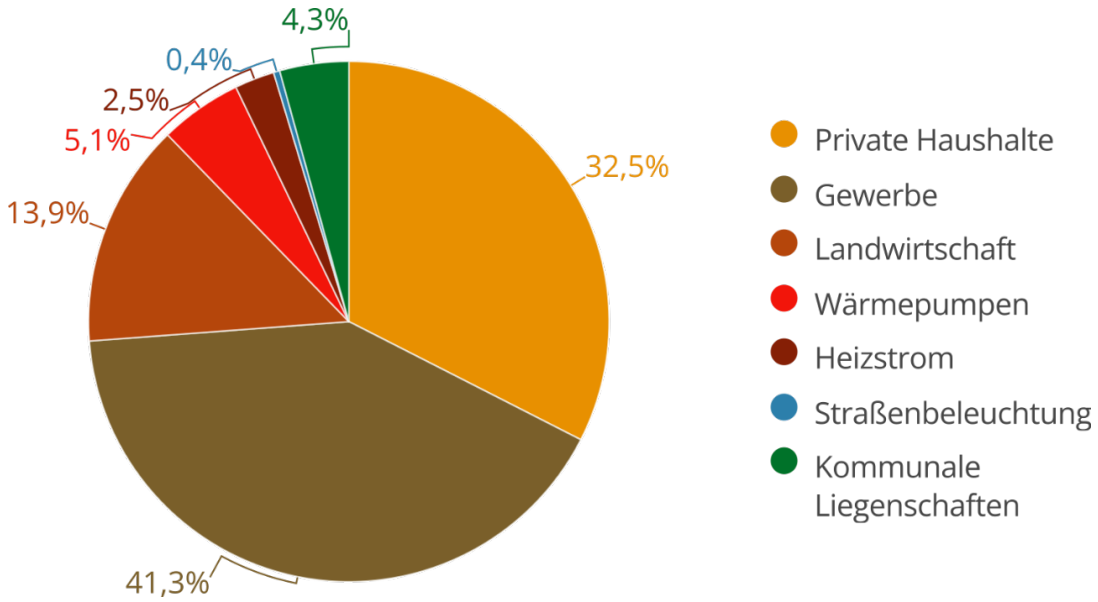


Abbildung 2-3: Aufteilung des Netzabsatzes in Ingenried nach Sektoren im Jahr 2021 (LEW Verteilnetz GmbH, 2023).

Stromerzeugung

Im Jahr 2021 wurden in Ingenried durch PV-, Biogas- und KWK-Anlagen Strom erzeugt. Vor Ort konnten 4.079 MWh regenerativ erzeugter Strom ins Netz eingespeist werden (LEW Verteilnetz GmbH, 2023). In Relation zum Gesamtstromverbrauch entspricht dies einer Deckung von 119 % durch vor Ort erzeugten erneuerbaren Strom (Abbildung 2-4). Der größte Anteil davon wird durch die hauptsächltich auf privaten Wohngebäuden installierten Photovoltaikanlagen gedeckt (91 %). Weitere 8 % werden durch eine Biogasanlage erzeugt. Zudem speist eine kleine, mit Biogas betriebene KWK-Anlage einen geringen Betrag ins öffentliche Stromnetz ein. Aufgrund von tages- und jahreszeitlich bedingten Schwankungen bei der erneuerbaren Energieproduktion vor allem bei der Photovoltaik kann der Deckungsgrad allerdings stark variieren.

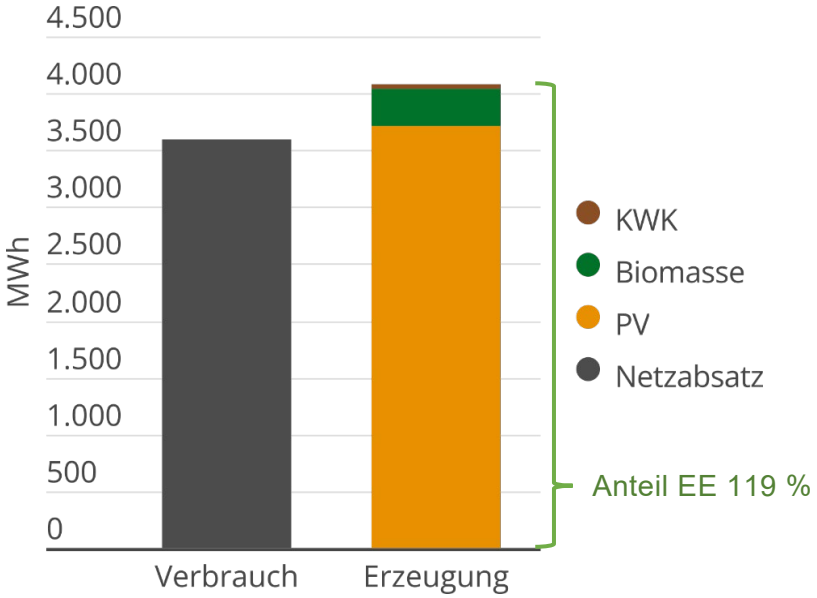


Abbildung 2-4: Gegenüberstellung von Netzbezug (links) und -einspeisung sowie die Zusammensetzung der Energieträger (rechts) für das Jahr 2021 in Ingenried (LEW Verteilnetz GmbH, 2023).

Abbildung 2-5 zeigt die Einspeisemengen der erneuerbaren Energieträger der Jahre 2020 und 2021 im Vergleich. Über die letzten beiden Jahre erfolgte ein Zubau an PV-Anlagen in Ingenried.

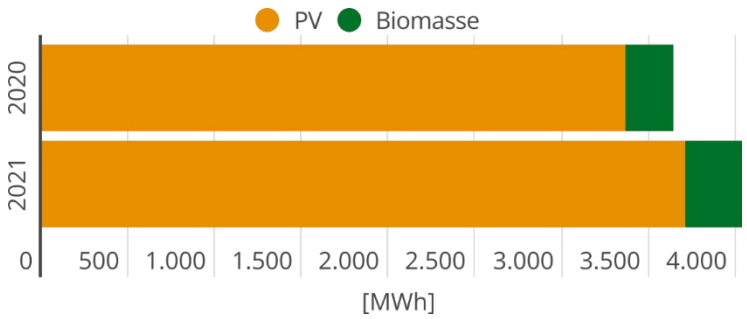


Abbildung 2-5: Einspeisemengen nach Erzeugungsform 2020 und 2021 in Ingenried (LEW Verteilnetz GmbH, 2023; LfU, 2023).

2.2 Wärme

Wärmebedarf

Für das Ortsgebiet Ingenried wurde ein gebäudescharfer Wärmekataster erstellt. Zur Deckung des gesamten Wärmebedarfs in Ingenried werden pro Jahr 10.520 MWh Endenergie benötigt. Damit ist dieser knapp 3-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.

Wärmeerzeugung

Im Jahr 2021 konnten 36,4 % des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden, womit Ingenried deutlich über dem Bundesschnitt liegt. Den drittgrößten Anteil mit rund 2.290 MWh trug dabei der Energieträger Holz hauptsächlich in Form von Pellets, Hackschnitzeln und Stückholz bei. Enthalten ist darin auch die Wärme aus dem Holzgas-BHKW, welches die beiden Nahwärmenetze im östlichen Ingenried speist. Die Wärmenetzverläufe wurden anhand schematischer Zeichnungen nachvollzogen und in einer Karte dargestellt (siehe digitale Anlage). Mit 11,3 % tragen Wärmepumpen zur regenerativen Energieversorgung bei, der Anteil der Solarthermie liegt bei knapp 3 % und etwa 0,4 % wird durch das Biogas BHKW bereitgestellt (Abbildung 2-6).

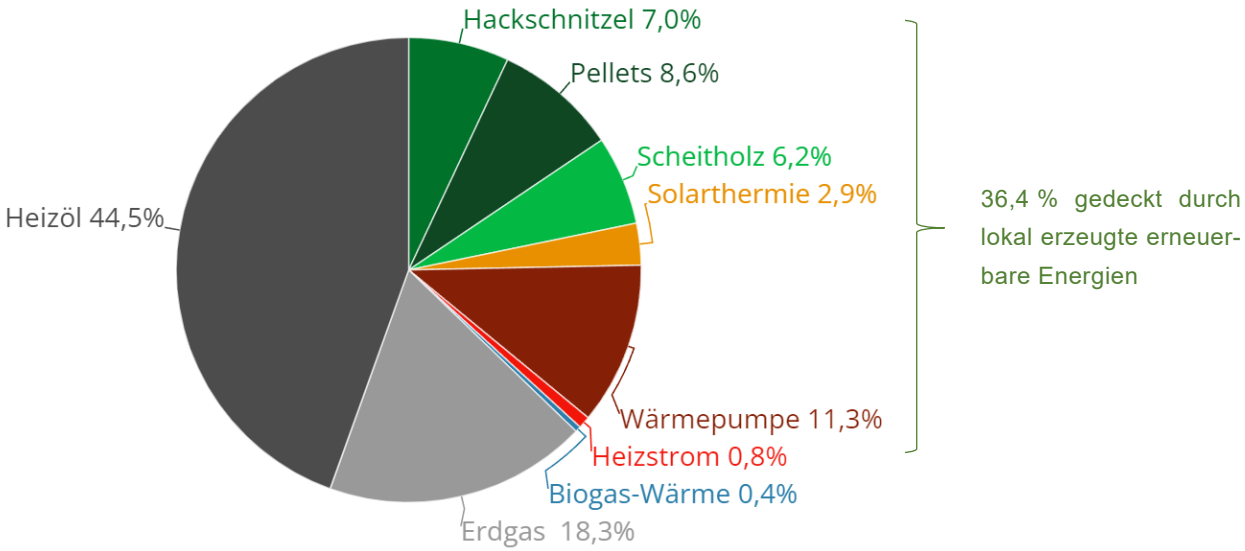


Abbildung 2-6: Ermittelter Energiemix Wärme (Endenergie) in Ingenried (2021).

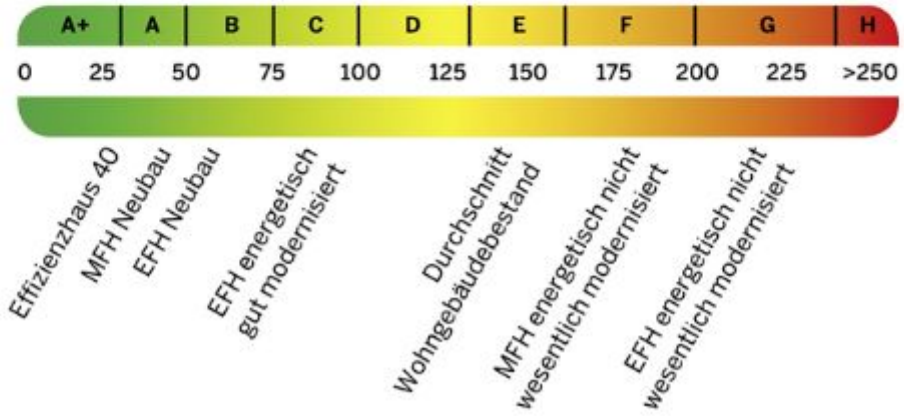
Den zweitgrößten Beitrag nimmt Erdgas mit 18,3 % ein. Hier lagen lediglich die Daten aus 2019 von Erdgas Schwaben vor. Der Erdgas Verbrauch erfolgt ausschließlich durch den Sektor Gewerbe und Industrie. Die restlichen 44,5 % des Wärmebedarfs werden durch Heizöl gedeckt. Fossile Energieträger machen somit noch immer den größten Anteil der Energiequellen aus.

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. Ein exemplarischer Ausschnitt ist in Abbildung 2-7 dargestellt. Auf dieser Auswertung basieren die Energiebilanzen und die Ermittlung der Potenziale, sowohl zur Erzeugung erneuerbarer Energien als auch zur Energieeinsparung durch energetische Gebäudesanierung. Zudem dient das Wärmekataster als Basis für die Entwicklung möglicher Umsetzungsprojekte, wie Nah- oder Fernwärmenetze.

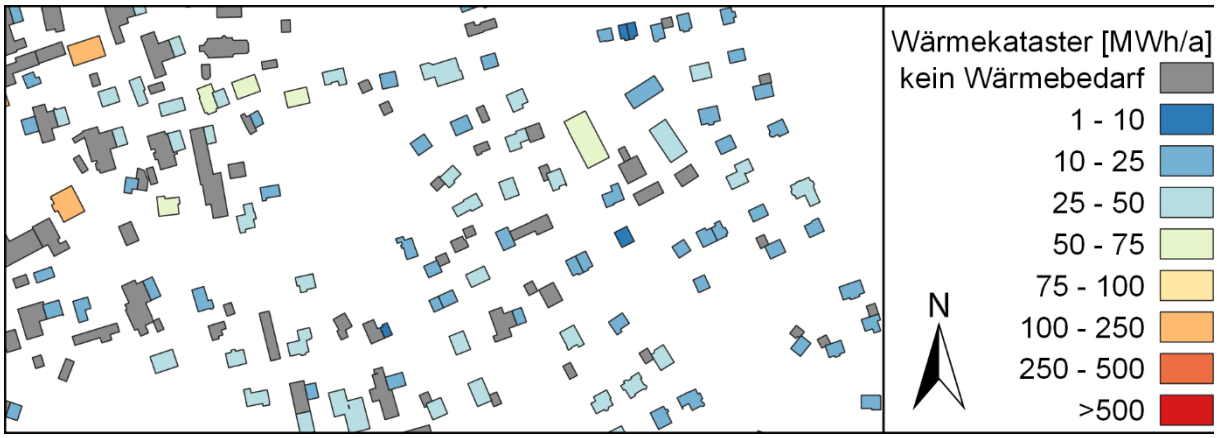
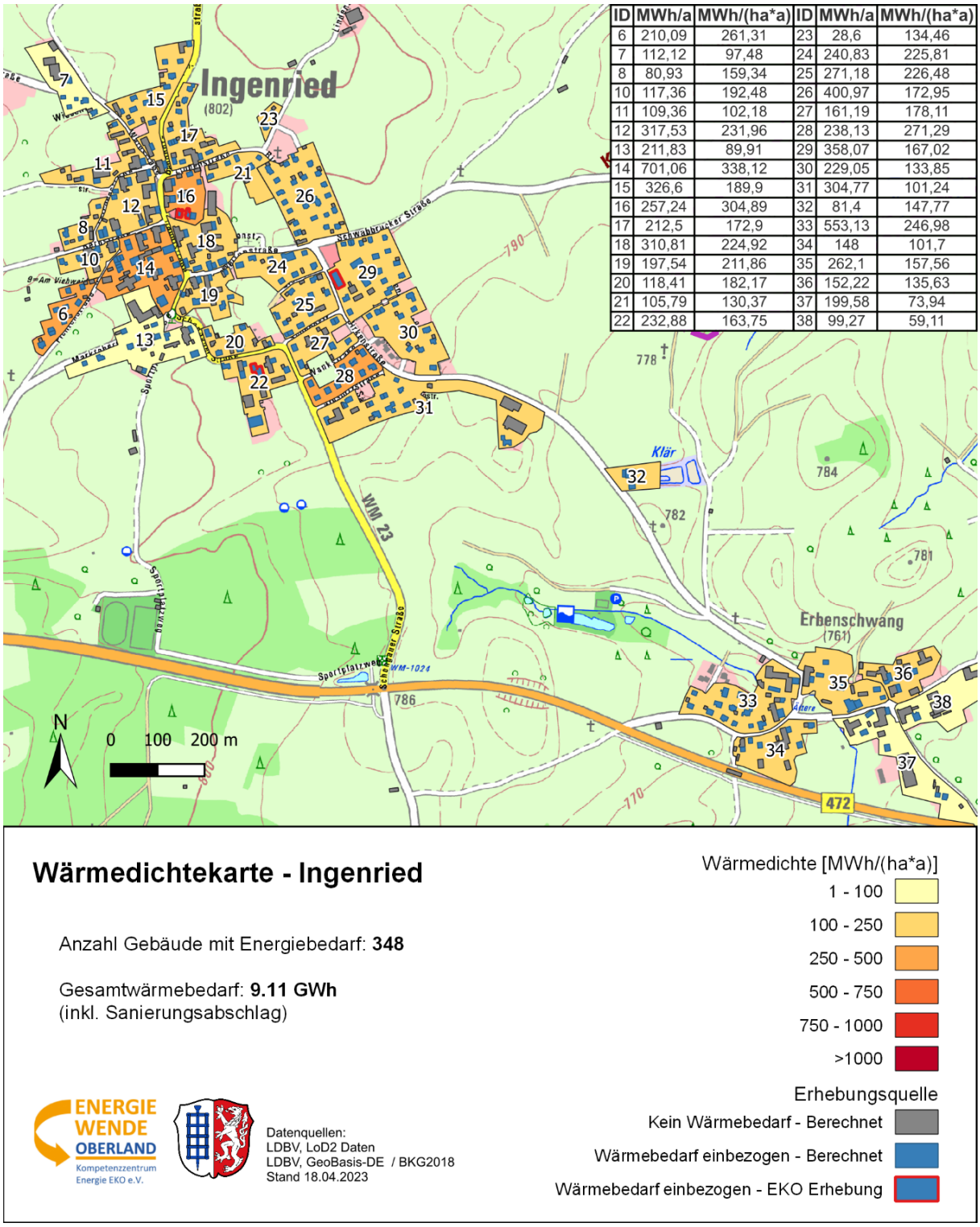


Abbildung 2-7: Exemplarischer Ausschnitt aus dem gebäudescharfen Wärmekataster von Ingenried

Mit Hilfe des 3D-Gebäudemodells der bayerischen Vermessungsverwaltung (LoD2, siehe Abbildung 3-5), Informationen zur Gebäudenutzung und der Baualtersstruktur wurde entsprechend dem „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG et al., 2011) für jedes Bestandsgebäude der spezifische Jahreswärmebedarf ermittelt (Nutzenergie). Dieser setzt sich zusammen aus dem jeweiligen Heiz- und Warmwasserbedarf. In Ingenried wurden für den Wärmekataster insgesamt 348 beheizbare Gebäude ermittelt, knapp 90 % davon werden als Wohngebäude genutzt.

Ausgehend vom gebäudescharfen Wärmeverbrauch wurde anschließend unter Einbezug des Flächennutzungsplans und der Flurkarte eine Wärmedichtekarte erstellt, welche den Jahreswärmebedarf mehrerer Gebäude zusammenfasst. 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. Die räumliche Verteilung des Wärmebedarfs wird in Abbildung 2-8 für das Gemeindegebiet visualisiert. Die vollständige Ansicht ist in der digitalen Anlage zu finden. Im Bereich der Hauptstraße nördlich und westlich der Kirche St. Georg herrscht aufgrund der hohen Anzahl an Verbrauchern auf engem Raum eine hohe Wärmebedarfsdichte von über 300 MWh pro Hektar und Jahr. In den umliegenden, durch Höfe und Einfamilienhäuser geprägten Bereichen, liegen die Wärmedichten bei 150-200 MWh/(ha*a). Im westlichen Teil von Erbenschwang wird ebenfalls eine Wärmedichte von knapp 250 MWh/(ha*a) erreicht. Alle Bereiche mit erhöhter Wärmedichte sind auf mögliche Wärmelieferanten und Wärmenetzinteressenten zu prüfen. Insgesamt entfallen etwa 88 % des gesamten Wärmebedarfs auf private Haushalte, weitere 10 % auf den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung und knapp 2 % auf die kommunalen Liegenschaften. Die Verteilung zeigt, dass neben den kommunalen Gebäuden insbesondere die Bürgerinnen und Bürger angesprochen, motiviert und unterstützt werden sollten ihre Wärmeversorgung effizienter und erneuerbar zu gestalten.



ID	MWh/a	MWh/(ha*a)	ID	MWh/a	MWh/(ha*a)
6	210,09	261,31	23	28,6	134,46
7	112,12	97,48	24	240,83	225,81
8	80,93	159,34	25	271,18	226,48
10	117,36	192,48	26	400,97	172,95
11	109,36	102,18	27	161,19	178,11
12	317,53	231,96	28	238,13	271,29
13	211,83	89,91	29	358,07	167,02
14	701,06	338,12	30	229,05	133,85
15	326,6	189,9	31	304,77	101,24
16	257,24	304,89	32	81,4	147,77
17	212,5	172,9	33	553,13	246,98
18	310,81	224,92	34	148	101,7
19	197,54	211,86	35	262,1	157,56
20	118,41	182,17	36	152,22	135,63
21	105,79	130,37	37	199,58	73,94
22	232,88	163,75	38	99,27	59,11

Abbildung 2-8: Darstellung der Wärmebedarfsdichten in Ingenried und Ortsteil Erbenschwang.

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, wie beispielsweise Schulen, Turnhallen, Rathäuser, Kindertagesstätten, miteinander verglichen, um ggf. Abweichungen feststellen zu können. Dabei werden die spezifischen Energieverbrauchswerte der Gebäudekategorie entsprechenden bundesweit gültigen Vergleichswerten gegenübergestellt. Diese Vergleichswerte wurden der Richtlinie VDI 3807 Blatt 2 (Verein Deutscher Ingenieure, 2014) entnommen und werden in den Abbildungen in den folgenden Kapiteln als Ziel- und Grenzwerte angegeben.

2.4.1 Energiekosten

Für die kommunalen Nicht-Wohngebäude wurden über 23.000 € für Strom (2021) und 12.500 € (2022) für Wärme bezogen. In Abbildung 2-9 ist die Aufteilung auf die einzelnen Energieträger dargestellt. 65 % entfallen auf den Strombezug, die restlichen 35 % auf die Bereitstellung von Wärme. Die gesamte Wärmeversorgung der betrachteten Liegenschaften (siehe Abbildung 2-12) wird durch Hackschnitzel zur Verfügung gestellt. Durch diese Heizart bleiben die Ausgaben zu einem großen Teil als Wertschätzung für die Landwirte in der Region.

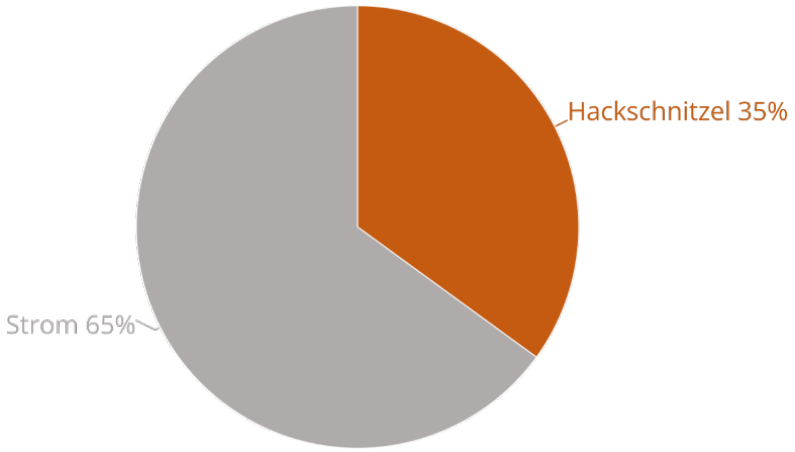


Abbildung 2-9: Kosten für Strom und Wärme der kommunalen Nicht-Wohngebäude.

2.4.2 Spezifischer Stromverbrauch

Die Benchmarking-Auswertung des Stromverbrauchs der Nicht-Wohngebäude der kommunalen Liegenschaften sind in Abbildung 2-10 dargestellt. Die Liegenschaften befinden sich fast alle unterhalb der Referenzwerte, lediglich das Gebäude der Freiwilligen Feuerwehr überschreitet sogar den Grenzwert.

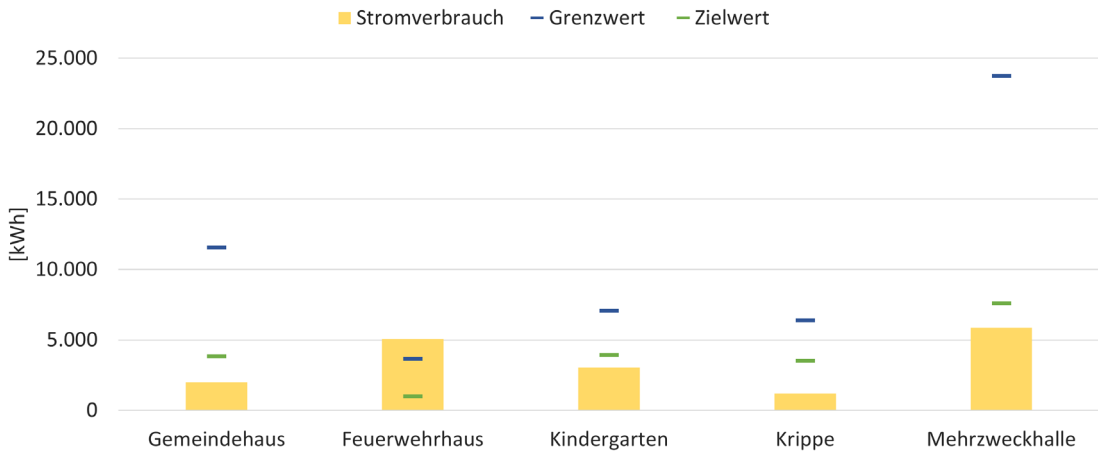


Abbildung 2-10: Spezifischer Stromverbrauch der Nicht-Wohngebäude der kommunalen Liegenschaften 2021 inkl. der Ziel- und Grenzwerte.

Die restlichen kommunalen Liegenschaften wurden ohne Vergleichswerte in Abbildung 2-11 dargestellt, da für diese Gebäudekategorien kein Benchmark zur Verfügung steht. In Relation zu den restlichen Liegenschaften haben besonders die Kläranlage und der Dorfladen in Ingenried einen besonders hohen Stromverbrauch. Auf diesen beiden Liegenschaften wurden bereits PV-Anlagen installiert, um den Netzbezug zu verringern. Das Potenzial für weitere PV-Anlagen auf kommunalen Dächern wird in Kapitel 5.1 beschrieben.

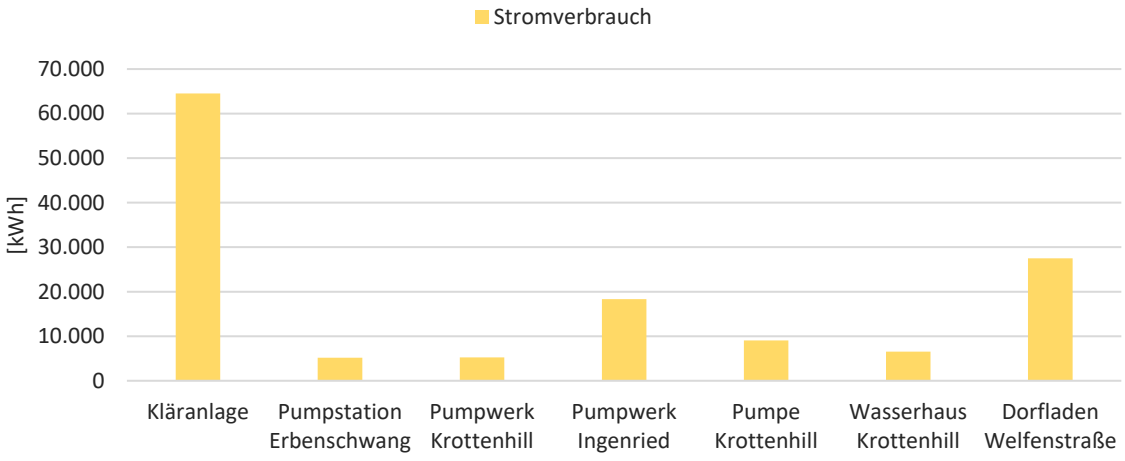


Abbildung 2-11: Spezifischer Stromverbrauch der Nicht-Wohngebäude der kommunalen Liegenschaften 2021.

2.4.3 Gesamter und spezifischer Heizenergieverbrauch

Der gesamte Energieverbrauch von 178 MWh für Heizung und Warmwasserbereitung der betrachteten kommunalen Liegenschaften wurde im Jahr 2022 durch erneuerbare Energieträger gedeckt. Die Versorgung des Nahwärmenetzes durch Hackschnitzel macht 100 % der Wärmedeckung aus.

Die Auswertung in Abbildung 2-12 zeigt die Verbräuche der kommunalen Nicht-Wohngebäude, für die Daten herangezogen werden konnten, im Vergleich zu den Verbrauchskennwerten.

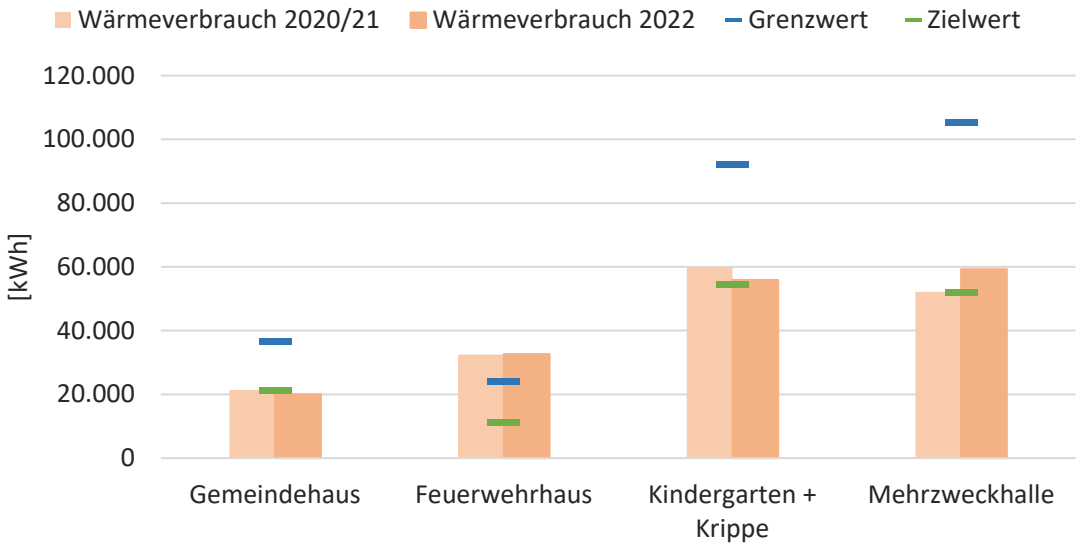


Abbildung 2-12: Heizenergieverbrauch (witterungsbereinigt) der kommunalen Liegenschaften 2020/21 und 2022 inkl. der Ziel- und Grenzwerte.

Die Liegenschaften liegen auch bei der Betrachtung des Wärmeverbrauchs zum Großteil im Bereich des Zielwertes, nur die Feuerwehr liegt über dem Grenzwert. Der Vergleich des Näherungswertes der Jahre 2020 und -21 und dem Verbrauch im Jahr 2022 zeigt keine ausgeprägten Differenzen. Dass die Mehrzweckhalle in den durch Corona eingeschränkten Jahren weniger genutzt werden konnte, erklärt vermutlich den leicht niedrigeren Verbrauch.

2.5 CO_2- Bilanz

Die vorliegende CO_2-Bilanz wurde auf Basis der erhobenen Strom- und Wärmeverbräuche sowie dem Kraftfahrzeugbestand von Ingenried erstellt. Mit Hilfe der in Tabelle 2-1 aufgelisteten CO_2-Emissionsfaktoren wurden die CO_2-Äquivalente berechnet.

Tabelle 2-1: CO_2-Äquivalente der jeweiligen Energieträger [kg/MWh] (GEG, 2020; UBA, 2022)

Energieträger	Emissionsfaktor [kg/MWh]
Strom (Energieträgermix)	420
Heizstrom	420
Heizöl	310
Erdgas	240
Flüssiggas	270
Holz	20
Solarthermie	0
Oberflächennahe Geothermie	0

Insgesamt entsteht durch den Endenergieverbrauch in Ingenried bilanziell ein CO_2-Ausstoß von **3.523 t CO_2**. Allein durch den Strombezug aus dem öffentlichen Netz und den Wärmebedarf ergeben sich 2.019 t CO_2 pro Jahr, was einem pro-Kopf-Ausstoß von 1,9 t CO_2 pro Jahr bedeutet. Unter Berücksichtigung der zusätzlich durch den Verkehr verursachten Emissionen beträgt der pro-Kopf-Ausstoß 3,3 t CO_2 pro Jahr.

Bezogen auf die Verbrauchssektoren, trägt der Verkehrssektor durch die in Ingenried gemeldeten PKWs 42 % zu den Treibhausgasemissionen bei. Die Haushalte machen einen Anteil von rund 50 % aus. Etwa 6 % emittiert der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung durch dessen Strom- und Wärmeverbrauch. Die durch die kommunalen Liegenschaften verursachten CO_2-Emissionen machen 1 % der gesamten Treibhausgas-Emissionen in Ingenried aus (Abbildung 2-13).

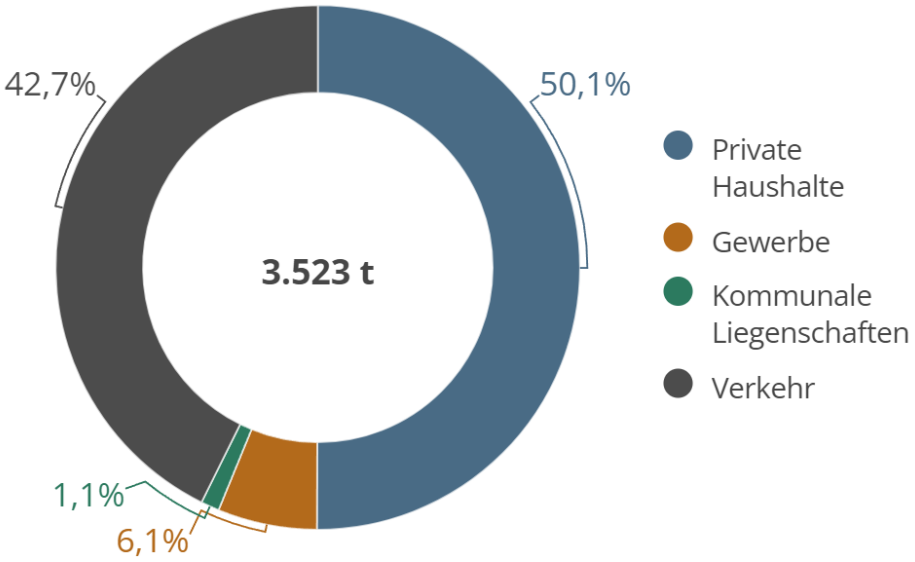


Abbildung 2-13: CO2-Bilanz nach Verbrauchssektoren im Jahr 2020/21 in Ingenried.

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 Ingenried. Da die beste Energie diejenige ist, die gar nicht erst verbraucht wird, werden zu Beginn des Kapitels die Energieeinsparpotenziale für Ingenried aufgezeigt. Im zweiten Teil werden die Potenziale der regenerativen Energieerzeugung auf dem Gemeindegebiet von Ingenried 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 3-1). 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.

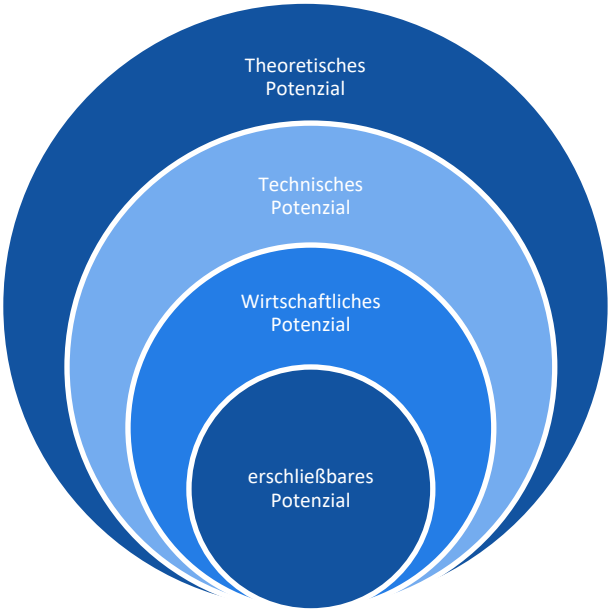


Abbildung 3-1: Übersicht der Betrachtungsebenen von Energiepotenziale (StMUG et al., 2011).

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 vergangenen Jahrzehnte haben jedoch gezeigt, dass es eine große Herausforderung ist, bestehende Verhaltensmuster nachhaltig zu verändern. Im Gegensatz zur Energieerzeugung ist beim Energieeinsparen die gesamte Bandbreite gesellschaftlicher Akteure gefragt. Unternehmen, Politik, Verwaltungen sowie alle Bürgerinnen und Bürger sind dazu aufgefordert entsprechend ihrer Möglichkeiten einen sparsamen Energieumgang umzusetzen. Die 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 Ingenried geben.

3.1.1 Einsparpotenziale Strom

Studien über die Region (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.

Einen weiteren Hebel kann die Nutzung dynamischer Stromtarife darstellen, welche ab 2026 verpflichtend von den meisten Stromversorgern angeboten werden müssen. Der Strompreis für die Nutzer orientiert sich dabei am aktuellen Börsenpreis, welcher für den Kunden z.B. stündlich angepasst wird. Voraussetzung ist ein sog. SmartMeter, ein intelligenter Stromzähler, der eine verbrauchsgenaue Abrechnung möglich macht. Der Börsenpreis schwankt im Tagesverlauf aufgrund verschiedener Faktoren. Er ergibt sich aus Angebot und Nachfrage, daher sind die Preise in der Regel nachts und nachmittags eher gering. Hinzu kommt, dass ein hoher Anteil von erneuerbaren Energien, beispielsweise an sonnigen oder windigen Tagen, im Strommix zu günstigen Preisen führt (siehe Abbildung 3-2). Nutzer eines dynamischen Strompreises können dann ihren Verbrauch entsprechend anpassen und z.B. ihr E-Auto laden, oder die Waschmaschine in einer Zeit mit günstigerem

Strompreis laufen lassen, was durch Gerätekopplung auch automatisiert ablaufen kann. Vorteile des Modells sind sowohl eine Verlagerung des Verbrauchs in Zeiten hoher erneuerbarer Erzeugung als auch Ersparnisse auf Kundenseite und eine Sensibilisierung des Verbrauchsverhaltens aufgrund der Visualisierungen in den gekoppelten Anwendungen, die mit diesen Tarifen meist einhergehen.

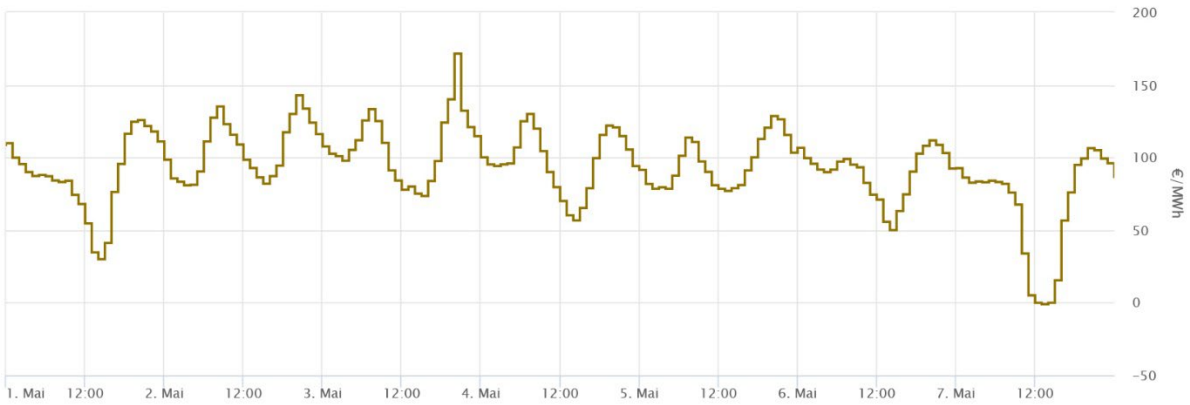


Abbildung 3-2: Markt-Großhandelspreise für Deutschland/Luxemburg zwischen 1.5.23 und 7.5.23 (SMARD, 2023)

Trotz vorhandener Einsparpotenziale und steigender Energieeffizienz ist zukünftig mit großer Wahrscheinlichkeit nicht oder nur mit gering sinkenden Netzabsatz- und Strombedarfsmengen zu rechnen. Die zunehmende Digitalisierung und die aktuellen Entwicklungen bei der E-Mobilität führen tendenziell zu einer Zunahme des Stromverbrauchs. In Kapitel 3.2.6 wird die Entwicklung der Ladeinfrastruktur und die Auswirkungen auf den Strombedarf beschrieben.

3.1.2 Wärmeeinsparpotenziale im Gebäudebestand

Die bisherige Sanierungsquote von bestehenden Gebäuden in Bayern liegt bei etwa 0,8 bis 1,0 % (Nemeth et al., 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 ein beträchtlicher Teil der Gebäude in Ingenried 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 et al., 2015, S. 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 einigen Bereichen des Orts eine stärkere Sanierung anzustreben. In Abbildung 3-3 sind die Bereiche dargestellt, in denen sich die Baualtersklassen bis 1980 nach Alter gewichtet häufen und daher Sanierungsmaßnahmen forciert werden sollten. Dabei sollte der Fokus auf den gesamten Bereich rund um den Ortskern liegen, insbesondere auf den Gebäuden der Hauptstraße zwischen Lerchen/Linden- und Welfenstraße. Ebenso sind im östlichen Teil von Erbenschwang, sowie im südlichen Bereich von Huttenried Gebäude der betreffenden Baualtersklassen mit hohem Sanierungspotenzial vorhanden.

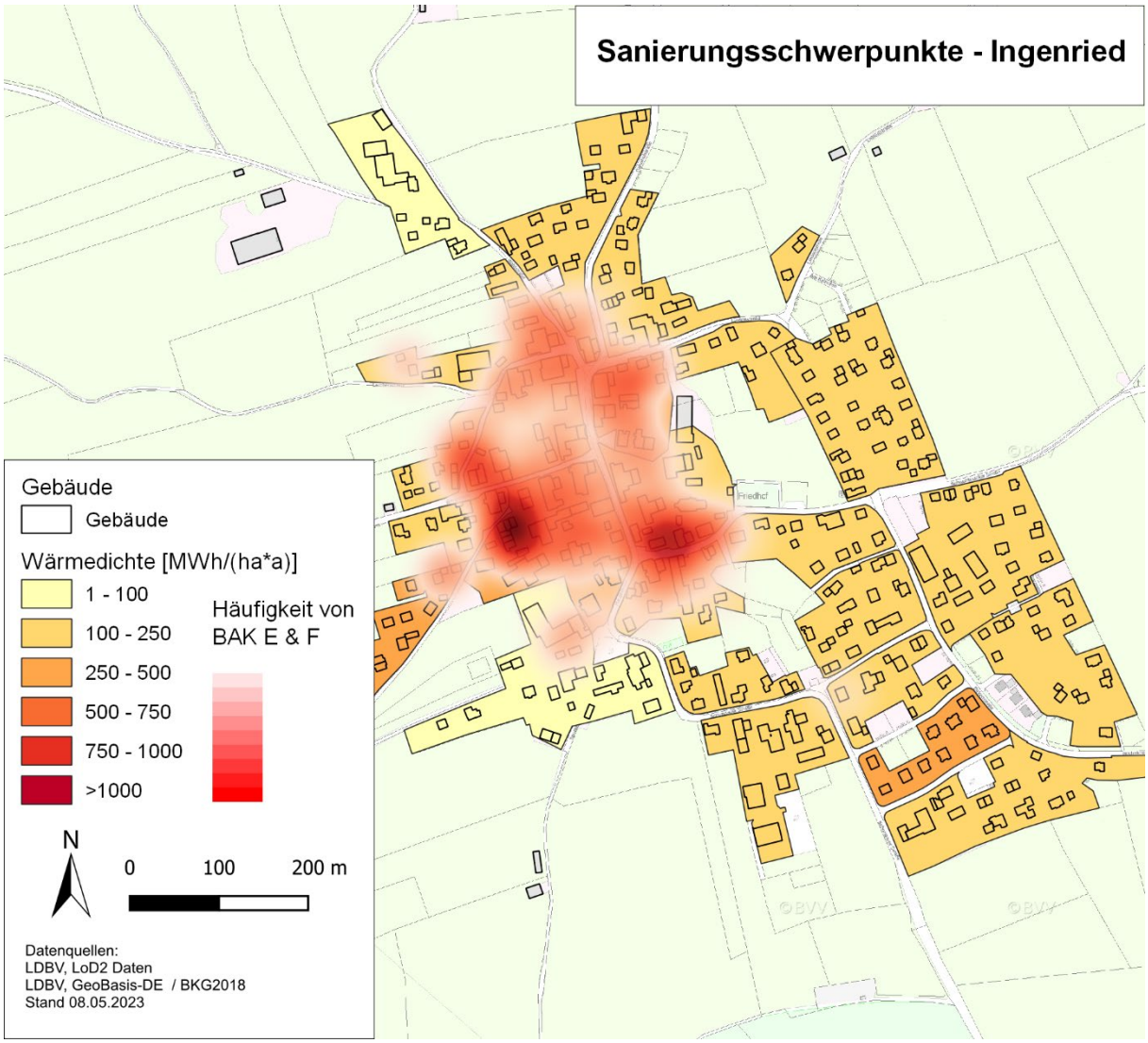


Abbildung 3-3: Wärmedichtekarte mit den Sanierungsschwerpunkten gewichtet nach Baualtersklassen E & F (Loga et al., 2015)

Als Trichter einer möglichen Wärmebedarfsentwicklung ist für Ingenried eine Sanierungsquote zwischen 2 bis 3 % in Abbildung 3-4 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 2 % ein Einsparpotenzial von 14 % und mit einer Sanierungsquote von 3 % ein Einsparpotenzial von 21 % gegenüber dem Jahr 2021 ergeben.

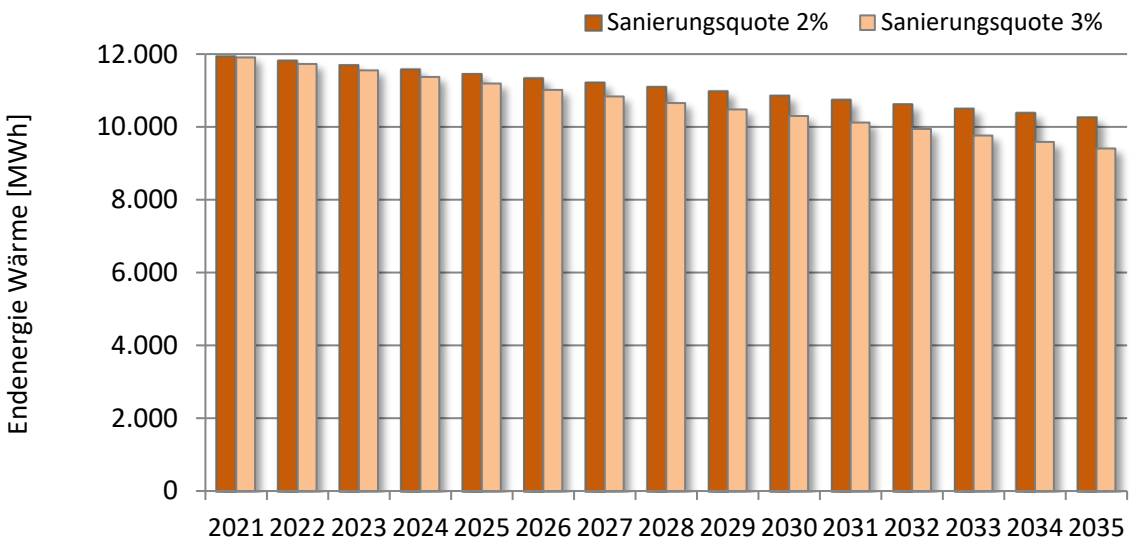


Abbildung 3-4: Mögliche Wärmebedarfsentwicklung bei Sanierungsquoten von 2 % und 3 % bis zum Jahr 2035 in Ingenried

3.1.3 Effizienz in der Energieerzeugung

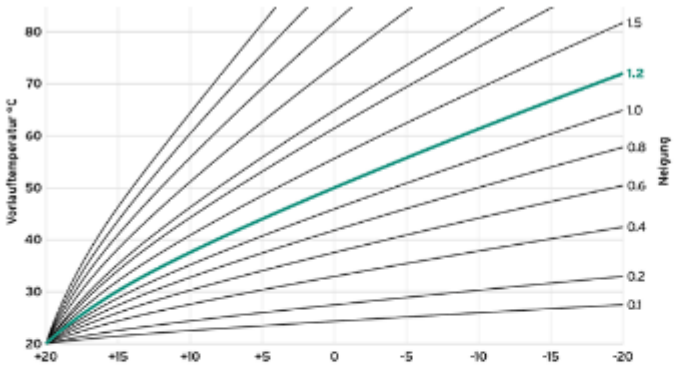
Eine deutliche Steigerung der effizienten Energieerzeugung vor allem in privaten Haushalten kann durch eine aktive Bedienung der bestehenden Heizungsregelung erreicht werden:

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 Ingenried umfasst folgende erneuerbare Energien:

- Solarenergie (S. 26)
- Bioenergie (S. 38)
- Windenergie (S. 35)
- Geothermie (S. 45)

3.2.1 Solarenergie (Dachflächen)

Die Stromgewinnung durch Photovoltaikanlagen ist in Ingenried die mit Abstand dominierende Erzeugungsquelle. Trotzdem sind noch 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 1.015 m² Kollektorfläche zu 3,6 % 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 Ingenried miteinander verknüpft werden. Die Vorgehensweise dazu ist im folgenden Abschnitt erläutert.

Abbildung 3-5: Ausschnitt des LoD2-Gebäudemodells in Ingenried (Basiskarte: OpenStreetMap.org).

3.2.1.1 Methodik der Dachflächenpotenzialermittlung

Die Ermittlung der solarenergetischen Potenziale erfolgt auf Basis eines 3-D-Gebäudemodells der bayerischen Vermessungsverwaltung (LoD2) (siehe Abbildung 3-5) 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 Ingenried.

Die hohe Genauigkeit dieses relativ aufwendigen Verfahrens wird im „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG et al., 2011) explizit hervorgehoben. Insgesamt sind bei der durchgeführten Analyse rund 690 Gebäude mit einer Dachfläche von 165.900 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. Die Potenzialdachflächen wurden aufgeteilt in 90 % Fläche für Photovoltaik und 10 % für Solarthermie Nutzung. Diese Proportionen ergeben sich aus den Erfahrungswerten von Akteuren in der Region Oberland.

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. 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 3-6). Die Umsetzung

dieser Korrektur erfolgte mit Unterstützung des Lehrstuhls für Geografie und Fernerkundung der LMU München im Rahmen des Projekts INOLA (Innovationen für ein Nachhaltiges Land- und Energiemanagement).

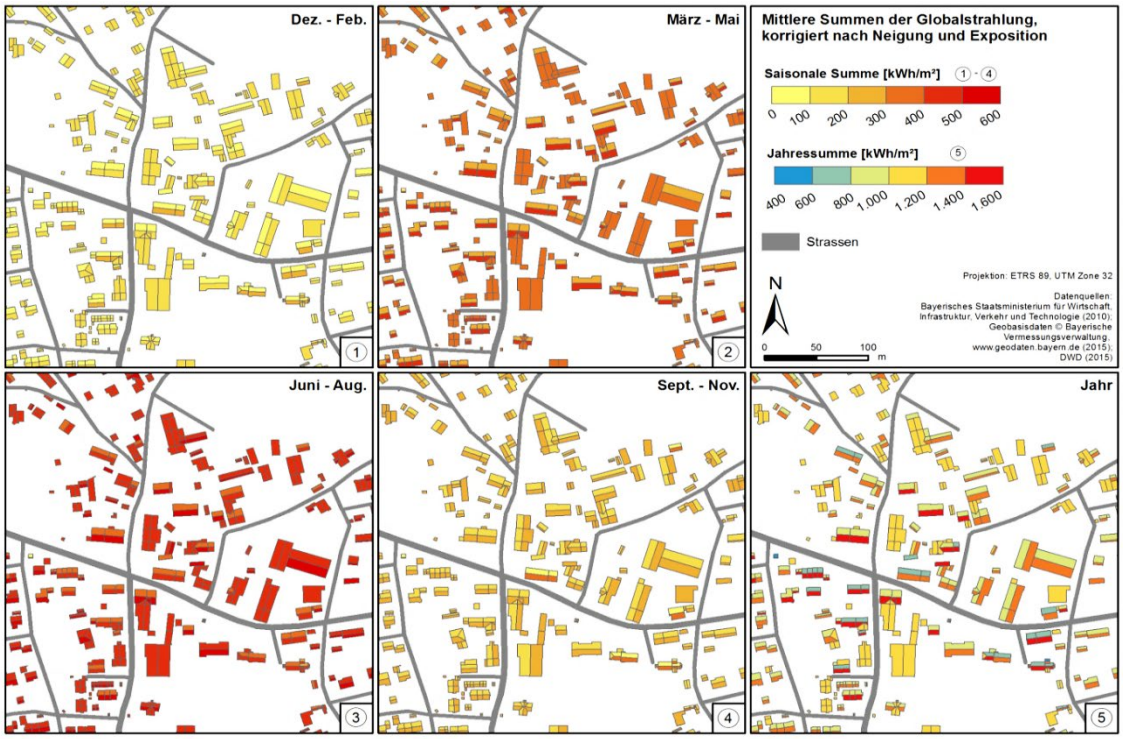


Abbildung 3-6: Durch Korrektur der Globalstrahlungsdaten nach Neigung und Ausrichtung ist für jede Dachfläche die verfügbare Globalstrahlung bekannt (Hofer et al., 2016).

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 et al., 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 Ingenried kann im Detail im Ablaufschema von Anhang 1 nachvollzogen 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. Etwa 30 % der möglichen PV-Potenzialfläche ist in Ingenried bereits ausgeschöpft (siehe Abbildung 3-7). Wie in Tabelle 3-2 zusammenfassend dargestellt wird, ist auf den geeigneten und noch nicht belegten Dachflächen der Gemeinde maximal noch Platz für rund 54.000 m² PV-Modulfläche. Bei

vollständiger Nutzung dieser Fläche ergäbe sich ein PV-Gesamtpotenzial in der Größenordnung von **5.660 MWh** pro Jahr bei einem Jahresnutzungsgrad von 9 % gemäß „Leitfaden Energienutzungsplan“ (StMUG et al., 2011), wobei der Jahresnutzungsgrad mittlerweile höher ist.

Tabelle 3-2: Übersicht über das PV-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Ingenried.

Ertragspotenzial PV [MWh/a]	Modulflächenpotenzial PV [m²]	Durchschnittsertrag pro Fläche [kWh/m² a]
5.660	54.000	105

Etwa 29 % des verfügbaren Potenzials entfällt auf Wohngebäude und gut 70 % 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. Fast 70 % der zur PV-Nutzung potenziell nutzbaren Flächen sind noch nicht ausgeschöpft und stehen für eine Belegung zur Verfügung.

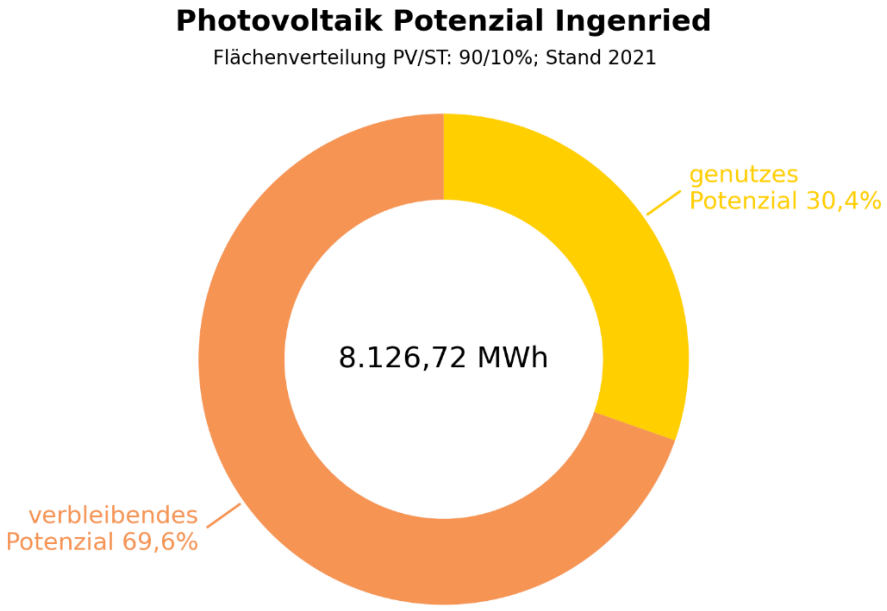


Abbildung 3-7: PV-Potenzial auf Dachflächen in Ingenried unter Berücksichtigung einer Verteilung der Potenzialflächen von PV/ST mit 90/10%

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 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 Anlagen zur reinen Brauchwasserspeicherung gebaut, sondern Anlagen mit Frischwasserstationen und Pufferspeicher. Diese können auch zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden und 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. Sowohl Flachdächer als auch 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 3-3 bzw. Abbildung 3-8 dargestellt, sind bereits knapp 35 % der Solarthermie Potenzialflächen ausgeschöpft und es konnte insgesamt für die Gemeinde ein Potenzial von rund 1.900 m² geeigneter und noch verfügbarer ST-Kollektorfläche ermittelt werden. Damit ergibt sich für die Gemeinde ein solarthermisches Potenzial in der Größenordnung von **580 MWh** pro Jahr bei einem angenommenen Jahresnutzungsgrad von 25 % gemäß Leitfaden Energienutzungsplan (StMUG et al., 2011).

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

Ertragspotenzial ST [MWh/a]	Kollektorflächenpotenzial ST [m²]	Durchschnittsertrag pro Fläche [kWh/m² a]
580	1.900	302

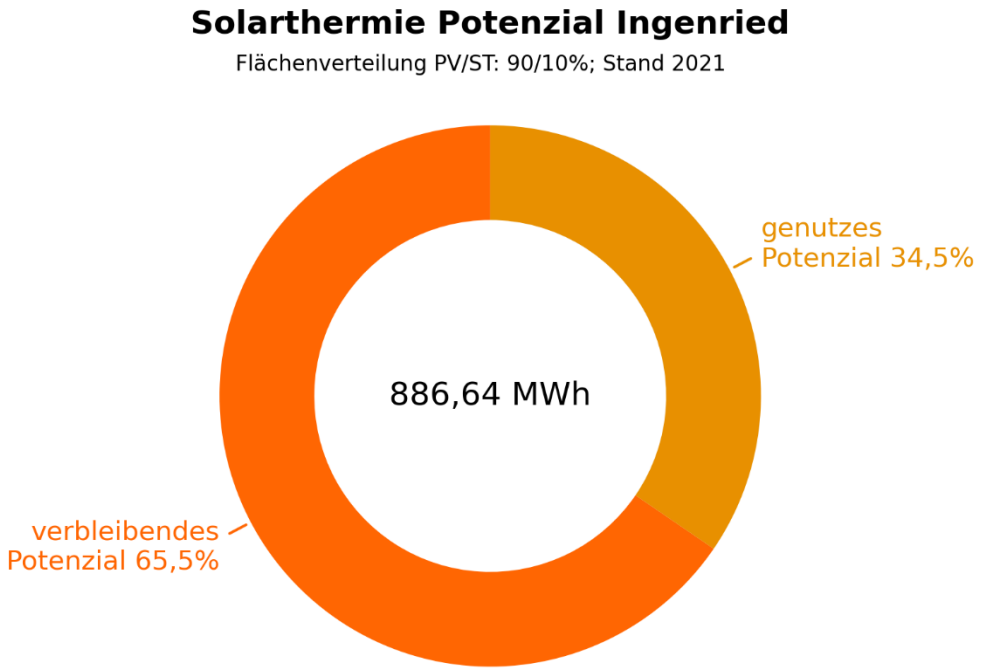


Abbildung 3-8: ST-Potenzial auf Dachflächen in Ingenried unter Berücksichtigung einer Verteilung der Potenzialflächen von PV/ST mit 90/10%

FAZIT: Auch dieses Potenzial sollte weiter 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

EEG – Flächen

Die für Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Frage kommenden Gebiete richten sich nach §48 Abs. 1 Nr. 3 c (EEG, 2023) und umfassen u.a. Flächen:

- Die Längs von Autobahnen oder Schienenwegen liegen und wenn die Anlage in einer Entfernung von bis zu 500 m, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn, liegt,
- 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.

Als „besondere Solaranlagen“ (§37 Nr. 3) gelten Anlagen auf:

- Moorböden, die entwässert und landwirtschaftlich genutzt wurden und mit der Errichtung der Solaranlage dauerhaft wieder vernässt werden
- Landwirtschaftlich genutzten Flächen, die kein Moorboden, Naturschutzgebiet oder Nationalpark sind und die weiterhin für den Anbau von ein-/mehrjährigen Nutzpflanzen bzw. Dauerkulturen genutzt werden (Agri-PV)
- Künstlichen oder erheblich veränderten Gewässern (Floating-PV)
- Parkplatzflächen

Sonderform Agri - PV

Bei Agri-PV-Anlagen werden Flächen kombinatorisch sowohl landwirtschaftlich als auch zur Solarstromerzeugung genutzt. Dabei können entweder bodennah bifaziale PV-Module vertikal als Zäune oder hoch aufgeständerte Modulreihen installiert werden. So wird das Befahren und Beweiden der Flächen und damit die Doppelnutzung ermöglicht. Die Anforderungen an eine Agri-PV-Anlage werden durch die DIN SPEC 91434 festgelegt.

Eine Vergütung gem. EEG 2023 erhalten Anlagen mit einer Leistung bis zu 1.000 kW_p. Eine solche Anlage könnte mit der in Ingenried durchschnittlich zur Verfügung stehenden Einstrahlungsmenge (für nach Süden aufgeständerte Module 1.200 kWh/m²) rund 1.200 MWh pro Jahr erzeugen.

Freiflächen auf landwirtschaftlich benachteiligten Gebieten

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, 2017). Um eine übermäßige Inanspruchnahme von landwirtschaftlich und naturschutzfachlich wertvollen Flächen zu vermeiden, regelt die Freiflächenverordnung, dass maximal 200 Freiflächenanlagen pro Jahr genehmigt werden können. In Ingenried 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. Auch die Akzeptanz der Bevölkerung für solche Projekte ist wichtig.

Eine weitere 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.

Die Gemeinde Ingenried hat parallel zur Erstellung des Energienutzungsplans ein **Standortkonzept für PV-Freiflächenanlagen** erarbeitet und durch den Gemeinderat verabschiedet. Darin wurden sowohl Leitlinien zur Gestaltung von Freiflächenanlagen als auch standortbezogene Ausschlusskriterien festgelegt. Demnach ist die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen nicht möglich:

- Auf Biotopen, Ökokonto- / Ausgleichsflächen, Hochwasserrückhaltebereichen
- In Sichtachsen auf markante Objekte und herausragende Ortsbestandteile, z.B. Kirche
- In Gebieten im Nahbereich von Aussichtspunkten
- Im Nahbereich von Wohngebäuden, Abstand mind. 200 – 30 m, je nach zukünftiger, geplanter Siedlungsentwicklung
- Generell ist eine landschaftsbildschonende Nutzung zu suchen und exponierte Lagen, bzw. gut einsehbare Standorte sind zu vermeiden.

In Abbildung 3-9 sind die Biotope und die Ausdehnung der 200-m und 300-m-Abstandsflächen zur Wohnbebauung kartographisch dargestellt.

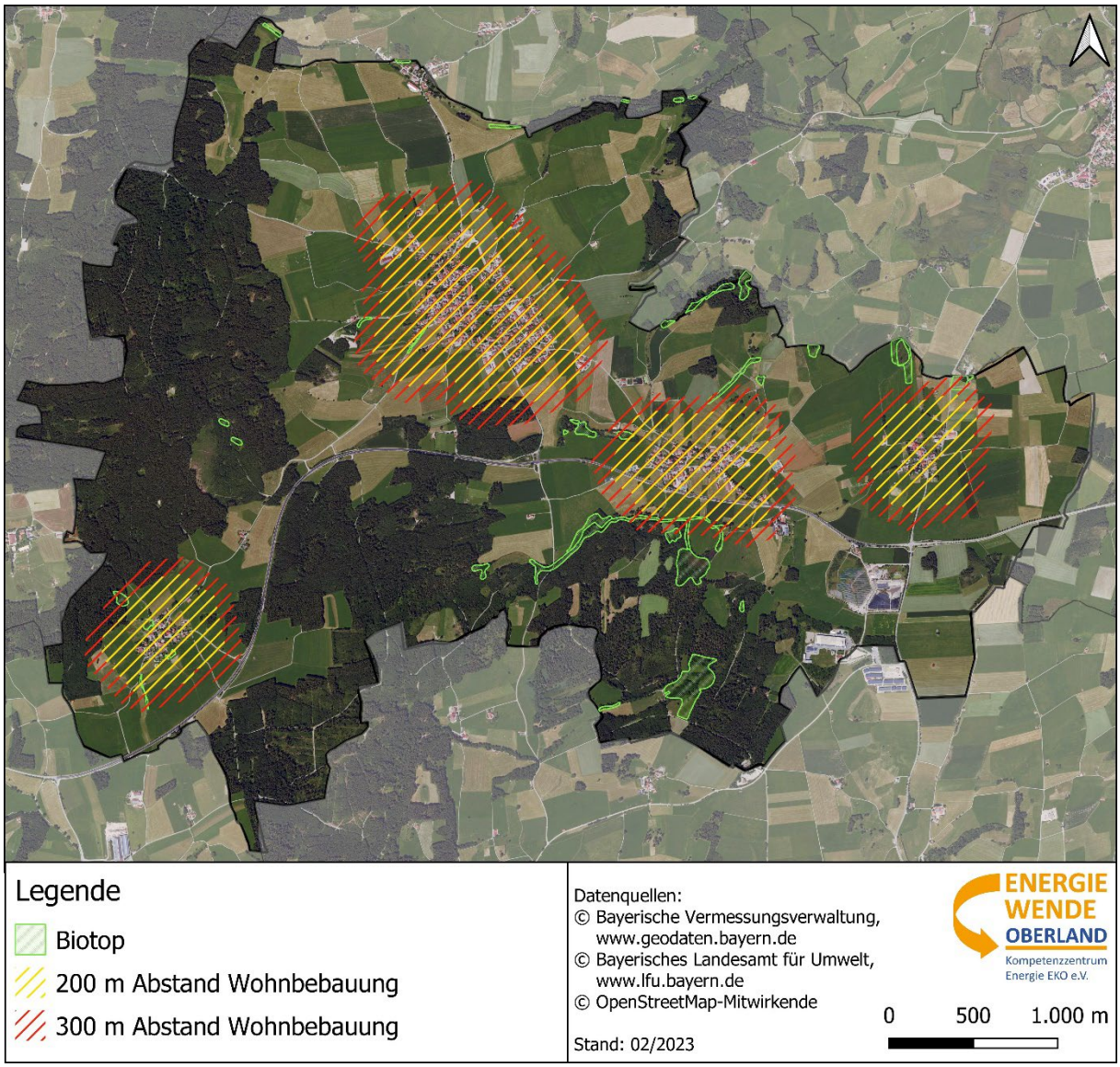


Abbildung 3-9: Ausschlussflächen für PV-Freiflächenanlagen gem. Standortkonzept der Gemeinde Ingenried.

FAZIT: Flächenmäßig besteht in Ingenried ein großes Potenzial für PV-Freiflächenanlagen. Diese könnten einen wichtigen Beitrag zur regenerativen Stromerzeugung der gesamten Region beitragen. Durch die Eingrünung der Flächen und die Integration naturschutzbezogener Ausgleichsmaßnahmen wie z.B. Steinriegel oder Tümpel könnten die Flächen ökologische aufgewertet und die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung gesteigert werden. Die Bereitschaft der Grundstückseigentümer ist selbstverständlich Voraussetzung für die Errichtung einer PV-Freiflächenanlage.

3.2.3 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. Durch die Weiterentwicklung der 10-H-Regelung Ende des Jahres 2022 ist der Ausbau der Windkraft in Bayern wieder attraktiver und realistischer geworden. Die Lockerung der 10-H-Regel bedeutet, dass beispielweise in Wäldern, in der Nähe von Gewerbegebieten, an Autobahnen, Bahnschienen und Wind-Vorrang- sowie Vorbehaltsgebieten der Abstand der Windräder zur Wohnbebauung auf 1.000 Meter reduziert wird.

Hinzu kommen in Ingenried Höhenbeschränkungen für Windräder aufgrund umliegender Militärstützpunkte (Radar) und der Verlauf einer MVA-Leitung.

Neben den rechtlichen Rahmenbedingungen stellen die Windgeschwindigkeiten den entscheidenden Punkt dar, ob eine Errichtung einer Windkraftanlage sinnvoll und rentabel ist.

Folgend werden für das Gemeindegebiet Ingenried die Windpotenziale in zwei verschiedenen Höhen dargestellt. Zum einen handelt es sich um interpolierte Windgeschwindigkeiten in 160 Metern Höhe, was ungefähr der Nabenhöhe von Großwindanlagen entspricht (Abbildung 3-10). Abbildung 3-11 zeigt die Windgeschwindigkeiten in 10 Metern Höhe, was für kleinere Windkraftanlagen, z.B. auf Bauernhöfen interessant sein könnte.

Für eine detailliertere Betrachtung des Windkraftpotenzials und zur Unterstützung der Gemeinde hinsichtlich ihrer Vorhaben bzgl. Windenergie wird die Ingenried vom Windkümmerer betreut. Die folgenden Abbildungen sollen demnach lediglich einen groben Überblick über die theoretischen Windkraftpotenziale in Ingenried aufzeigen.

3.2.3.1 Großwindanlagen

Der Mindestwert für den wirtschaftlichen Betrieb einer Großwindkraftanlage liegt in Abhängigkeit von der Einspeisevergütung bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von etwa 4,5 bis 5,0 m/s auf Nabenhöhe (Kaltschmitt et al., 2013), bzw. bei einer Standortgüte von mindestens 50 %. Die Standortgüte kann dem Bayerischen Windatlas entnommen werden (LfU, 2021).

Wie in Abbildung 3-10 zu erkennen ist, befinden sich im gesamten Gemeindegebiet Flächen, die gemittelte Windgeschwindigkeiten von über 4,8 bis 4,9 m/s aufweisen. Vergleicht man die gemittelten Windgeschwindigkeiten im bayerischen Oberland, zeigen sich in Ingenried nahezu die höchsten Werte. Speziell auf dem Höhenrücken im Westen, nördlich von Krottenhill, befinden sich Flächen, welche sich mit hohen Windgeschwindigkeiten gut

für Windenergieanlagen eignen würden. Durch eine gute Anströmung können hier Standortgüten von mehr als 60 % erreicht werden (LfU, 2021).
Die Potenzialflächen würden, auch in Abhängigkeit von den umliegenden Bebauungen in den Nachbargemeinden und den möglicherweise daraus resultierenden Abstandsflächen, theoretisch Platz für vier bis fünft Anlagen bieten.
Allerdings liegt aufgrund des sich in der Umgebung befindlichen Militärradars eine Höhenbeschränkung vor, so dass Windenergieanlagen nicht in diesen Höhen realisiert werden können, in denen ein wirtschaftlicher Betrieb möglich wäre.
Eine weitere mögliche Fläche befindet sich im Norden an der Gemeindegrenze zu Sachsenried. Geringere Windgeschwindigkeiten und planerische Restriktionen, v.a. durch den Verlauf der Hochspannungsleitung, erschweren an diesem Standort allerdings die Erschließung des Potenzials.

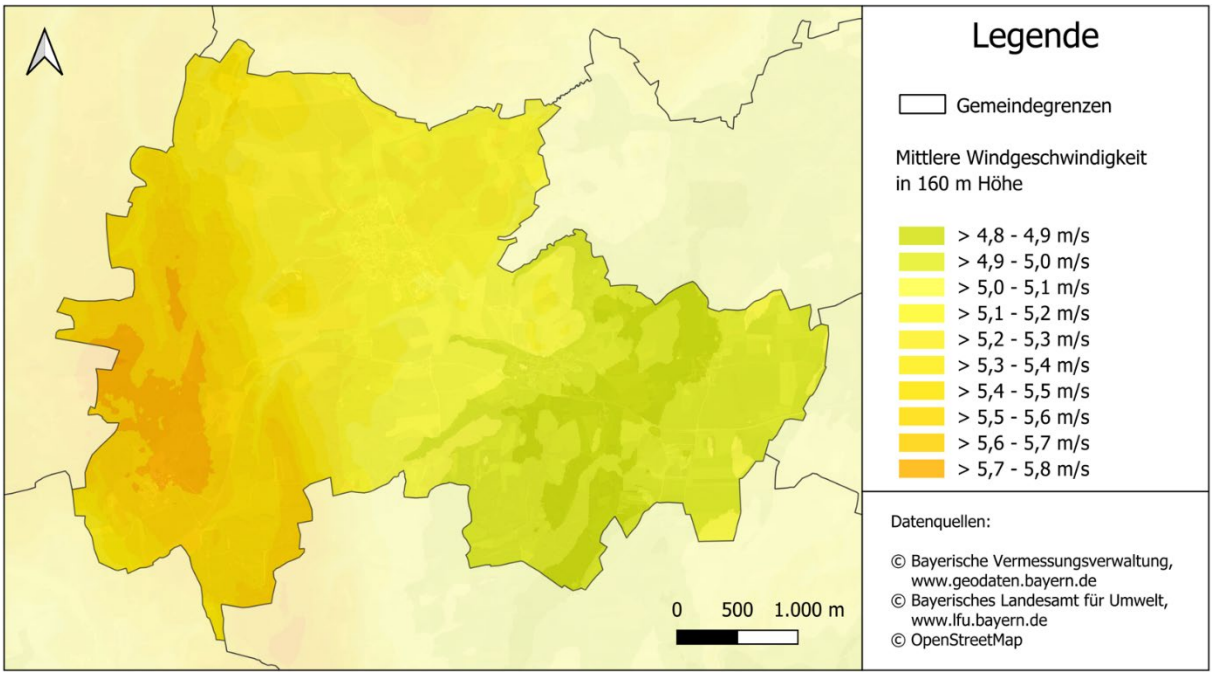


Abbildung 3-10: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 2001 - 2020 in 160 m Höhe über Grund in Ingenried (LfU, 2021).

FAZIT: Einige Bereich in Ingenried weisen zwar Windgeschwindigkeiten auf, welche eine wirtschaftliche Nutzung von Windkraftanlagen zulassen. Momentan geltende planerische Einschränkungen lassen die Erschließung des Potenzials aktuell jedoch nicht zu. Sollten sich zukünftig die regulatorischen Rahmenbedingungen ändern, so wird empfohlen, die Realisierung von Windenergieanlagen weiterzuverfolgen.

3.2.3.2 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). Wie in Abbildung 3-11 dargestellt, liegen die Windgeschwindigkeiten in 10 m über Grund in Ingenried zwischen 3,0 und 4,0 m/s. Damit kann für das Gemeindegebiet 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. In Krottenhill, dem Süd-Westen der Gemeinde bestehen die höchsten Windgeschwindigkeiten in niedriger Höhe. Für das kleine Siedlungsgebiet mit seinen Höfen wäre es denkbar, dass eine kleine Windkraftanlage eine Ergänzung zu weiteren regenerativen Stromerzeugungsmethoden darstellen kann.

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

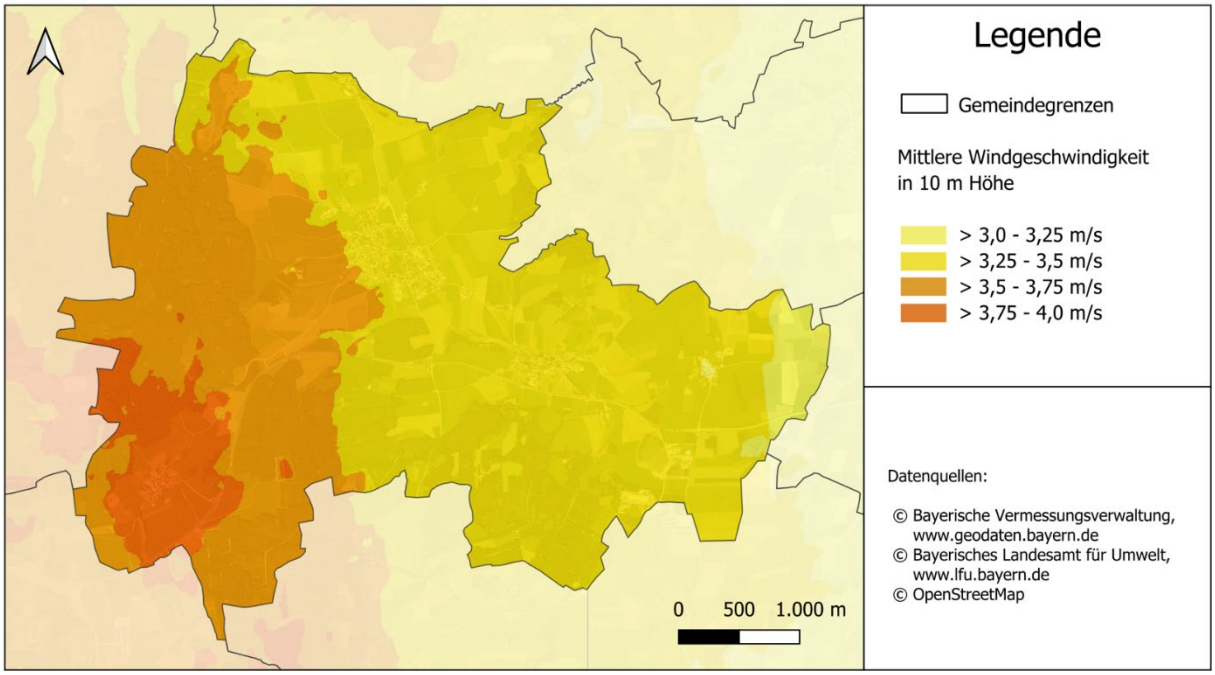


Abbildung 3-11: Berechnete mittlere Windgeschwindigkeit der Jahre 2001 - 2020 in 10 m Höhe über Grund in Ingenried (LfU, 2021).

FAZIT: Kein nutzbares Potenzial für Kleinwindkraftanlagen vorhanden.

3.2.4 Bioenergie aus Land- und Forstwirtschaft

Bedingt durch Landnutzung und naturräumliche Bedingungen ergeben sich verschiedene Biomasse-Energiepotenziale für Ingenried. Insgesamt werden von der gesamten Gemeindefläche (rund 24 km²) in Ingenried 55 % landwirtschaftlich und 37 % forstwirtschaftlich genutzt (Abbildung 1-4) (LfStat, 2023d). Das sich daraus ergebende energetische Potenzial durch Nutzung verfügbarer Biomasse wird in den folgenden Kapiteln analysiert.

3.2.4.1 Energieholz

Aufgrund des Waldreichtums in der Region kommt dem Energieträger Holz eine besondere Rolle zu. Dabei zählt das Gemeindegebiet von Ingenried sogar zu den wüchsigsten Standorten in Bayern. Die Böden auf dem Altmoränenstandort sind gut durchwurzelbar, besitzen ein hohes Wasserspeichervermögen und sorgen dadurch für eine gute Nährstoffversorgung. Zusammen mit relativ viel Jahresniederschlag ergibt sich die Hochertragslage. Allerdings hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte nahezu eine Fichtenmonokultur entwickelt.

Mit Hackschnitzel-, Pellet- und Scheitholzheizungen stehen verschiedene Möglichkeiten der thermischen Energiegewinnung zur 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 Ingenrieder Gemeindegebiet sind Privat- oder Körperschaftswälder (Abbildung 3-12). Generell sind in diesen noch größere nachhaltig nutzbare Energieholzmengen vorhanden als in den Staatsforsten, die bereits nahe dem nachhaltigen Maximum bewirtschaftet werden. Teile dieser Waldflächen sind Moorflächen, was bedingt, dass einige Bereiche schwer zugänglich und damit nicht zu bewirtschaften sind. Insgesamt sind rund 10 % der Waldflächen nicht erschließbar. Die aktuelle Sortierungspraxis der Privat- und Körperschaftswälder setzt sich in etwa aus rund 65 % Stammholz, 6 % Industrie- und 29 % Energieholz zusammen (L. Rabl, persönliche Kommunikation, 2023). 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 Ökosystems im Wald verbleiben soll.

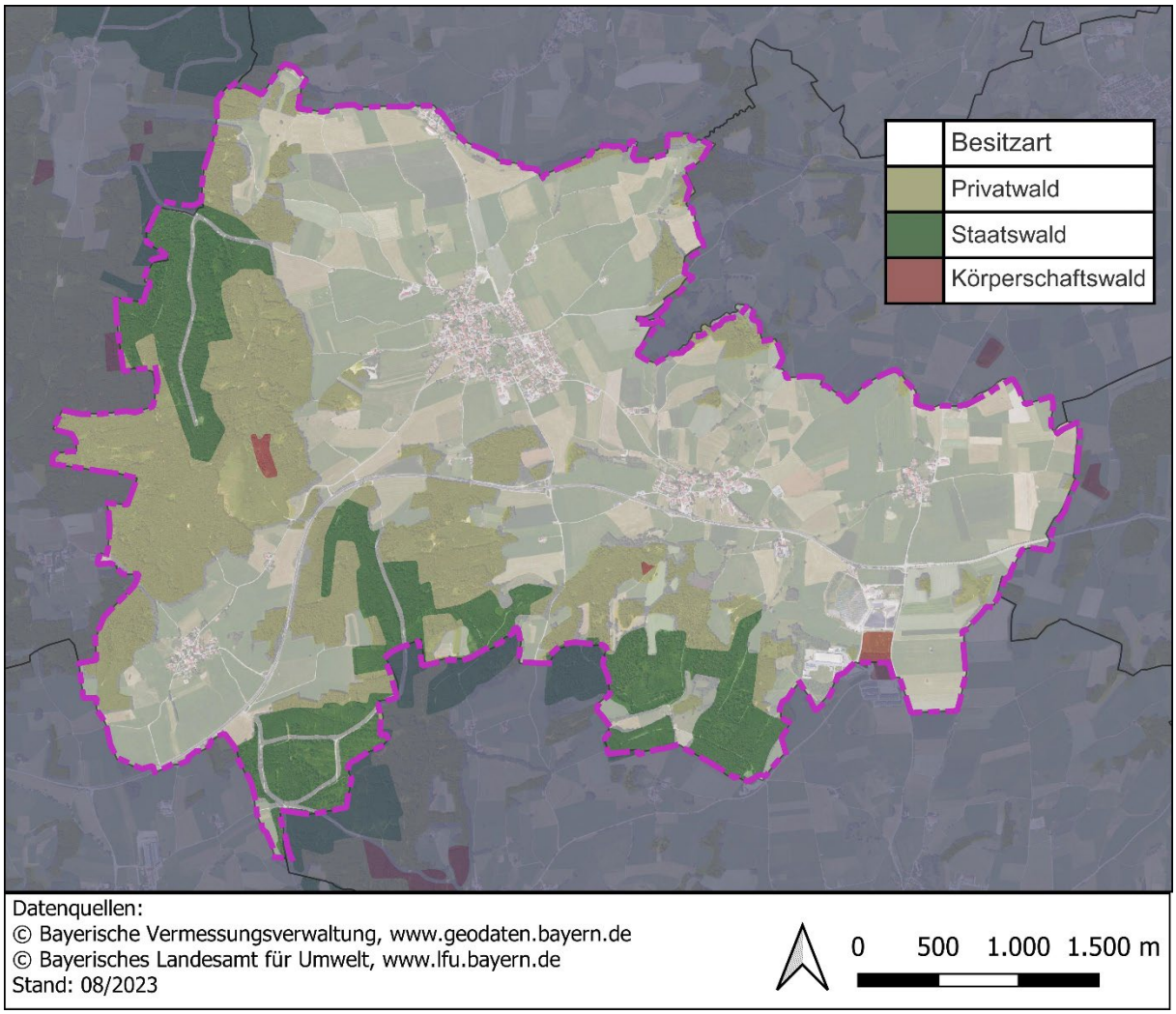


Abbildung 3-12: Eigentumsverhältnisse Forst im Gemeindegebiet von Ingenried

Insgesamt ergibt sich für die gesamten Privatwaldflächen von Ingenried ein Energieholzpotenzial von 4.060 srm/a bzw. 2.640 Ster pro Jahr, wovon bisher bereits 2.780 srm/a genutzt werden (Abbildung 3-13). Zusätzliche **1.280 srm/a** würden in den Waldflächen zur Verfügung stehen. Unter Annahme der Nadel- und Laubholzverteilung von 90 % Nadel- und 10 % Laubholz könnten so durch Energieholz aus den Privatwäldern zusätzlich **1.122 MWh Wärme pro Jahr** erzeugt werden. Durch diese Menge ließen sich **112.220 l Heizöl** ersetzen. Darüber hinaus fallen rund 10 % des Stammholzes als Sägespäne Rest an. Dieser kann zu Pellets weiterverarbeitet werden

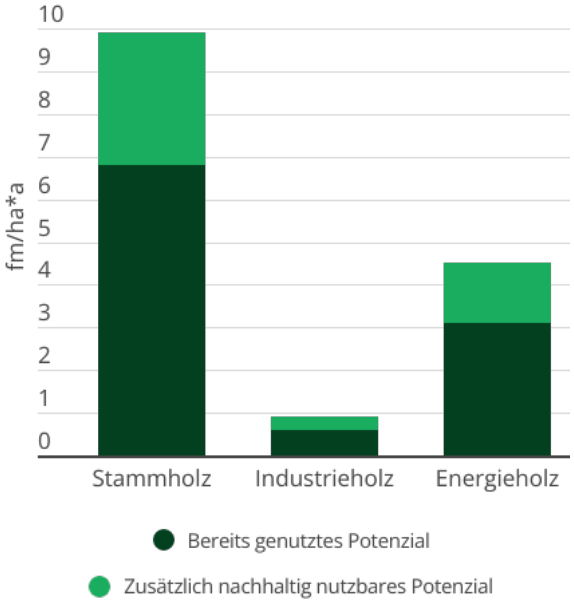


Abbildung 3-13: Bereits genutztes und zusätzlich nachhaltig nutzbares Potenzial nach derzeitiger Sortierungspraxis in den Privat-/Körperschaftswäldern auf dem Gemeindegebiet von Ingenried.

und so zusätzlich zum Energieholzpotenzial beitragen. Noch nicht eingeschlossen in diese Analyse sind mögliche Potenziale aus Kurzumtriebsplantagen oder Abfallreste wie beispielsweise Straßenbegleitgrün.

FAZIT: Vor allem für 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. Wärmenetze sind vor allem dort interessant, wo größere Verbraucher zusammengeschlossen werden können. Oftmals verfügen Betreiber größerer Dorfheizungen nicht über die gesamte Brennstoffmenge, sodass nicht nur die Verwendung des Materials an der eigenen Hofstelle lohnend ist, sondern auch die Bereitstellung für z.B. die WBV Schongau oder den Maschinenring Oberland.

3.2.4.2 Kurzumtriebsplantagen

Nicht nur die fossilen Energieträger steigen aktuell im Preis, auch der regenerative Brennstoff Holzpellets erfuhr 2022 erhebliche Preissteigerungen, die jedoch mittlerweile wieder eingependelt sind. Hintergrund ist zum einen die gesteigerte Nachfrage aufgrund der hohen Förderung von Pelletkesseln, der Ukraine Krieg und das Ende der Corona Krise, zum anderen ist zur Herstellung und Logistik des Brennstoffs ebenfalls Energie erforderlich. Je kürzer die Wege zur Produktion sind, desto geringer fallen die Preissteigerungen aus. Der aus Waldrestholz aufbereitete Brennstoff Energieholz wird im Landkreis bereits gut genutzt. Eine Energieholzstudie, die im Jahr 2013 von der Hochschule Weihenstephan erstellt wurde, weist für den Landkreis Weilheim-Schongau ein zusätzliches Energieholzpotenzial aus, mit dem jährlich 8 Mio. Liter Heizöl nachhaltig ersetzt werden können (Rothe et al., 2013). Mit der Umsetzung zahlreicher Dorfheizungen und der geplanten Errichtung von Energiezentralen für die Städte Penzberg und Weilheim werden diese Potenziale zur Erreichung der Klimaschutzziele benötigt. Zielführend wäre daher, zusätzlich zum Potenzial aus Waldrestholz, Energieholz in Plantagen anzupflanzen. Sogenannte Kurzumtriebsplantagen (KUP) können nach einer ca. fünfjährigen Wachstumsphase zu Hackschnitzel verarbeitet werden. 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 et al., 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. KUP-Flächen sind im Mehrfachantrag als eigene Kultur aufgeführt und förderfähig; Kodierung im Flächennachweis 841 „Niederwald im Kurzumtrieb“. Energiewald wird aufgrund der sehr positiven Umweltwirkung als Ökologische Vorrangfläche anerkannt. Mit dem Anbau von z.B. Max-Pappeln oder Weiden kann man sich die KUP-Fläche mit einem Faktor von 0,5 pro ha Anbaufläche anrechnen lassen. Keinesfalls sollte mit dem Anbau von Energieholz die Flächennutzung zur Erzeugung von Lebensmitteln eingeschränkt werden.

Sollte sich eine Fläche innerhalb eines Schutzgebietes befinden, wird je nach Schutzgebietsverordnung im Einzelfall entschieden, ob der Anbau von KUP möglich ist. Im Falle von FFH-Flächen sollten keine Einwände bestehen, solange es durch den Anbau zu keiner Verschlechterung des Bodens führt. Zum Beispiel wäre es denkbar, auf einer zuvor intensiv genutzten trockenen oder feuchten Wiese oder Ackerland eine KUP anzupflanzen.

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. Unter dem Link https://www.lwf.bayern.de/forst-technik-holz/biomassenutzung/120929/index.php wird aktuell für die Gemeinde Ingenried ein Potenzial von über 12-15 t Hackschnitzel pro Hektar und Jahr ausgewiesen. Dies entspricht einem jährlichen Energiegehalt von 5.000 bis 7.000 Litern Heizöl pro Jahr.

Der Anbau einer Kurzumtriebsplantage ist in Bayern genehmigungspflichtig, es ist ein Antrag auf Erteilung einer Erlaubnis nach Art. 16 Abs. 1 BayWaldG beim zuständigen Amt für Landwirtschaft und Forsten zu stellen.

FAZIT: Auf eher ortsfernen, landwirtschaftlich aufwendig zu bewirtschaftenden Flächen besteht ein Potenzial zur Pflanzung

3.2.4.3 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 ist im Energieatlas Bayern eine Biogasanlage mit einer Leistung von 15 $kW_{el.}$ im Gemeindegebiet von Ingenried eingetragen (LfU, 2023).

Welche Biogaspotenziale innerhalb von Ingenried bestehen, um das in der Nutztierhaltung anfallende Düngematerial zum Vergären in Biogasanlagen und zur anschließenden Energieproduktion zu nutzen, ist in

Tabelle 3-4 dargestellt. Nach der Vergärung kann die Biogasgülle sogar mit teils verbesserten Düngeeigenschaften wie vor der Vergärung auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden (Biogas Forum Bayern, 2017). Auf die Ausweisung eines Biogaspotenzials

durch Maisvergärung wurde verzichtet, da kaum geeignete Anbauflächen in Frage kommen. Darüber hinaus führen Maismonokulturen zahlreiche ökologische Nachteile mit sich.

Datengrundlagen der folgenden Biogaspotenzialanalyse für Ingenried 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 3-4). Gute Biogaserträge lassen sich auch mit Pferdemist erzielen (siehe Biogasanlage Reichersbeuern), weshalb dieser bei der Potenzialanalyse mitberücksichtigt wurde.

Der momentane Nutztierbestand in Ingenried beläuft sich auf insgesamt etwa 1.879 Rinder, wovon 896 Milchkühe sind. Die Anzahl der Einhufer (Pferde, Esel) im Stadtgebiet beträgt 15 (LfStat, 2021). Bei gänzlicher Nutzung der anfallenden Gülle- und Festmistmengen ließen sich mit diesem Nutztierbestand ca. 446.619 m³/a Methan bzw. **1.556** $MWh_{el.}$/a produzieren. Abzüglich der bestehenden Anlagen liegt das verbleibende Potenzial bei **1.462 $MWh_{el.}$/a**.

Tabelle 3-4: Berechnungsgrundlage Biogaspotenzial in Ingenried (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*	*983*	***552***
Milchkuh (17 m³ Gülle/TP*a)	*289*	*1.095*	*896*	***981***
Einhufer (11,1 t Festmist/TP*a)	*388*	*1.472*	*15*	***22***
			Gesamt	***1.556***
			Abzüglich bereits genutzter Potenziale	***1.462***

Wie in Abbildung 3-14 dargestellt, entsprechen auf Basis der durchschnittlichen Vollbenutzungsstunden von deutschen Biogasanlagen (Agentur für Erneuerbare Energien 2013) 1.556 $MWh_{el.}$/a einer installierten Leistung von 250 kW_{el}. Damit wären rechnerisch mindestens drei 75 kW-Anlagen möglich, ausgehend von einer nahezu vollständigen energetischen Verwertung der aktuell anfallenden Gülle- und Festmistmengen. Anlagen mit Leistungen bis zu 75 $kW_{el.}$ sind unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten insofern interessant, da diese nach dem EEG 2023 nicht unter die Ausschreibungspflicht fallen und derzeit einen erhöhten Vergütungshöchstwert von 22 ct/kWh erhalten, gemäß § 44 „Vergärung von Gülle“. Größere Anlagen mit einer Leistung bis 150 $kW_{el.}$ erhalten eine Vergütung in Höhe von 19 ct/kWh (EEG, 2023). Abzüglich der bereits genutzten Potenziale ergeben sich weitere **drei 75 $kW_{el.}$ Anlagen** mit einem Erzeugungspotenzial von **1.462 MWh_{el}**,

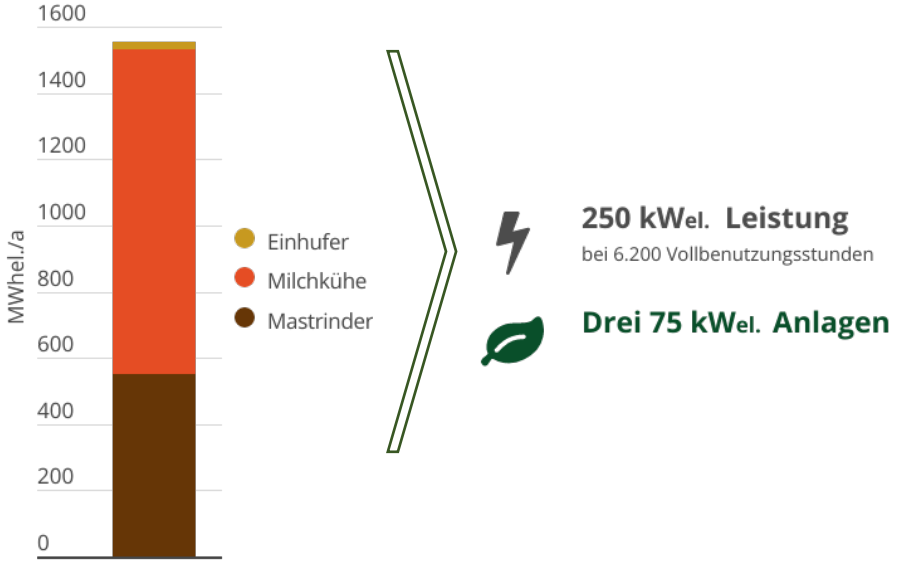


Abbildung 3-14: Die sich aus dem Nutztierbestand in Ingenried ergebenden Biogaspotenziale.

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

FAZIT: Nur mit dem Zusammenschluss mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe ergäbe sich ein realistisches Potenzial zur Installation neuer Biogasanlagen.

3.2.4.4 Alternativen

Die naturräumlichen Voraussetzungen für Energiemais als derzeit am häufigsten angebaute Energiepflanze in Mitteleuropa sind in und um Ingenried 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 3-15: Beispiele für alternative Biogassubstrate: Sida (1) und Riesenweizengras (2), mit denen jeweils hohe Biogaserträge erzielt werden können (Biogas Forum Bayern, 2017).

3.2.5 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, 2020). 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 et al., 2011). Der Gebrauch von Wärmepumpen zur Nutzung der Erdwärme erlaubt es zudem, neben der Bereitstellung von Wärmeenergie, auch Gebäude zu kühlen. So kann beispielsweise ein Gebäude mit Hilfe einer Wärmepumpe im Winter beheizt und im Sommer gekühlt werden. Für die Nutzung von Umgebungsluft kommen Luft-Wärmepumpen mit ähnlichem Prinzip zum Einsatz. Jedoch ist die Verwendung im Sinne der Energiewende oftmals suboptimal. Denn immer dann, wenn die Luftwärmepumpe viel Strom benötigt (kalte Witterung), steht i.d.R. wenig erneuerbarer Strom zu Verfügung.

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

Jahres-arbeitszahl

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

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

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

- **Erdwärmekollektoren:** Erdwärmekollektoren sind flache, oberflächennahe 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, 2020).

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

Wo der Einsatz der dargestellten Erdwärmesysteme in Ingenried 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, 2020) verwiesen. Über die Geodienste des Energie-Atlas-Bayern ist es möglich, mit wenigen Mausklicken einen Standortcheck für spezielle Örtlichkeiten durchzuführen. Ergebnis ist eine Ersteinschätzung als PDF-Bericht, basierend auf den geologischen Standortvoraussetzungen, welche die Einsatzmöglichkeiten von Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren und Grundwasserwärmepumpen für den ausgewählten Standort darstellt. Eine Übersicht und der aktuelle Link zur Funktion des Bayern-Atlas ist in der folgenden Infobox zu finden.

Standortcheck: Oberflächennahe Geothermie

Möglichkeit zur Eigenanwendung & Selbstauskunft
-> Prüfung für Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren und Grundwasserwärmepumpen

1. Standort Auswählen
2. Technik Auswählen
3. Ergebnis als PDF

Standortauskunft des Umwelt Atlas Bayern:

https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?c=677751,5422939&z=7&l=atkis&t=energie&comp=standort

Folgend werden die Einsatzmöglichkeiten für die Technologien der oberflächennahen Geothermie in Ingenried ausführlich dargestellt.

3.2.5.1 Potenziale für Erdwärmekollektoren

Die Nutzung von Erdwärmekollektoren ist im besiedelten Gemeindegebiet von Ingenried in weiten Teilen möglich und durch keine gesetzlichen Einschränkungen betroffen (Abbildung 3-16). Nicht möglich ist die Nutzung in Heilquell- und Trinkwasserschutzgebiete. Da es sich bei diesen Flächen um keine Baugebiete handelt, spielen sie für die Planung von Erdwärmekollektoren keine weitere Rolle. In Wasserschutzgebieten sind Bohrungen grundsätzlich nicht zulässig.

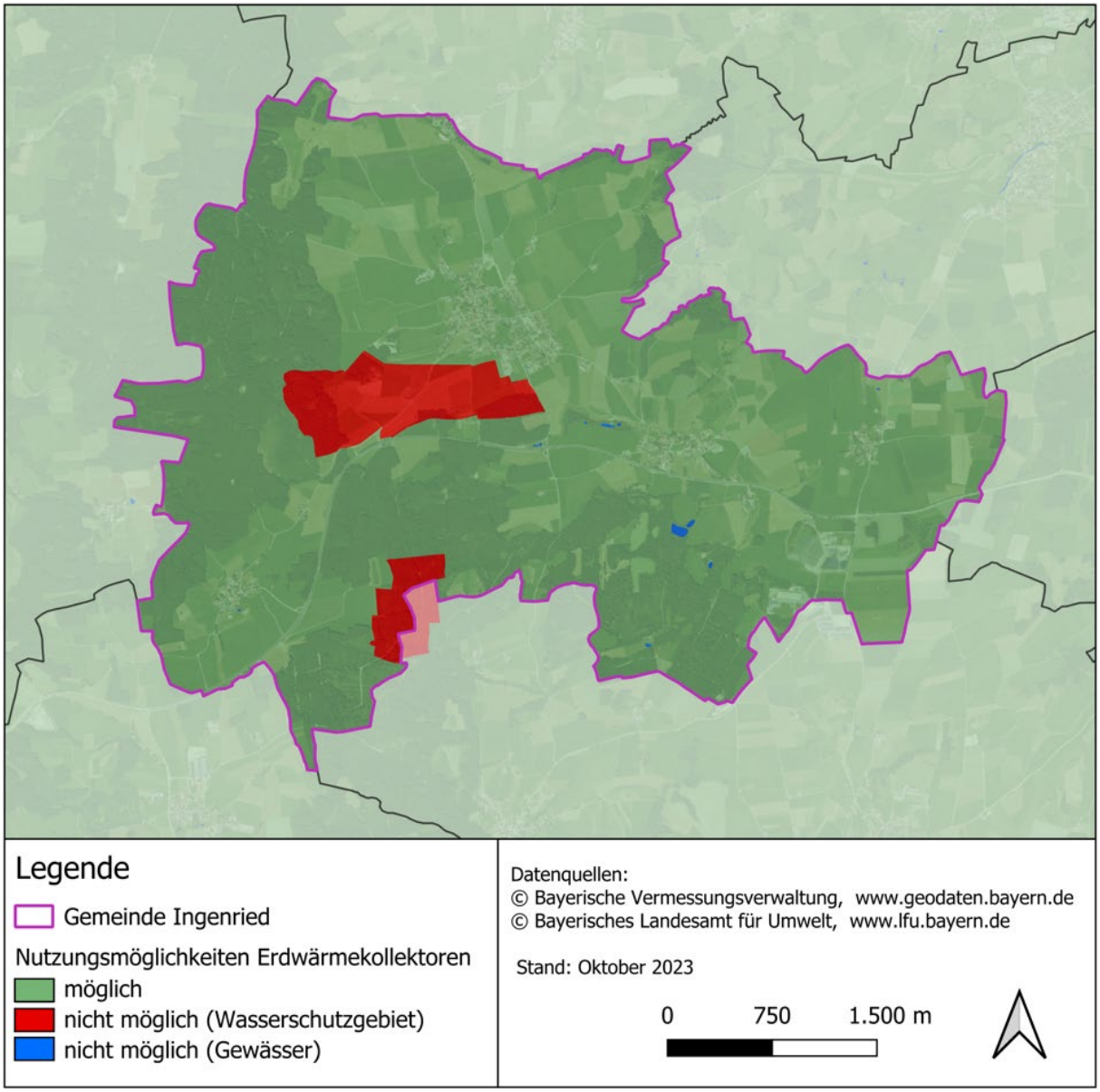


Abbildung 3-16: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmekollektoren im Gemeindegebiet Ingenried.

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

3.2.5.2 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 oder sanierten Bestandsgebäuden mit geringem Wärmebedarf kann diese Technologie eine interessante Option zur Wärmebereitstellung darstellen.

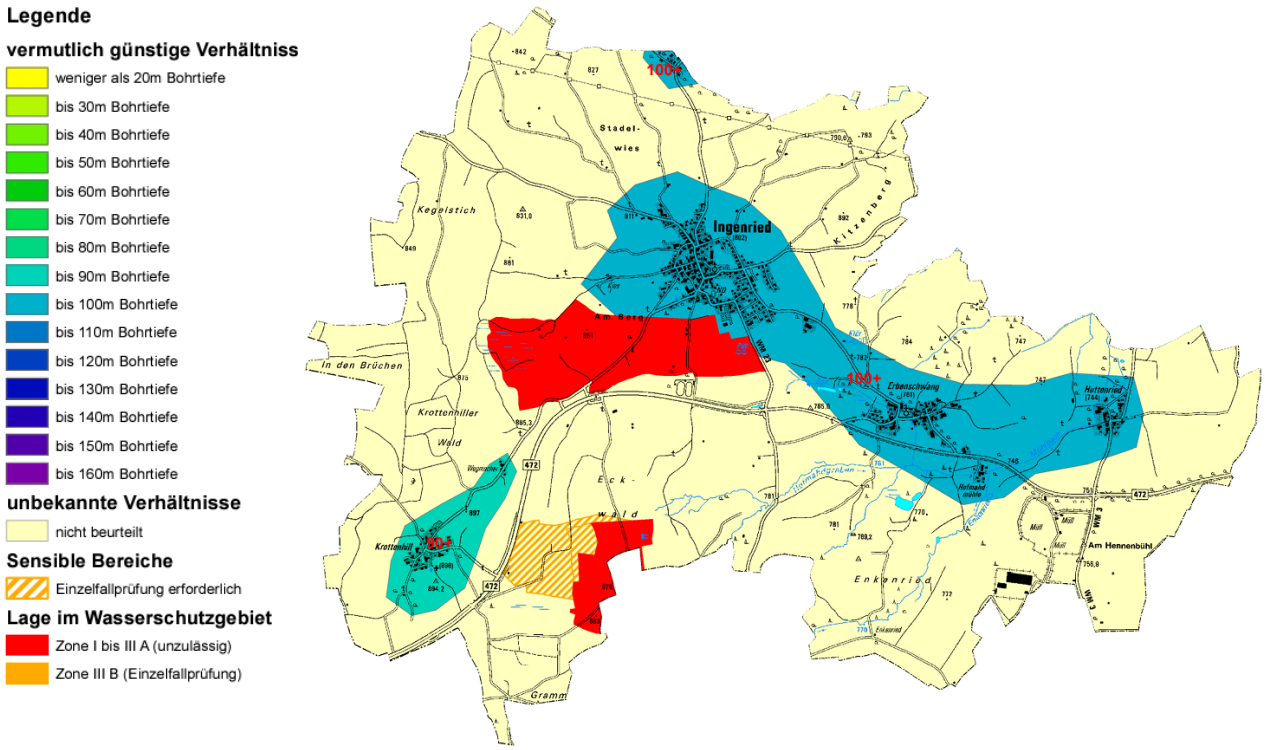


Abbildung 3-17: Wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung und Bohrtiefen für die Errichtung von Erdwärmesonden in Ingenried (WWA Weilheim, 2023).

Wie Abbildung 3-17 zeigt, ist die Nutzung von Erdwärmesonden in den gleichen Teilen wie die Nutzung der Erdwärmekollektoren möglich. Zusätzlich dargestellt sind die Verhältnisse bis zu den jeweiligen Bohrtiefen (WWA Weilheim, 2023). So werden laut Wasserwirtschaftsamt Weilheim die Verhältnisse in Krottenhill bis 90 m Tiefe, im restlichen Bereich bis 100 m Tiefe als vermutlich günstig eingestuft. In den Gebieten mit potenziell möglicher Nutzung sind Einzelfallprüfungen durch die Untere Wasserbehörde in der örtlich zuständigen Kreisverwaltungsbehörde durchzuführen. Ausgenommen sind auch hier die Trinkwasserschutzgebiete im Zentrum und Süden des Gemeindegebiets.

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

3.2.5.3 Potenziale für Grundwasserwärmepumpen

Die Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen auf dem Gemeindegebiet von Ingenried sind in Abbildung 3-18 abgebildet.

In einem Großteil des besiedelten Gebietes ist die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen durchaus möglich. In diesen Bereichen besteht der Untergrund aus Kies oder tonig-schluffigem Schotter. Ausschlussgebiete, in denen die Nutzung wasserschutzrechtlich bedingt oder aufgrund (hydro-) geologischer oder wasserwirtschaftlicher Gegebenheiten kritisch ist, sind in Abbildung 3-18 farblich rot bzw. hellbraun gekennzeichnet. Hinzu kommen noch einzeln verteilte Moorflächen, welche ebenfalls kein Potenzial für diese Methode der Energiegewinnung aufzeigen.

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 Ingenried 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.

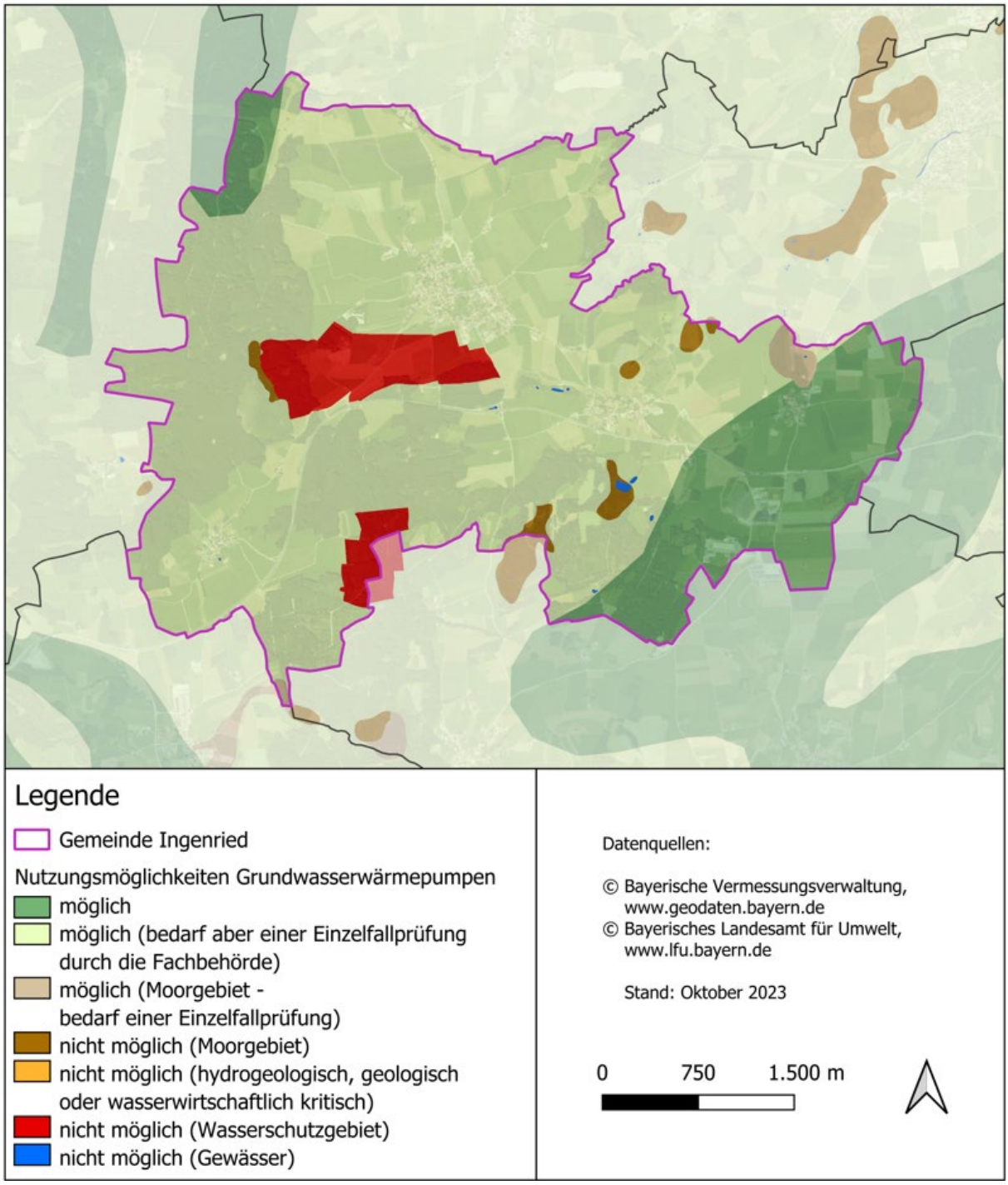


Abbildung 3-18: Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen im Gemeindegebiet von Ingenried.

FAZIT: Aufgrund der Höhenlage der Gemeinde ist Grundwasser nur mit hohem technischem Aufwand als Wärmequelle zu erschließen. Zur Nutzung ist elektrische Energie erforderlich, die das Wasser direkt an die Wärmepumpe leitet. Liegt das Grundwasser sehr tief, bedarf es sehr viel Strom. Das wirtschaftlich nutzbare Potenzial wird als sehr gering eingeschätzt.

3.2.5.4 Gesamtpotenzial für oberflächennahe Geothermie bis 2035

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Nutzungsmöglichkeiten und Einschränkungen oberflächennaher Geothermie-Systeme explizit für die Gemeinde Ingenried 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.

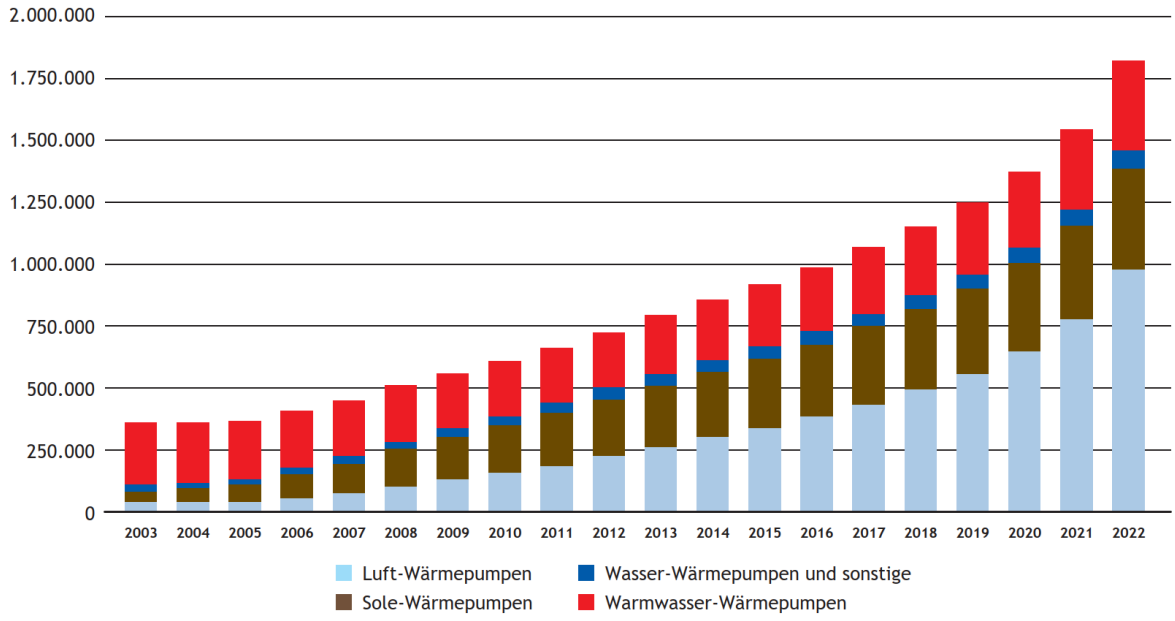


Abbildung 3-19: Feldbestand von Heizungswärmepumpen in Deutschland 2002-2022 nach Wärmepumpentypen.

Die Quantifizierung eines Gesamtpotenzials für oberflächennahe Geothermie gestaltet sich schwierig, da diese Energieform nach menschlichen Maßstäben im Boden nahezu unerschöpflich vorhanden ist. Interessant ist diese Technologie um niedrige Vorlauftemperaturen wie es i.d.R. bei Neubauten oder sanierten Gebäuden der Fall ist, zu decken. Es ist davon auszugehen, dass die Zubaurate beim Neubau sowie sanierten Gebäuden zumindest konstant bleiben wird. Abbildung 3-19 stellt die Entwicklung der Absatzzahlen an Wärmepumpen pro Jahr ab 2002 dar (Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2023). Zahlen über den Zubau für Ingenried liegen für den Zeitraum 2007-2021 vor. Betrachtet man die Entwicklung, so ist eine knappe Verdreifachung des Absatzes pro Jahr zu erkennen. Wird dieser Zubau Trend fortgesetzt, so ergibt sich ein Potenzial von mindestens **2.214 MWh Wärme** zusätzlich aus oberflächennahen Geothermie Systemen.

3.2.5.5 Sonderformen der oberflächennahen Geothermie

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

- **Wärmekörbe**

Abbildung 3-20: Beispielansicht eines Erdwärmekorbs.

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

Mittlerweile bietet der Markt viele zusätzliche Möglichkeiten, die Erdwärme zu nutzen. Vor allem das begrenzte Platzangebot, das meist einen Flächenkollektor nicht zulässt, führt zu innovativen Lösungen. Beispielsweise entwickelte eine Tochterfirma des Wärmepumpenherstellers Waterkotte eine kompakte Version des Erdwärmekollektors:

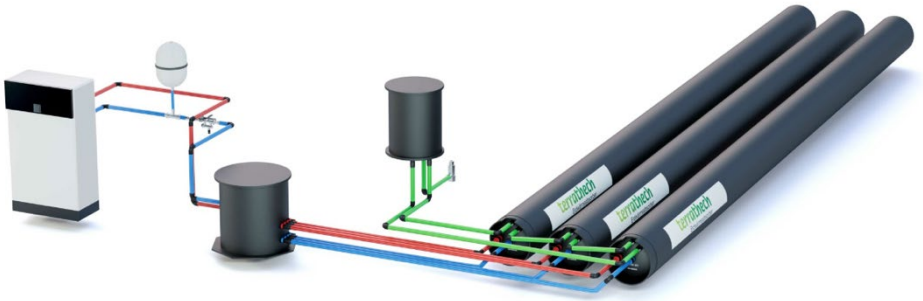


Abbildung 3-21 schematische Abbildung des TerraThech Systems (terrathech, 2023)

Mit einer Länge von knapp 6m und einem integrierten Wasservolumen von ca. 300 Litern kann dem Erdreich aus 1,5 m Tiefe Wärme entzogen werden. Damit können aufwendig Bohrkosten vermieden werden.

Ebenfalls sehr innovativ sind sog. Ringgrabenkollektoren, die rund um das Gebäude verlegt werden können:

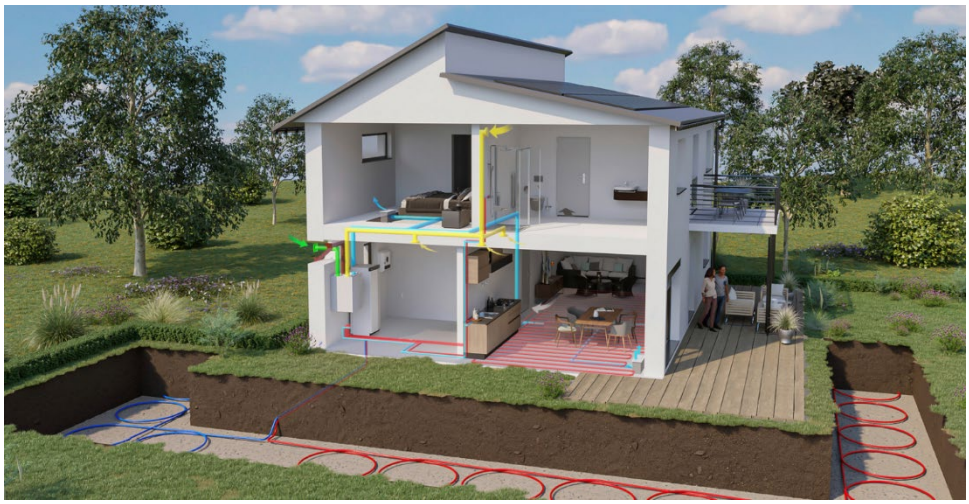


Abbildung 3-22 Schematische Abbildung eines Ringgrabenkollektors (Nibe, 2023)

Auch damit reduzieren sich teure Tiefbauarbeiten wie sie z.B. für den klassischen Erdwärmekollektor erforderlich sind.

FAZIT: Die hohen gesetzlichen Anforderungen an den Klimaschutz führen zu einer immer größeren Vielfalt der möglichen regenerativen Technologien. Aufgrund der hohen Effizienz von erdgebundenen Wärmequellen sind Luftwärmepumpen zum Ersatz von fossilen Heizanlagen in Bestandsgebäuden zu vermeiden.

3.2.6 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 500 km hat sich darüber hinaus die Alltagstauglichkeit im Vergleich zu vor wenigen Jahren deutlich verbessert. Der Einsatz von Elektromobilität bietet sich sowohl für alltägliche Fahrten von Privatpersonen an als auch für betriebliche Fuhrparks mit vielen kurzen Fahrten und langen Standzeiten, wie es z.B. häufig in Handwerksbetrieben der Fall ist.

Wie eine Studie des Fraunhofer Instituts bezogen auf das Jahr 2020 zeigt, weisen rein elektrisch betriebene Fahrzeuge (BEV) gegenüber Benzin und Diesel eine positive Treibhausgasbilanz auf (Fraunhofer Institut, 2020; Wietschel et al., 2022). Dies gilt auch, wenn das Fahrzeug vollständig aus dem deutschen Strommix betankt wird (vgl. Abbildung 3-23). Dennoch ergeben sich durch die Erzeugung des getankten Stroms, sowie die Batteriekapazität noch einmal deutliche Unterschiede. Da die Treibhausgasemissionen bei der Batterieherstellung hoch sind sollte die Batteriegröße und damit verbundene Reichweite entsprechend dem Nutzerverhalten optimiert gewählt werden. Insgesamt können in Abhängigkeit der Fahrzeugklassen und Batteriekonfigurationen durch den Einsatz von Elektroautos derzeit zwischen 10 und 25 % der THB eingespart werden (Fraunhofer Institut, 2020). Beim aktuellen Fahrzeugbestand in Ingenried entspräche dies einer Einsparung der Treibhausgasemissionen um **jährlich 150 bis 370 Tonnen**. Für 2030 werden für Elektroautos Emissionsreduktionen im Vergleich zu konventionellen Antriebsarten von bis zu 50 % prognostiziert.

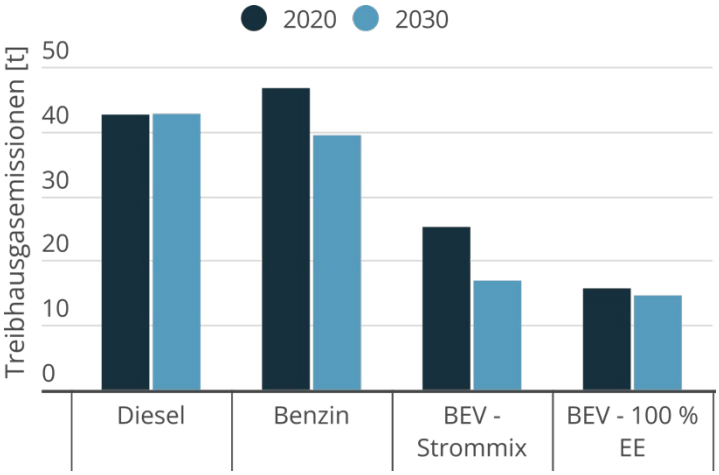


Abbildung 3-23: Vergleich der Treibhausgasemissionen verschiedener Antriebstechnologien über eine Nutzungsdauer von 15 Jahren bei durchschnittlich 187.500 km Reichweite eines Kompaktklasse-PKWs 2020 und 2030 (Wietschel et al., 2022)

Nach gut 50.000 km ergibt sich für ein Mittelklasse E-Fahrzeug mit 40 kWh Batteriekapazität, welches mit dem deutschen Strommix geladen wird, eine positive Treibhausgasbilanz gegenüber einem Benziner, bei einem Diesel sind es etwa 55.000 km. Lädt man das Auto dagegen mit erneuerbar erzeugtem Strom, so liegt der sogenannte break-even-point bereits bei rund 20.000 km, was einer THG-Einsparung von ca. 70 % über die gesamte Nutzungsdauer entspricht (Fraunhofer Institut, 2020). Im Idealfall werden daher erneuerbare Energieerzeugung vor Ort und E-Mobilität gemeinsam gedacht. Aktuell liegt der Anteil an erneuerbaren Energien am deutschen Bruttostromverbrauch 2022 bei 46,2 % (UBA, 2022). Sofern der für ein E-Auto benötigte Strom also nicht selbst erzeugt werden kann, sollte zumindest umweltfreundlicher Ökostrom aus erneuerbaren Energiequellen bezogen werden.

Abbildung 3-24: 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.

Um die Ziele im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung zu erreichen, sollen die Treibhausgase im Verkehrs Sektor bis 2030 um gut 40 % reduziert werden. Die Elektrifizierung des Straßenverkehres ist dafür unerlässlich. Die Weichen hierfür wurden im „Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung“ (Bundesregierung, 2019) gestellt.

Die Studie „Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf“ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) geht von einem Anstieg auf 3,1 Mio. vollelektrischen Fahrzeugen (BEV) bis 2025 und knapp 10 Mio. bis 2030 aus. Im Bereich der Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV) werden 2,4 Mio. 2025 und 5,2 Mio. 2030 prognostiziert. Die Prognosen sind dabei mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet und es wird unterstrichen, dass der Bestand im Vergleich zu den Annahmen auch deutlich stärker ansteigen kann.

Da die Kaufentscheidung der Verbraucher stark an das Vorhandensein geeigneter Ladepunkte gekoppelt ist, ist die Grundvoraussetzung für den Hochlauf von Elektromobilität ein schneller und kontinuierlicher Ausbau der Ladeinfrastruktur. Je nach Szenario liegt der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur im Jahr 2030 zwischen 410.00 und 843.000 Ladepunkten deutschlandweit (Abbildung 3-25). Im Referenzszenario (dunkelblau) werden etwa 54 % der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur im Straßenraum und, weitere 37 % an Kundenparkplätzen von Einkaufszentren und Parkhäusern zur Verfügung gestellt. Diese Nutzungsbereiche, sog. Lade-Use-Cases, werden den größten Teil der Ladevorgänge im öffentlichen Raum ausmachen. Generell sollte eine hohe Auslastung durch strategisch günstige Orte und digitale Angebote wie intelligente Reservierungsfunktionen, ebenso wie eine hohe Leistung der Ladepunkte angestrebt werden, um den Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur zu verringern (siehe Szenario hellblau und orange). Auch der Ausbau privater Ladepunkte sollte angestrebt werden. Geht dieser nur schleppend voran (gelber Pfad) so müssen mehr als doppelt so viele Ladepunkte

geschaffen werden und der Bedarf an öffentlichen Ladepunkten erhöht sich um knapp 20% (Windt & Arnhold, 2020). Im überarbeiteten Bayerischen Klimaschutzprogramm wurde ein Ausbau auf 70.000 Ladesäulen in Bayern bis 2030 beschlossen, insbesondere sollen die Behörden beim Ausbau von prominent sichtbaren Ladesäulen forciert werden.

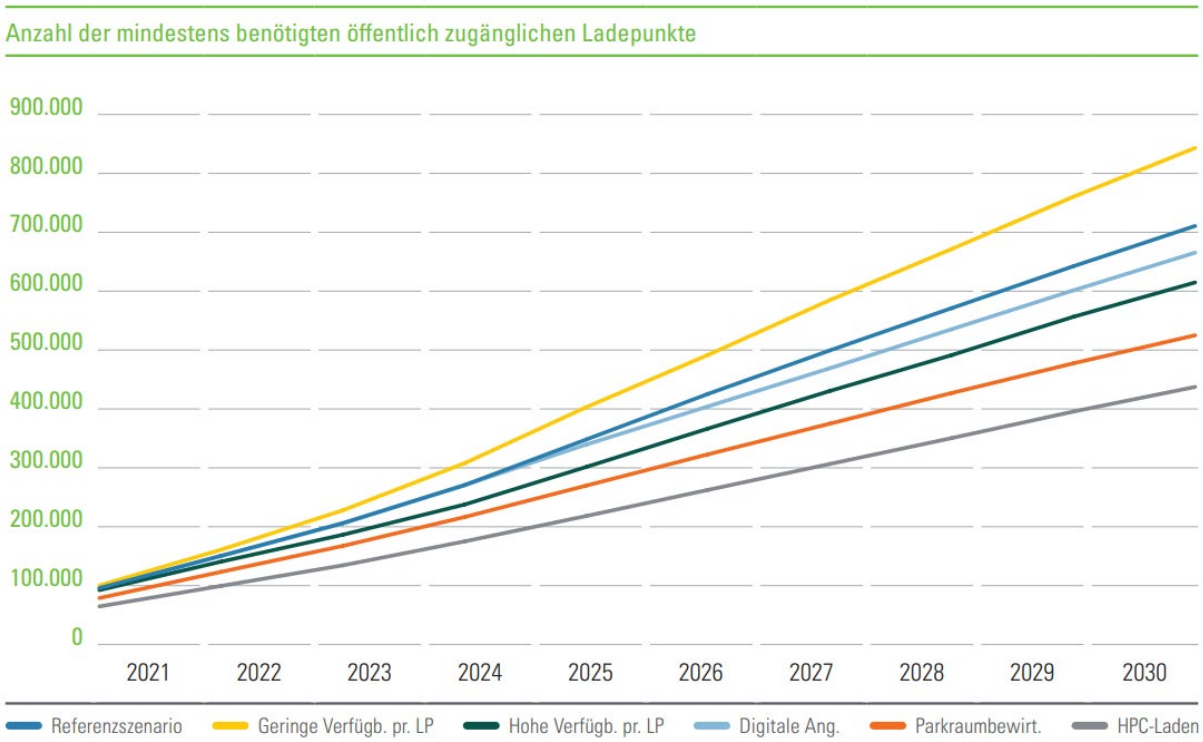


Abbildung 3-25: Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Deutschland nach Szenarien (Windt & Arnhold, 2020)

Im Jahr 2022 waren in Ingenried 734 PKWs zugelassen, 28 davon mit elektrischem Antrieb (16 BEV,12 PHEV). Der Anteil liegt mit etwa 4 % bereits über dem Bundesdurchschnitt, zeigt dennoch wie stark der Verbrennungsmotor derzeit noch den Bestand dominiert. Bei einer durchschnittlichen Fahrleistung von 15.000 km pro Jahr und einem Verbrauch von 0,2 kWh/km ergibt sich ein Stromverbrauch durch elektrische PKWs von **jährlich 84 MWh**. Geht man davon aus, dass der Anteil an Elektrofahrzeugen in Ingenried bezogen auf die bundesweit zugelassenen Elektrofahrzeuge konstant bleibt, so wären 2030 bei bundesweit 15 Mio. E-Fahrzeugen in Ingenried etwa 355 Elektrofahrzeuge zugelassen. Der zusätzliche Stromverbrauch beläuft sich dann auf **1.064 MWh** pro Jahr. Die CO2-Einsparung im Vergleich zu herkömmlichen Antriebsarten beläuft sich bis dahin auf 25 bis 50 % (Fraunhofer Institut, 2020), je nach Fahrzeugklasse und Batteriekapazität. Dies entspricht bei der berechneten Anzahl an Elektroautos einer jährlichen Treibhausgasreduktion zwischen **240 und 490 Tonnen.**

Vorschläge zum Ausbau der Ladeinfrastruktur in Ingenried werden in Kapitel 5.2 erläutert.

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

Der Handlungsbedarf und die wesentlichen Handlungsoptionen für die Gemeinde Ingenried wurden unter Berücksichtigung der aktuellen Bedarfssituation und den vorhandenen Energiepotenzialen identifiziert. Im Folgenden werden die sich ergebenden Möglichkeiten in den Bereichen Strom und Wärme zusammengefasst und mögliche Ausbauszenarien inklusive deren Auswirkungen auf die damit verbundenen Treibhausgasemissionen skizziert. Abschließend wird die wirtschaftliche Bedeutung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien in betrachtet.

4.1.1 Strom

Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, wird übers Jahr gesehen bereits mehr als 100 % des Strombedars vor-Ort erneuerbar erzeugt (Abbildung 2-4).
Das weitere, im Rahmen des Energienutzungsplans identifizierte Potenzial für erneuerbare Energien im Sektor Strom liegt insgesamt bei mehr als **42.100 MWh**. Vor allem die Photovoltaik spielt hier die entscheidende Rolle.

PV-Dachanlagen: Wird bei der Potenzialausweisung berücksichtigt, dass auch Solarthermieanlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung auf die für Solarenergie geeigneten Dachflächen angewiesen sind, reduziert sich die potenziell nutzbare Dachfläche für PV-Anlagen. Unter Annahme einer vollständigen Erschließung von 90 % aller für PV geeigneten Dachflächen, könnten zusätzlich **5.660 MWh** Strom erzeugt werden. Eine bedarfsorientierte Anlagendimensionierung, wie es i.d.R. wirtschaftlich geboten ist, steht der vollen Ausschöpfung dieses Potenzials allerdings entgegen.

PV-Freiflächen: In Folge des Standortkonzepts für die Entwicklung von PV-Freiflächenanlagen gingen von den Grundstückseigentümern mehrere Anfragen bei der Gemeinde ein, die insgesamt eine Fläche von 35 ha ergeben. Sollten Anlagen auf dieser gesamten Fläche realisiert werden, so könnten dort rund **35.000 MWh** Strom pro Jahr erzeugt werden. Um den Belangen der noch aktiven Landwirte gerecht zu werden, wurde im Standortkonzept die Fläche auf maximal 18 ha begrenzt. Nach Realisierung von Projekten dieser Größenordnung soll im Gemeinderat das weitere Vorgehen erörtert werden.

Biogas: Bei einer vollständigen Nutzung der in Ingenried anfallenden Gülle- und Festmistmengen besteht theoretisch ein Potenzial von **1.460 MWh**.

Wind: Unter den derzeit geltenden regulatorischen Rahmenbedingungen besteht kein Potenzial zur Realisierung von Windenergieanlagen. Sollte zukünftig die Höhenbeschränkung, welche derzeit aufgrund des Militärradars besteht, geändert werden, so würden sich theoretisch Potenzialflächen für ca. fünf Windräder ergeben. Gem. Bayerischem Windatlas liegt das Ertragspotenzial für eine fiktive Windenergieanlage mit einer Leistung von 5 MW in 160 m Höhe über Grund an diesen Standorten zwischen 9.700 und 10.600 MWh/a (LfU, 2021). Fünf solcher Anlagen könnten also Strom ein einer Größenordnung von **50.000 MWh/a** erzeugen.

Auch wenn derzeit bilanziell so viel erneuerbarer Strom erzeugt wie verbraucht wird, sollte sowohl eine Reduzierung des Strombedarfs, eine Steigerung der Energieeffizienz sowie der Ausbau der Erneuerbaren Energien weiter vorangetrieben werden. Denn perspektivisch ist mit einer Zunahme des Strombedarfs zu rechnen. Das in Abbildung 4-1 dargestellte Szenario „E-Mobilität“ berücksichtigt, wie in Kapitel 3.2.6 beschrieben, einen zusätzlichen Stromverbrauch von 1.064 MWh durch E-Fahrzeuge im Jahr 2035. Das Szenario „E-Mobilität und Wärmepumpen“ stellt zusätzlich den durch mit dem in Kapitel 3.2.5.4 beschriebenen Ausbau der oberflächennahen Geothermie und Luftwärmepumpen verbundenen Anstieg des Stromverbrauchs im Vergleich zu heute dar. Dieses Szenario würde eine Verdoppelung des aktuellen Strombedarfs bedeuten.

Zieht man zudem die gesamte Region in die Betrachtung mit ein, so stellt sich vor allem im städtischen Bereich die Situation anders dar. Zur Versorgung regionaler Firmen wird weitaus mehr Strom benötigt, als Potenziale direkt vor Ort vorhanden sind. In der Energiebilanz des Landkreises Weilheim-Schongau liegt der Anteil der Erneuerbaren Energien bei rund 50 %. Die Gemeinde Ingenried kann dadurch einen enorm wichtigen Beitrag zur Energieversorgung der gesamten Region leisten.

Nicht zu verachten sind zudem die finanziellen Vorteile, die der Ausbau erneuerbarer Energien für die Gemeinde sowie die BürgerInnen mit sich bringen.

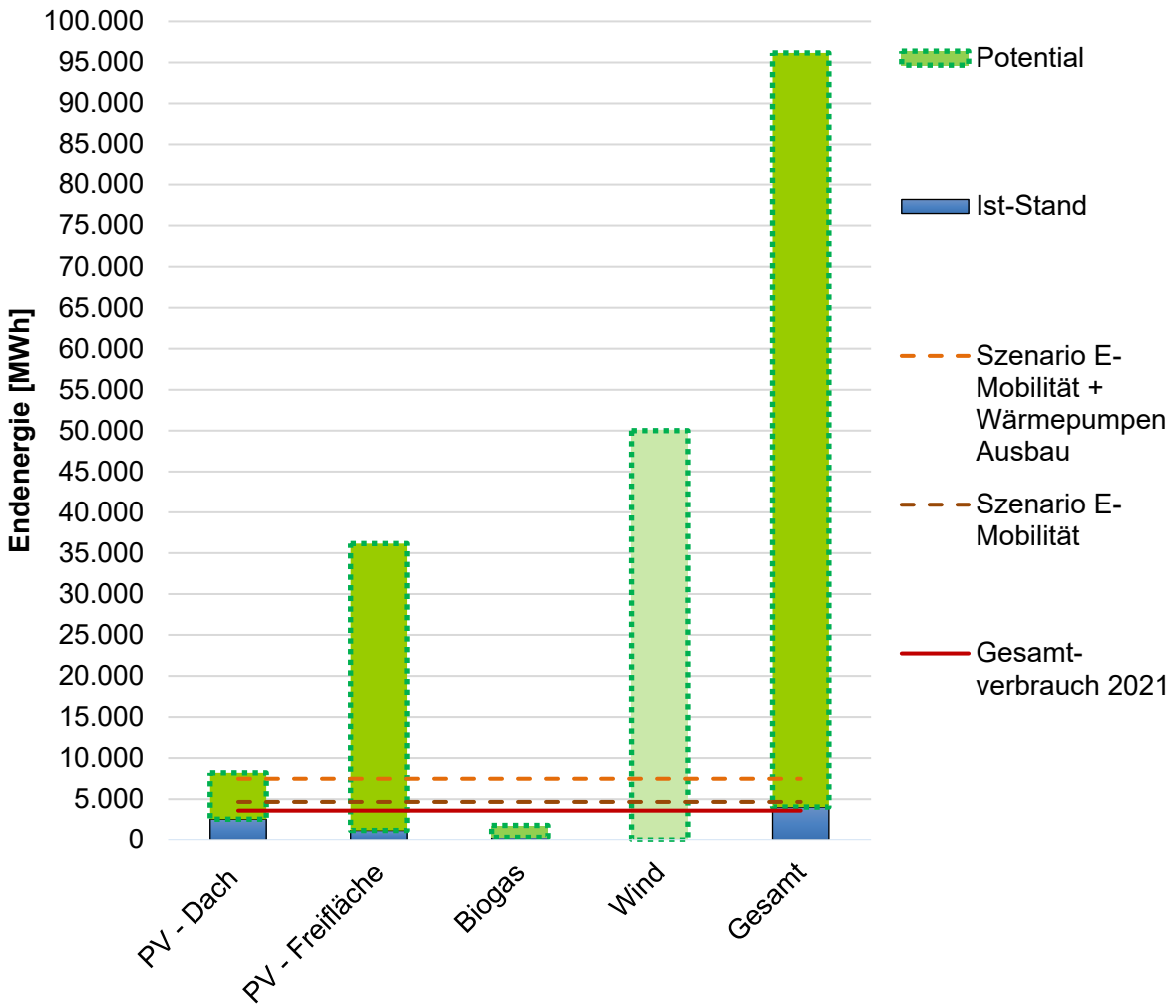


Abbildung 4-1: Ist-Stand (2021) und Ausbaupotenzial der im Rahmen des Energienutzungsplans untersuchten erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in Ingenried. Im Vergleich zum Gesamtverbrauch 2021 sowie zum Verbrauch nach Szenario „E-Mobilität“ und „E-Mobilität + Wärmepumpen“.

4.1.2 Wärme

Zu rund 36 % kann der Wärmebedarf aktuell durch Erneuerbare Energien gedeckt werden, wodurch der Anteil deutlich geringer ausfällt als beim Strom (Abbildung 4-2). Etwa das 3-fache an Endenergie gegenüber Strom wird in Form von Wärme benötigt. Fortschritte im Wärmesektor spielen daher eine Schlüsselrolle für den Erfolg der lokalen Energiewende.

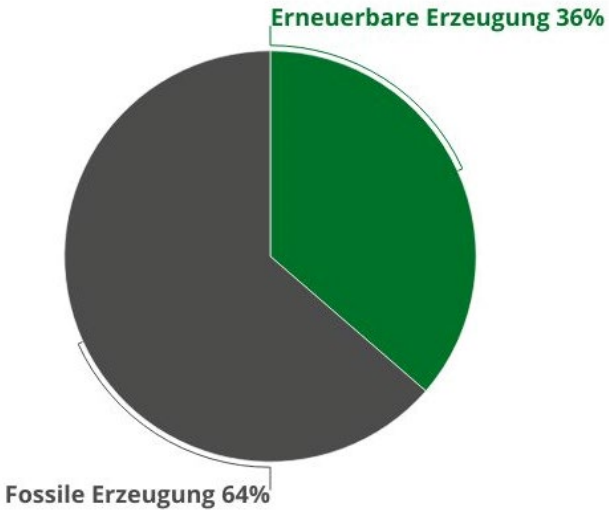


Abbildung 4-2: Erneuerbarer und fossiler Anteil der Wärmeversorgung im Jahr 2021 in Ingenried.

Der Blick auf die zusammenfassenden erneuerbaren Energiepotenziale zeigt (Abbildung 4-3), dass in Ingenried verschiedene Handlungsoptionen zum Ausbau des erneuerbaren Wärmeanteils existieren. Insgesamt ist ein zusätzliches Potenzial von mindestens **4.150 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 für Solarthermie, 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 (vgl. Kapitel 4.1.1).

Angenommen, 10 % der noch für Solarenergie geeigneten Dachflächen werden für Solarthermie-Anlagen genutzt, könnten zusätzlich **580 MWh** pro Jahr an Wärme bereitgestellt werden.

Energieholz: Die nachhaltige Bewirtschaftung der Privatwaldflächen ist noch nicht ausgeschöpft. Zusätzlich **1.360 MWh/a** Wärme könnten aus den Waldflächen auf dem Gemeindegebiet von Ingenried gewonnen werden. Mittlerweile besteht in der gesamten Region eine gute logistische Versorgung mit Hackschnitzeln unterschiedlicher Qualitäten, so dass

relativ hochwertige Ware ganzjährig zur Verfügung steht. 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 Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen könnten in Ingenried im Neubaubereich bzw. zur Deckung von Heizwärmebedarf mit relativ niedrigem benötigtem Temperaturniveau (z.B. Fußbodenheizung) noch vorhandenes Potenzial bieten. Mittels Fortschreibung des Ausbautrends seit dem Jahr 2015 kann mit zusätzlich mindestens **2.210 MWh/a** Wärmebereitstellung gerechnet werden.

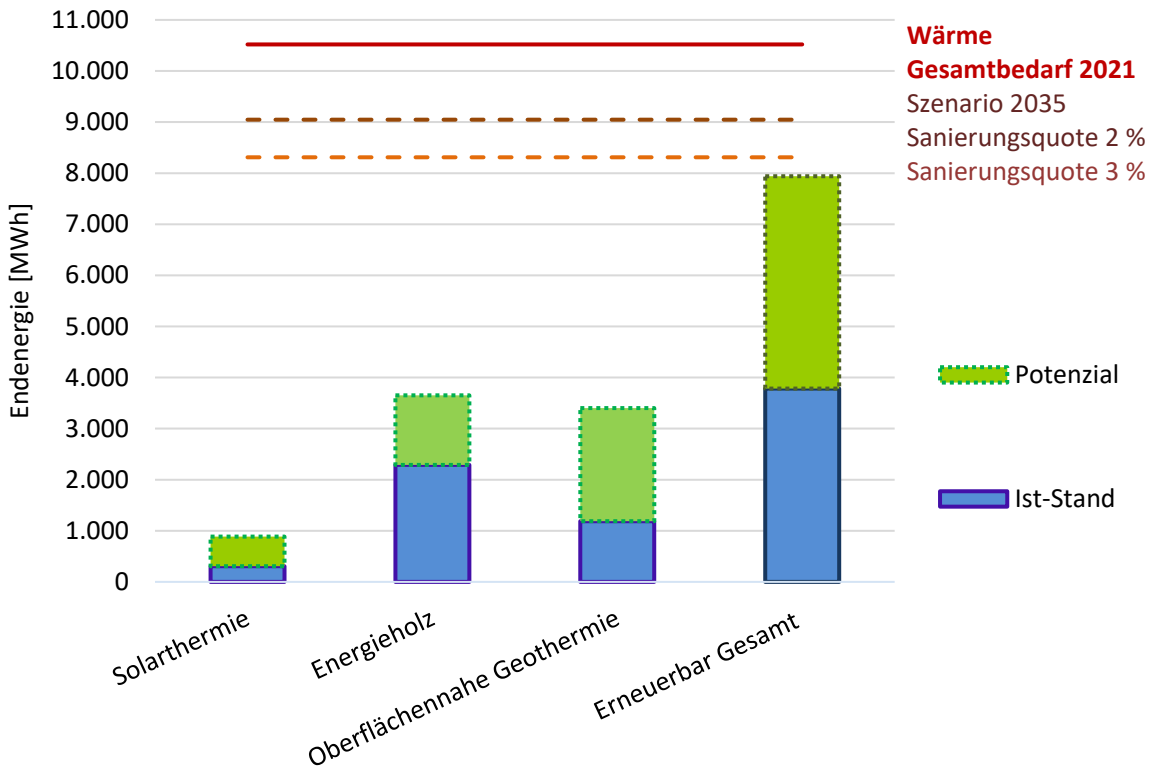


Abbildung 4-3: Ist-Stand (2021) und Ausbaupotenzial erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in Ingenried im Vergleich zum Gesamtbedarf 2021 und den Szenarien mit Sanierungsquoten 2 bzw. 3 %.

Eine Steigerung der regenerativen Wärmeerzeugung und möglich, die vollständige Deckung des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien aus dem Gemeindegebiet von Ingenried bis 2035 ist allerdings nicht vollständig möglich (Abbildung 4-3). Wie ebenfalls aus Abbildung 4-3 hervorgeht, ist ein Mix und damit der Ausbau aller verfügbaren Energieträger nötig. Nicht nur aufgrund der begrenzten Ressourcenverfügbarkeit, aber auch aus Gründen des Klimaschutzes und wirtschaftlicher Aspekte sollte die Einsparung von Wärme an erster Stelle stehen.

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, 2022). Je höher die Wärmebelegungsdichte ist, desto geringer sind die Wärmegestehungs- und -lieferungskosten pro MWh und umso eher ist eine Wettbewerbsfähigkeit gegeben.

In der Gemeinde Ingenried bestehen bereits mehrere, z.T. auch kleinere private, Nahwärmenetze. Möglicherweise bestehen dort Möglichkeiten, diese bestehenden Netze zu erweitern. Rahmenbedingungen und Voraussetzungen zur Erschließung von Nahwärmenetzen werden im Maßnahmenteil des Energienutzungsplanes erläutert.

4.1.3 Ausbauszenario Erneuerbare Energien

Anhand der ermittelten und in dem vorangehenden Kapitel dargestellten Energiepotenziale wurden mögliche Szenarien für die Strom- und Wärmeversorgung bis zum Jahr 2035 in der Gemeinde Ingenried entwickelt. Diese Zukunftsszenarien haben nicht den Anspruch, eine Prognose abzugeben, sondern stellen mögliche Entwicklungen dar.

4.1.3.1 Strom

Die derzeitige Situation des Stromverbrauchs sowie die Einsparpotenziale sind in Kapitel und 3.1.1 beschrieben. In Anbetracht der steigenden Einwohnerzahlen, einer zunehmenden Digitalisierung, dem Trend zur E-Mobilität und dem Ausbau der Wärmepumpen-Technogie ist nicht mit einem Rückgang des Strombedarfs zu rechnen. In dem in Abbildung 4-4 dargestellten Szenario der möglichen Entwicklung der Stromerzeugung und -versorgung werden daher ein zu heute gleichbleibender Strombedarf sowie die Szenarien "E-Mobilität“ und „E-Mobilität + Wärmepumpen Ausbau“ mit wesentlich höherem Bedarf betrachtet.

Bei dem Szenario „E-Mobilität“ wird eine Erhöhung der E-Auto-Quote gemäß des bundesdeutschen Entwicklungstrends, wie in Kapitel 3.2.6 beschrieben, berücksichtigt. Im Szenario „E-Mobilität + Wärmepumpe“ wird zudem der Stromverbrauch hinzugerechnet, der für den Betrieb der Wärmepumpensysteme benötigt wird, wenn der Ausbautrend wie in Kapitel 3.2.5.4 beschrieben, eintritt.

Der in diesem Szenario beschriebene Ausbau der Erneuerbaren Energien würde eine Erhöhung der vor-Ort erzeugten Strommenge um den Faktor 10 bedeuten.

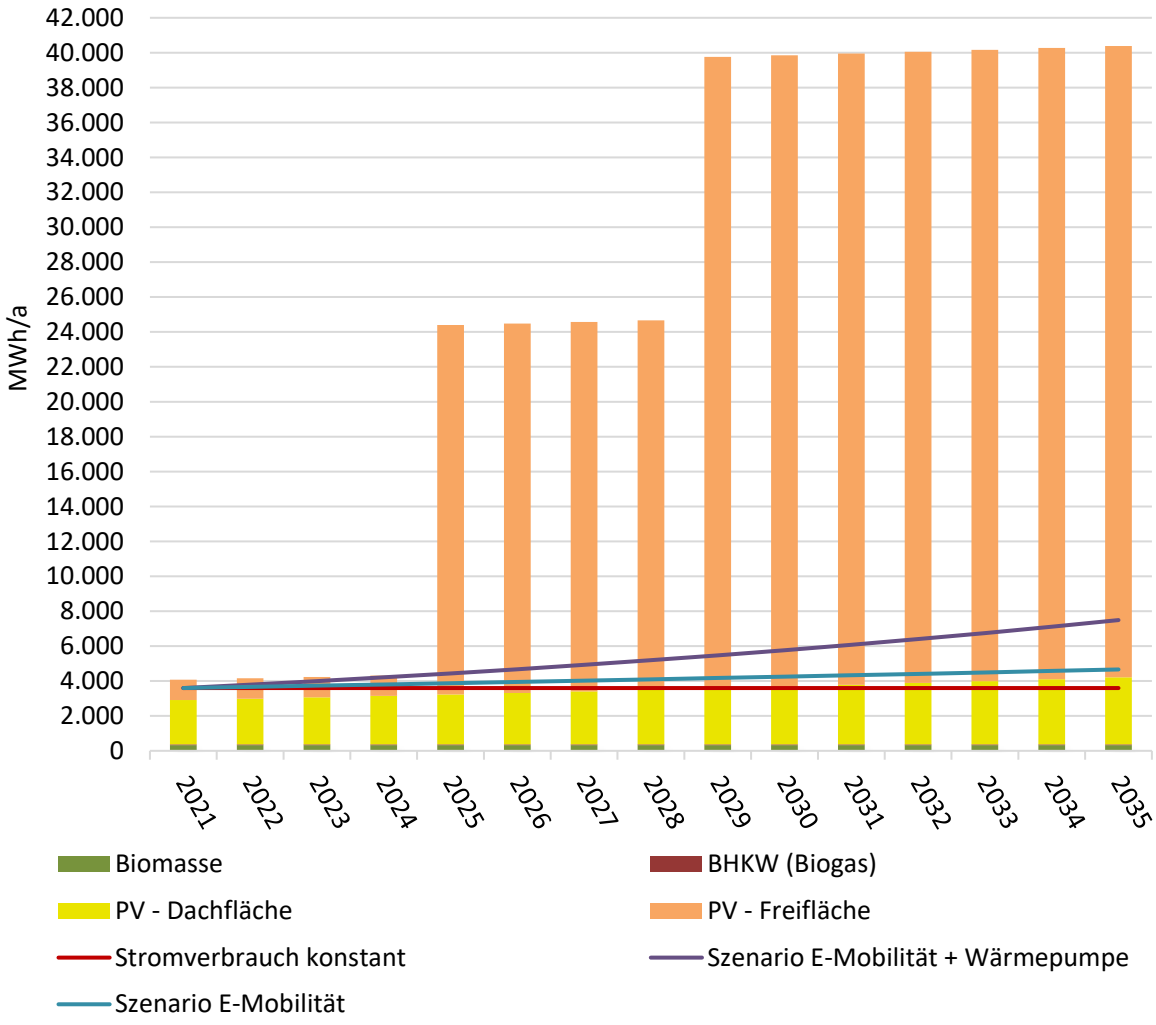


Abbildung 4-4: Ausbaupfad bis 2035 für eine zukünftige Stromversorgung in Ingenried.

Die Überdeckung des Strombedarfs durch zusätzliche PV-Freiflächen stellt lediglich die Entwicklung im Ortsgebiet dar. Im Großraum Schongau besteht nach wie vor eine hohe Nachfrage nach erneuerbarem Strom. Vor allem im industriellen und gewerblichen Bereich sind erhebliche noch fossil erzeugte Strommengen durch regenerative Quellen zu ersetzen. Die Investitionen auf Ingenrieder Flur können jedoch bei geschickter Wahl der Betreibermodelle dazu führen, dass mit der Erzeugung von PV-Strom gutes Geld verdient und langfristig Gewerbesteuer anfällt.

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. Bei einer Sanierungsquote von 2 % bzw. 3 % könnten 14 % bzw. 21 % des Wärmebedarfs pro Jahr eingespart werden, wodurch dieser auf 9.050 MWh bzw. 8.311 MWh sinken würde. Wie im vorausgehenden Kapitel beschrieben, sind die Voraussetzungen für eine vollständige Deckung des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien unter den gegebenen Annahmen nicht vollständig gegeben. Das Szenario in Abbildung 4-5 zeigt einen, ausgehend vom aktuellen Wärmebedarf und Energiemix, möglichen zukünftigen Entwicklungspfad, bei dem die nach in den vorangehenden Kapiteln erhobenen Potenziale realisiert werden.

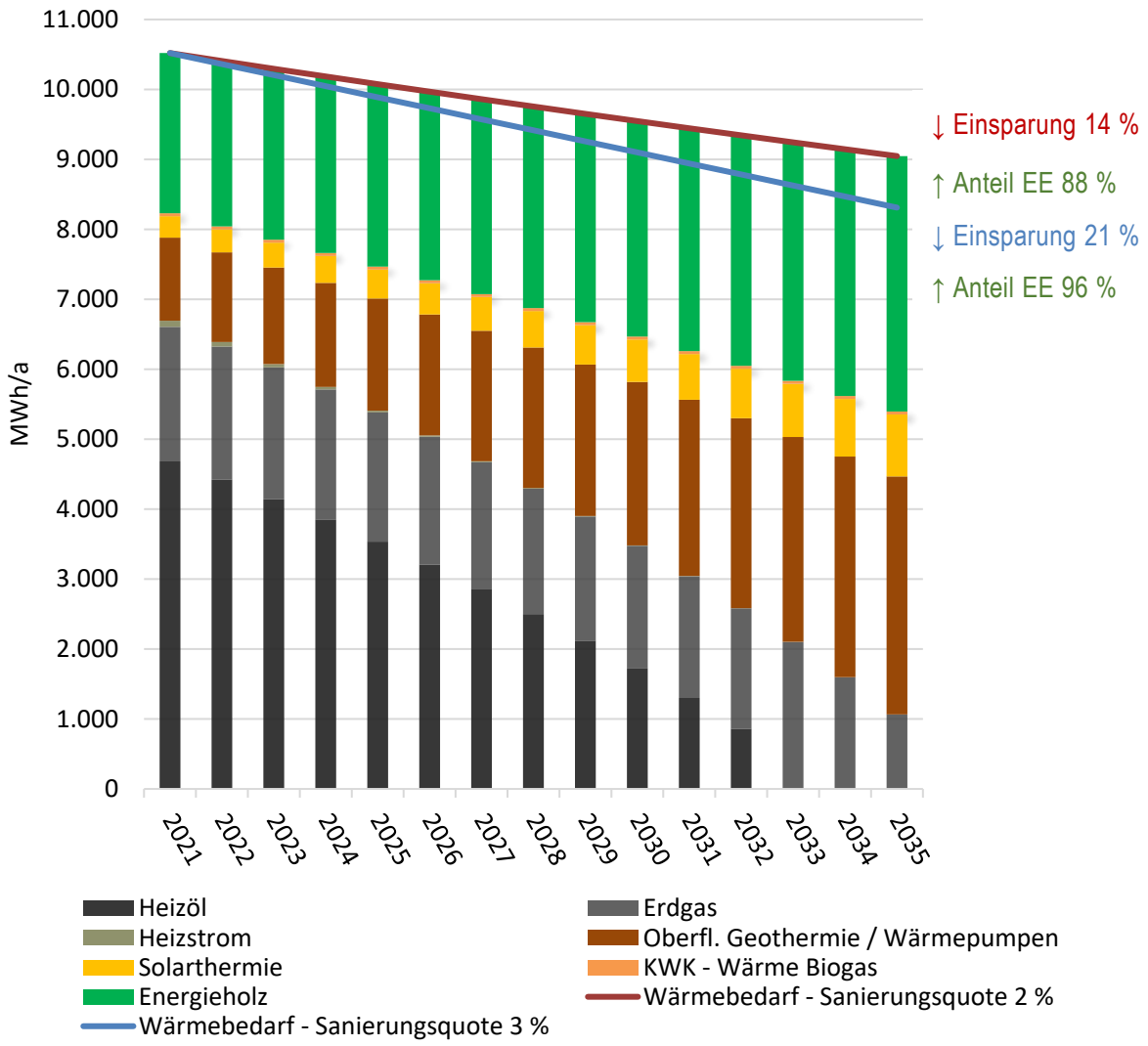


Abbildung 4-5: Ausbaupfad für eine zukünftige Wärmeversorgung in Ingenried.

Das Szenario verdeutlicht, dass ein Mix aller zur Verfügung stehenden Energieträger notwendig ist, um Fortschritte in der Wärmewende machen zu können. Zudem liegt der Fokus auf der Einsparung der fossilen Energieträger, insbesondere bei der Reduktion von Heizöl vor der Reduktion von Erdgas.

Es sind zwar Energieholzpotenziale in großer Menge vorhanden, nichtsdestotrotz sollte auch bei der Verwendung erneuerbarer Energieträger auf eine hohe Ressourceneffizienz geachtet werden. Die bestehenden Nahwärmenetze, aber auch die kleineren privaten Zusammenschlüsse, könnten zukünftig durch Großwärmepumpen erweitert werden. Diese speziell für die Beschickung von Wärmenetzen entwickelten Geräte nutzen vorhandene Umweltwärme bei geeigneter Witterung sehr effizient, so dass diese in den Übergangs- und Sommermonaten für die Wärmeerzeugung eingesetzt werden können und so für verbrennungsfreie Monate sorgen. Dadurch können an dieser Stelle große Mengen an Energieholz eingespart werden. Ein weiterer Vorteil dieser Wärmepumpen ist, dass diese in den Monaten betrieben werden, wenn durch die zahlreichen Photovoltaik-Anlagen viel erneuerbarer Strom vor-Ort erzeugt wird.

Ein stärkerer Ausbau der oberflächennahen Geothermie wie hier angenommen, wäre theoretisch möglich. Dadurch könnte eine vollständige Deckung des Wärmebedarfs möglicherweise realisiert werden.

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 und im günstigsten Fall Kohlendioxid mittels Waldzuwachs oder stofflicher Nutzung von Holz zu speichern.

Betrachtet man bilanzielle die Treibhausgasemissionen, d.h. inklusive Energieverbrauch und (Überschuss-) Erzeugung erneuerbarer Energien, so werden derzeit in Ingenried in den Sektoren Strom und Wärme rund 1.900 t CO_2-Äquivalente pro Jahr in die Erdatmosphäre emittiert, das entspricht 1,8 t/EW. Abbildung 4- zeigt, wie die Treibhausgasemissionen in Ingenried gemäß den in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Szenarien reduziert werden könnten. Unter der Annahme, dass die beschriebenen Potenziale der zusätzlich zur Verfügung stehenden Erneuerbaren Energien genutzt werden, sich der Strombedarf gem. dem Szenario „E-Mobilität + Wärmepumpen“ entwickelt und der Wärmebedarf entsprechend sinkt, könnte der CO2-Ausstoß drastisch sinken. Beim oben dargestellten Wärmeszenario wird bei der Nutzung der oberflächennahen Geothermie die Annahme getroffen, dass der zum Betrieb nötige Strom regenerativ erzeugt wird. Aus Abbildung 4-7 wird zudem ersichtlich, welcher Anteil der Treibhausgasemissionen welchem Energieträger zuzuordnen ist. Eine schnelle Substitution der fossilen Energieträger, vor allem des Heizöls, ist im Sinne des Klimaschutzes am wirksamsten.

Wird insgesamt mehr Strom regenerativ erzeugt als verbraucht und damit über das öffentliche Netz exportiert, so kann dies als Vermeidung von konventionellem Strom (Bundesstrommix) andernorts und somit als „Gutschrift“ für Ingenried gewertet werden. Für einen gem. Stromszenario „E-Mobilität + Wärmepumpe“ erzeugten Überschuss von 32.900 MWh würde sich eine Einsparung von 13.800 t CO2 im Jahr 2035 ergeben (bei 2021 gültigem Emissionsfaktor für den Bundesstrommix). Bilanziell würde das für den Ausstoß an Treibhausgasemissionen bedeuten, dass im Jahr 2035 11.170 t CO2-Äquivalente eingespart werden könnten.

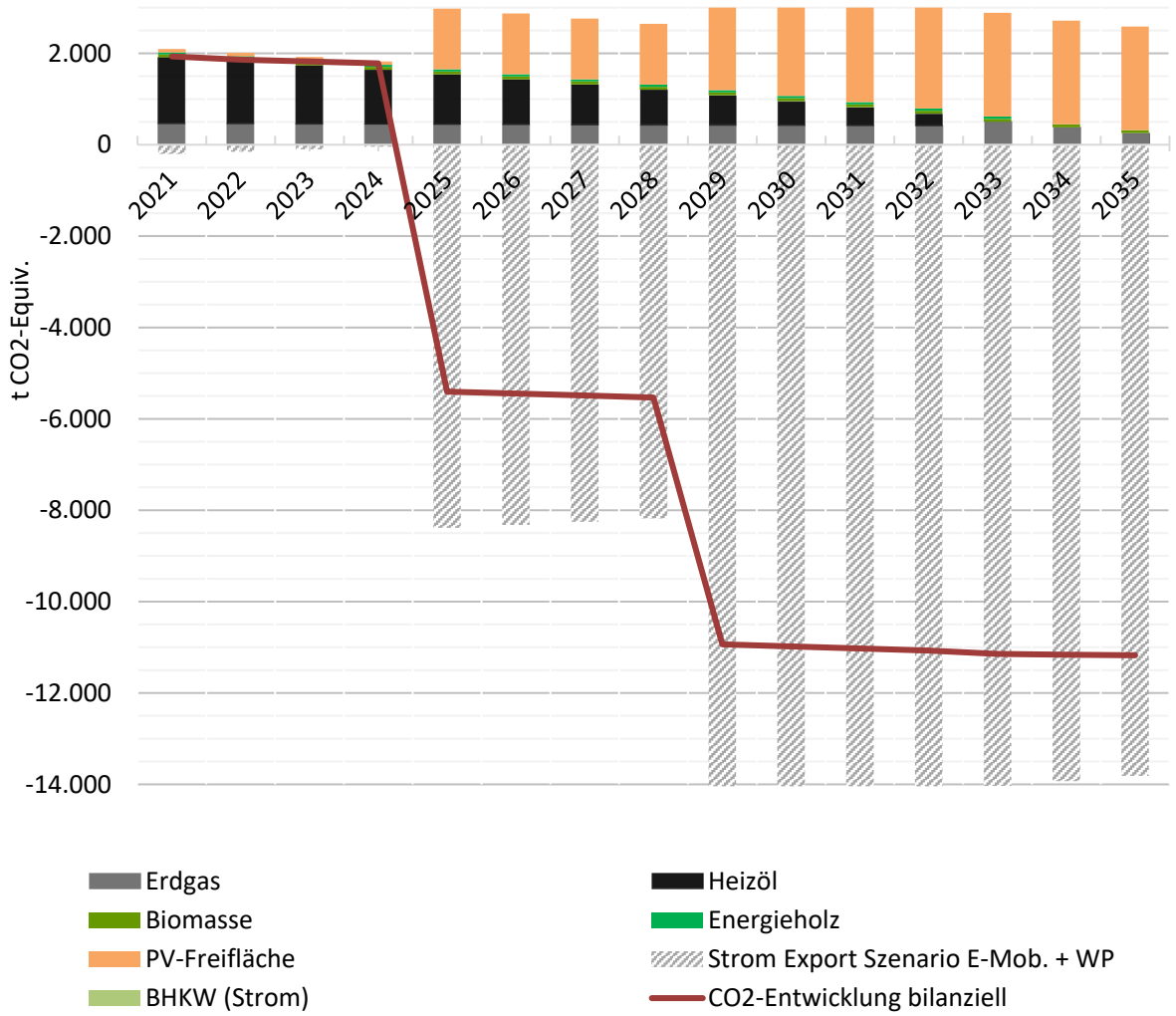


Abbildung 4-6: Möglicher Beitrag zum Klimaschutz im Wärme- und Stromsektor bei Realisierung der oben dargestellten Szenarien in Ingenried.

Andererseits könnte aus überschüssigen Strommengen mit Hilfe sog. Power-to-Gas Anlagen Wasserstoff erzeugt werden, der sehr gut lager- und transportfähig ist. Die industrielle Erzeugung von flüssigen oder gasförmigen Energieträgern kann langfristig zum Klimaschutz beitragen. Allerdings sind hierfür ausreichend große Mengen an Strom nötig. Auch der Energieträger Flüssiggas kann aus Reststoffen wie z.B. Glycerin, Stärke oder Zellulose hergestellt werden. Sofern diese Energieträger regenerativ erzeugt werden, ist dies perspektivisch eine Chance zur klimafreundlichen Versorgung des Energiebedarfs.

4.2 Wirtschaftliche Bewertung EE-Ausbau

Werden die Kosten für die erzeugte Wärme im Mix der derzeitigen Wärmeerzeuger mit 90 €/MWh angesetzt, so werden in Ingenried aktuell über 660.000 € jährlich für die Wärmebereitstellung ausgegeben. Bei einem durchschnittlichen Strompreis über alle Nutzergruppen von 400 €/MWh wird Strom für mehr als 1,4 Mio. € eingekauft (Abbildung 4-7). Insgesamt entstehen für Ingenried somit jährliche Gesamtenergiekosten in Höhe von 2,1 Mio. € für den Bezug von Wärme und Strom. Ein weiterer Ausbau der regenerativen Energien bedeutet langfristig eine Reduktion dieser Kosten und eine Steigerung der regionalen Wertschöpfung.

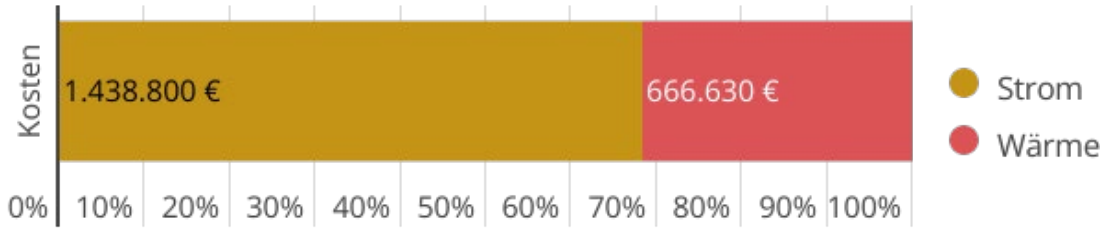


Abbildung 4-7: Summe der Gesamtkosten 2021 für Wärme und Strom in Ingenried.

Der Ausbau der in den vorausgehenden Kapiteln beschriebenen Potenziale gemäß den skizzierten Szenarien ist mit hohen Investitionen verbunden. Für den Stromsektor würde dies beispielsweise für den Ausbau der PV-Dach- und Freiflächenanlagen Investitionen in Höhe von über 48,5 Mio. € bedeuten. Die Erschließung der Windkraftpotenziale wurden in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt. Für den Ausbau der Erneuerbaren Energien im Wärmesektor würden Investitionen von 2,5 Mio. € anstehen, welche zu 45 % auf die Erschließung der oberflächennahen Geothermie und zu über 40 % auf die Nutzung von Energieholz entfallen.

Allerdings sind Städte und Gemeinden als wichtige Treiber beim Ausbau erneuerbarer Energien (EE) gleichzeitig in relevantem Umfang Profiteure dessen. Durch den Ausbau der EE werden 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 (Hirschl et al., 2010).

Einer Gegenüberstellung der Umsätze für die regionale regenerative Energieerzeugung heute und den zuvor dargestellten Entwicklungspfaden bis 2035 ist in Abbildung 4-8 dargestellt. Ein sehr 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 verfünffachen.

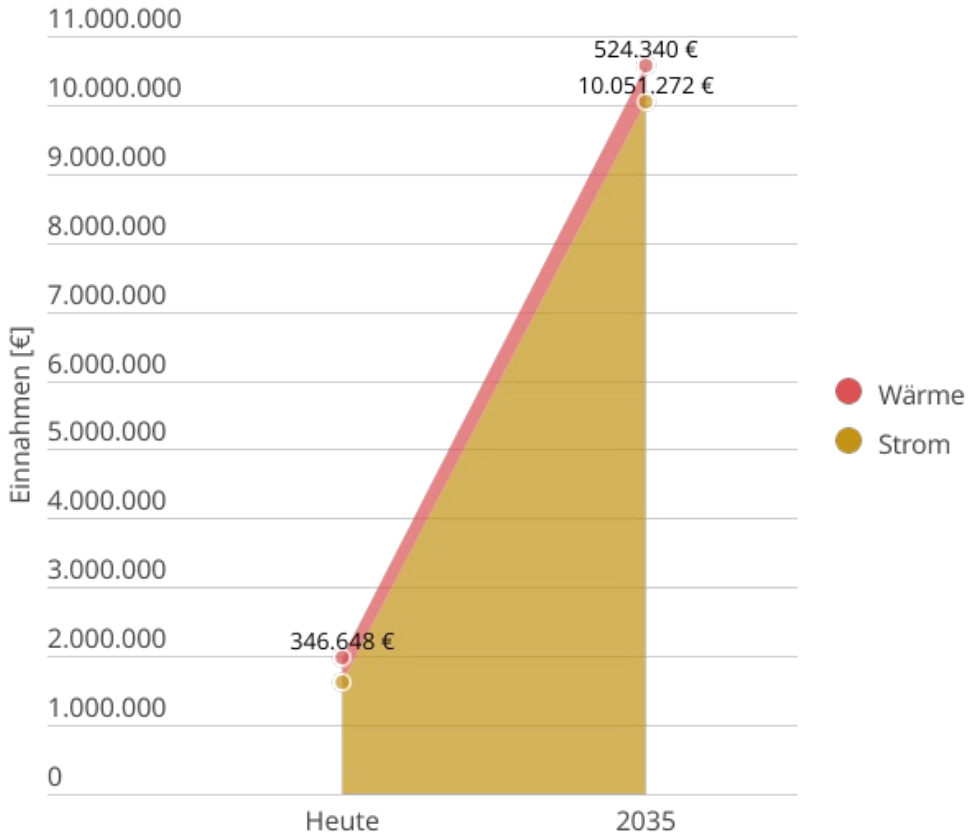


Abbildung 4-8: Regionale Wertschöpfung 2021 und 2035 durch erneuerbare Energien entsprechend der Szenarien.

5 Maßnahmenempfehlungen für Ingenried

Aus den erhobenen Verbrauchsdaten sowie den Potenzialen zur Energieversorgung in Ingenried 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, 2017). So sind die jährlich zu erwartenden Einsparungen bzw. Erträge den laufenden jährlichen Ausgaben gegenübergestellt. Eine Investition ist immer dann vorteilhaft, wenn sich ein positiver Überschuss aus den jährlichen Einnahmen und Ausgaben ergibt. Es wurde den Berechnungen ein Kalkulationszinssatz von 3 % zu Grunde gelegt. Für die Finanzierung der Maßnahmen wird jeweils ein Kredit aufgenommen, welcher in Form eines Annuitätendarlehens jährlich getilgt wird. Aus Vereinfachungsgründen und weil Preisprognosen mit hohen Unsicherheiten verbunden sind, wurden weder Preis- noch Zinsentwicklungen berücksichtigt.

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

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 22 Maßnahmenvorschläge ausgearbeitet. Davon betreffen 13 Maßnahmen unmittelbar die "**kommunalen Liegenschaften".** Als „**Maßnahmen für Bürgerinnen und Bürger"** und als „**Sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde"** werden die Handlungsvorschläge aufgeführt. In Kapitel 5.5 werden alle Maßnahmen in einer Übersichtstabelle zusammengefasst.

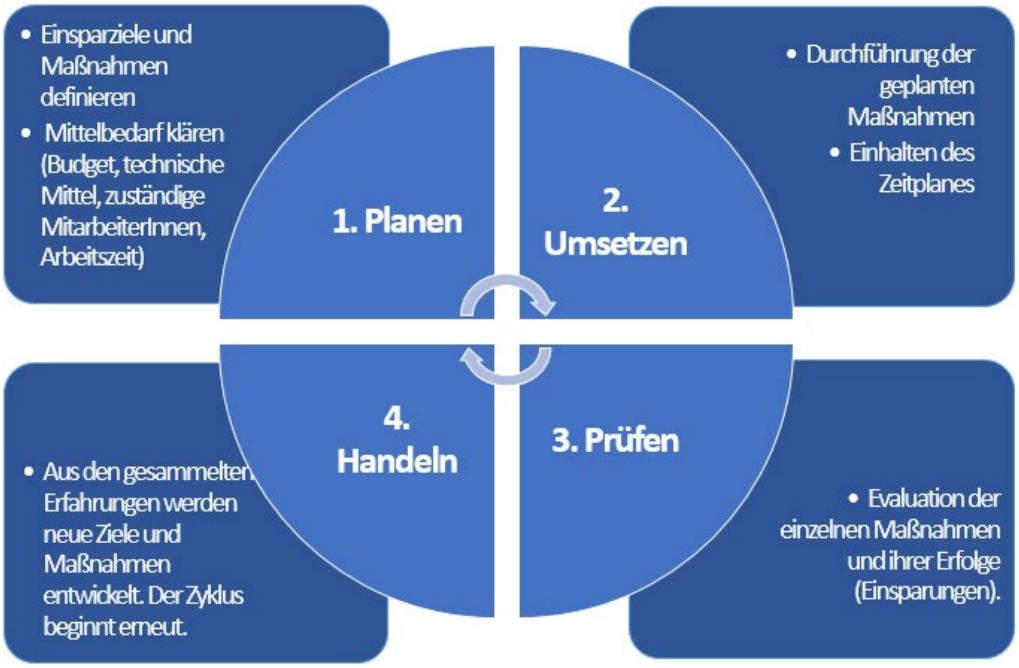


Abbildung 5-1: Ablaufschema bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen.

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 zwischen 91.600 € und 246.000 € verbunden, je nachdem in welchen Ausmaßen die Anlagen ausgeführt werden.

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

- Freiwillige Feuerwehr Ingenried (S. 86)
- Rathaus (S.82)
- Kindergarten & Kita (S.73, 84, 85)
- Mehrzweckhalle (S.73)
- Abwasserpumpstation Erbenschwang (S.75)
- Abwasserpumpstation Krottenhill (S.75)
- Pumpanlage Krottenhill (S. 76)
- Wasserpumpe Krottenhill (S.76)

5.1.1 PV-Anlage Kiga & Kita Ingenried

		Kurzfristig	
Amortisierungs-dauer:	**Investitionskosten:**	**CO_2-Einsparpotenzial:**	**Primärenergie-Einsparung:**
10,4 Jahre	14.600 €	4,0 t/a	15,4 MWh/a

Das Gebäude von Kindergarten und Kita in Ingenried bietet eine nach Süden ausgerichtete Dachfläche, die durch keinerlei Verschattungen beeinträchtigt wird. In der Vergangenheit wurden über 4.000 kWh Strom pro Jahr verbraucht. Durch die umliegenden Bäume kommt es zwar zu einem geringen Ertragsverlust durch zeitweise Verschattung der Module, mit einer PV-Dachanlage von 7,3 kW Spitzenleistung könnten jedoch mit ca. 8.500 kWh Jahresertrag bereits 61,3 % des verbrauchten Stroms sehr günstig direkt vor Ort erzeugt werden. Die Simulation der Anlage errechnet beim jetzigen Strombedarf eine Amortisationszeit von 10 Jahren. 18 % des Stromertrags werden selbst verbraucht, der Rest ins Netz eingespeiste Strom trägt durch eine EEG-Vergütung zur Finanzierung der Anlage bei. Alternativ könnte eine kleinere Auslegung mit knapp 10 kWp gewählt werden, um den Eigenbedarf zu 68 % zu decken. Die Anlage würde dann pro Jahr etwa 10.500 kWh elektrische Sonnenergie liefern.

Abbildung 5-2 PV-Anlage auf dem Kindergarten und der Kita in Ingenried

5.1.2 PV-Anlage Mehrzweckhalle

		Kurzfristig	
Amortisierungs-dauer:	**Investitionskosten:**	**CO_2-Einsparpotenzial:**	**Primärenergie-Einsparung:**
12 / 12 /11 Jahre	19.500 / 77.500 /130.000 €	6,0 / 25,9 /42,9 t/a	22,9 / 99,2 /164,1 MWh/a

Sowohl die nordöstlich als auch die südwestlich ausgerichteten Dachflächen der Mehrzweckhalle in Ingenried bieten sich zur Nutzung von PV-Anlagen an. Aufgrund der großen Fläche bieten sich sehr verschiedene Investitionsmöglichkeiten an. Beispielhaft wurden hier drei unterschiedlich dimensionierte Simulation ohne bzw. mit Ladepunkten für Elektrofahrzeuge durchgeführt. In der kleineren Variante könnten mit einer 11,5 kW_p-Anlage gut

12.700 kWh pro Jahr erzeugt werden. Knapp 46 % des Stromverbrauchs in der Mehrzweckhalle (ca. 5.900 kWh/a) würden damit solar erzeugt. Mit größeren Anlagen kann dieser Deckungsgrad auf 77 bzw. 87 % erhöht werden.

Abbildung 5-3: PV-Anlagen auf der Mehrzweckhalle in kleiner (11,5 kWp), mittlerer (50 kWp, 2 Ladestationen) und großer Variante (83,6 kWp, 5 Ladestationen).

Der Eigenverbrauchsanteil des gesamt produzierten Stroms liegt mit ca. 20 % bei allen Varianten recht niedrig, das Potenzial der Dachfläche kann jedoch genutzt werden, um in Kombination mit E-Ladesäulen für Elektrofahrzeuge Strom zu produzieren. Bei durchschnittlichen Fahrleistungen von 15.000 km pro Fahrzeug und Jahr könnten 99 % der gefahrenen Kilometer mit eigens produziertem Solarstrom versorgt werden. Die Fahrtkosten verringern sich ebenfalls um fast 80 % im Gegensatz zur Ladung ohne PV-Anlage.

Die Stromgestehungskosten in der kleinsten Variante lägen bei 0,10 €/kWh und ca. 0,09 €/kWh für die Simulationen mit E-Ladestationen im Gegensatz zum angenommenen Strompreis von 0,40 €/kWh. Die Amortisationszeiten der PV-Anlagen lägen bei 12 Jahren, die größte Variante würde sich sogar bereits ein Jahr früher amortisieren. Durch den Bezug des erneuerbaren Stroms könnten bis zu 42 t CO_2 pro Jahr eingespart werden.

Zusätzlich wurde eine Simulation durchgeführt, in welcher der gesamte produzierte Strom einer 58 kWp-Anlage eingespeist wird. Dabei können bei einem durchschnittlichen Einspeisepreis von 0,11 €/kWh knapp 7.000 € pro Jahr vergütet und somit eine Amortisationszeit von 16 Jahren erreicht werden. Auch wenn sich diese Simulation wirtschaftlich rechnen würde, sollte eine der Eigenverbrauchsvarianten angestrebt werden, um eine wirtschaftlich und ökologisch effizientere Investition zu erreichen.

5.1.3 PV-Freifläche Abwasserpumpstation Erbenschwang

Kurzfristig

Amortisierungs-dauer:	Investitionskosten:	CO_2-Einsparpotenzial:	Primärenergie-Einsparung:
11,2 Jahre	11.100 €	3,2 t/a	12,4 MWh/a

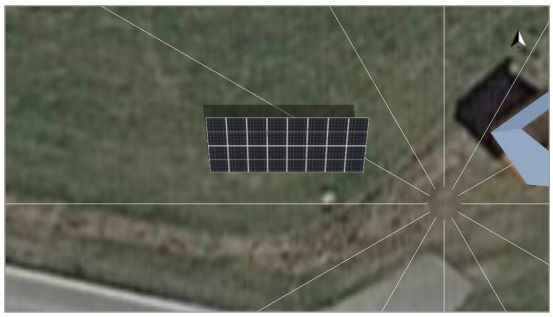


Abbildung 5-4: PV-Freiflächenanlage neben der Abwasserpumpstation in Erbenschwang.

Pumpstationen verbrauchen im Allgemeinen eine beträchtliche Menge an Strom, weshalb sich die Kombination mit PV-Anlagen oftmals als sehr effektiv herausstellt. Neben der Abwasserpumpstation in Erbenschwang kann eine kleine Freiflächenanlage errichtet werden, um den jährlichen Verbrauch von etwa 5.200 kWh mitversorgen zu können. Mit einer 6,6 kWp Anlage könnten hier jährlich 6.900 kWh erzeugt werden, welche zur Deckung von etwa 37 % des Stromverbrauchs der Pumpstation herangezogen werden können. Insgesamt ließe sich durch die Erzeugung dieser PV-Anlage etwa 3,2 t CO_2 einsparen. Die Amortisationszeit der Anlage liegt bei gut 11 Jahren, wobei eine Verringerung dieser im Hinblick aufsteigende Strompreise zu erwarten ist.

5.1.4 PV-Anlage Abwasserpumpstation Krottenhill

Kurzfristig

Amortisierungs-dauer:	Investitionskosten:	CO_2-Einsparpotenzial:	Primärenergie-Einsparung:
6,9 Jahre	4.900 €	1,2 t/a	4,7 MWh/a

Die Abwasserpumpstation in Krottenhill verbraucht jährlich etwa 5,3 MWh. Die nach Osten bzw. Westen ausgerichteten Dachflächen der Pumpstation bieten Platz für eine 2,5 kWp PV-Anlage mit der gut 2.600 kWh pro Jahr erzeugt werden können. Dadurch könnte mehr als 32 % des Gesamtverbrauchs vor Ort erzeugt werden, weitere 908 kWh ins Stromnetz eingespeist und insgesamt etwa 1,2 t CO_2 jährlich eingespart werden.

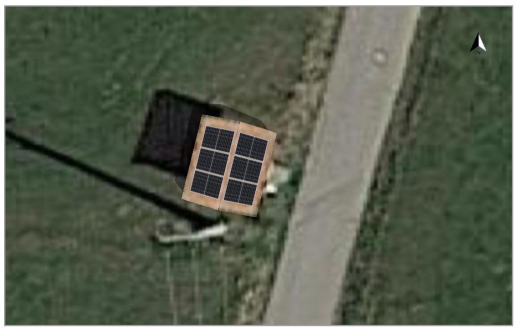


Abbildung 5-5: PV-Anlage auf dem Dach der Abwasserpumpstation in Krottenhill.

5.1.5 PV-Anlage Pumpanlage Krottenhill

Kurzfristig			
Amortisierungs-dauer:	**Investitionskosten:**	**CO_2-Einsparpotenzial:**	**Primärenergie-Einsparung:**
6,4 Jahre	6.500 €	1,5 t/a	6 MWh/a

Abbildung 5-6: PV-Anlage auf dem Dach der Pumpstation zur Druckerhöhung in Krottenhill.

Die Pumpstation zur Druckerhöhung in Krottenhill (Flnr. 1076/1) bietet auf ihren Dachflächen ebenfalls Potenzial zur Erzeugung von Solarstom. Mit einer 3,3 kWp-Anlage könnten hier die Dachflächen optimal genutzt und jährlich 3.300 kWh erzeugt werden, welche den Strombedarf der Pumpstation übers Jahr zu 28 % decken könnte. Dadurch kann eine Einsparung von 1,5 t CO_2 erreicht werden. Amortisieren würde sich die Anlage bereits in weniger als 7 Jahren.

5.1.6 PV-Anlage Wasserpumpe Krottenhill

Kurzfristig			
Amortisierungs-dauer:	**Investitionskosten:**	**CO_2-Einsparpotenzial:**	**Primärenergie-Einsparung:**
4,9 / 7,4 Jahre	3.300 / 6.500 €	0,9 / 1,6 t/a	4,7 MWh/a

Die Wasserpumpe in Krottenhill verbraucht etwa 6.500 kWh im Jahr. Auf ihrem Dach besteht die Möglichkeit, nur die südöstlich ausgerichtete Dachfläche mit einer 1,6 kWp-Anlage zu bestücken oder beide Seiten mit insgesamt 3,3 kWp. Mithilfe der kleineren Anlage könnten jährlich ca. 2.100 kWh erzeugt und gleichzeitig gut 25 % des Jahresverbrauchs der Pumpe gedeckt werden. Die Anlage würde sich bei Investitionskosten von 3.300 € nach weniger als 5 Jahren amortisieren und jährlich etwa 0,9 Tonnen CO_2 einsparen.

Abbildung 5-7: PV-Anlage auf dem Süddach der Wasserpumpe in Krottenhill.

Abbildung 5-8: PV-Anlage auf beiden Dachflächen der Wasserpumpe in Krottenhill.

Die größere Variante kann bei 3.30 kWh Erzeugung pro Jahr einen Eigenverbrauchsanteil von 63 % erreichen und somit etwa 32 % des benötigten Stroms der Pumpanlage bereitstellen. Die Investitionskosten betragen etwa 6.500 € und die Amortisationszeit liegt bei gut 7 Jahren. Mit dieser Anlage können jährlich 1,6 Tonnen CO2 eingespart werden.

5.1.7 Einführung kommunales Energiemanagements (KEM)

Die Gemeinde Ingenried besitzt einige 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 bis zu 70 % (bmwk, 2022).

5.2 Schwerpunktprojekte Bestandsgebäude

Für die energetische Untersuchung der nachfolgenden Gebäude wurden ausführliche Energieberichte erstellt. Darin sind die Berechnungen zur Gebäudehülle und den möglichen Sanierungsvarianten enthalten. Um den Energienutzungsplan nicht zu ausführlich zu gestalten werden diese Dokumente als Anhänge der Gemeinde übermittelt.

5.2.1 Sanierungsempfehlungen Gemeindehaus

Das jetzige Gemeindehaus Ingenried wurde bis 1977 als Schulhaus genutzt, seit dem Jahr 1984 ist dort die Gemeindeverwaltung untergebracht. In den Jahren 2002/2003 wurde das Gebäude komplett saniert, d.h. die Fenster erneuert, die Fassade wurde mit einem Wärmedämmverbundsystem mit 15 cm ausgestattet, sowie ein neuer Dachstuhl inkl. zeitgemäßer Dämmung aufgestellt. Auf die Energieversorgung durch einen externen Wärmelieferanten wurde im Jahr 2015 umgestellt.

Jährlich werden nahezu gleichbleibend ca. 21.000 kWh regenerative Wärme über das Wärmenetz bezogen, eine zentrale Warmwasserbereitung besteht im Hause nicht. Das EG ist nicht unterkellert, sodass die Büroräume von unten her relativ schnell auskühlen und der Heizbetrieb bis auf wenige Wochen mit sommerlicher Witterung durchläuft.

Abbildung 5-9 Südansicht des Gemeindehaus Ingenried

Die Wärmeübergabe erfolgt in der Kindertagesstätte, von dort aus werden Heizungsleitungen in den Abstellraum des Rathauses geführt. Ein Heizkreis versorgt das Dachgeschoß, der andere EG und OG. Die Heizköper sind mit voreinstellbaren Ventilen ausgestattet. Die Voreinstellung zur hydraulischen Einregulierung befanden sich bei stichprobenartiger Überprüfung alle auf Werkseinstellung. Daraus ist zu schließen, dass kein hydraulischer Abgleich vorgenommen wurde.

Der tatsächliche Wärmebedarf ist mit ca. 21.000 kWh pro Jahr sehr niedrig. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche von 340 m² ergibt sich ein Wert von 64 kWh/(m²*a).

Würde man aus den bestehenden Baumaterialien für die Hüllflächen die bedarfsabhängige Wärme ermitteln, so ergeben sich aufgrund der Bausubstanz folgende U-Werte:

Tabelle 5-1: Durchschnittliche U-Werte und Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle.

Bauteilkategorie	durchschn. U-Wert [W/m²K]	Fläche [m²]	Transmission [kWh/a]
obere Abgrenzung	0,32	201,1	7.015
seitliche Abgrenzung	0,22	445,7	11.975
untere Abgrenzung	1,19	169,3	18.239
Fenster/Tür	1,50	55,0	7.354
Wärmebrücken	0,100	871,1	7.280

Allein der Wärmeübergang führt rechnerisch zu einer Transmission von über 50.000 kWh/a. Der rechnerische Nachweis über die bedarfsabhängige Ermittlung ergäbe also in Summe folgendes Bild:

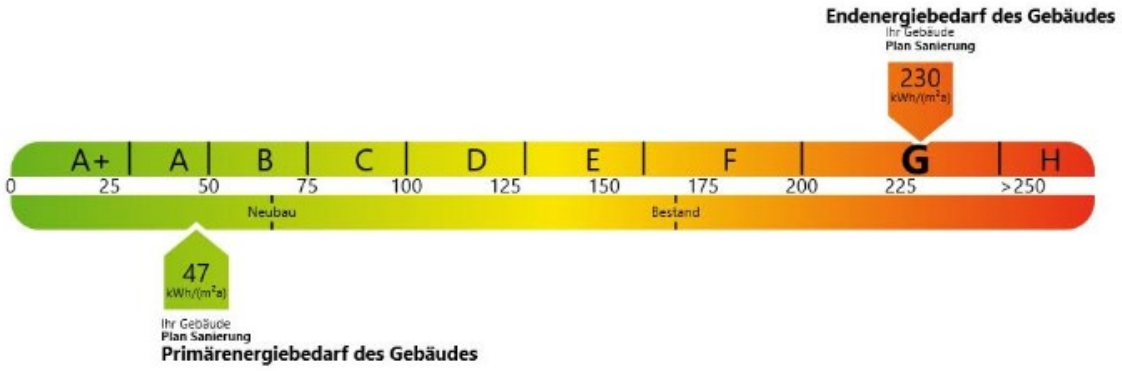


Abbildung 5-10: Jahresprimär- und Endenergiebedarf Gemeindehaus. Einordnung des gem. GEG 2023

Daraus resultierende Maßnahmenempfehlungen würden aufgrund der großen Differenzen zwischen den Berechnungsmethoden zu wirtschaftlich unbefriedigenden Ergebnissen führen.

Die Netzlast stellt sich in der Simulation als Jahresdauerlinie wie folgt dar:

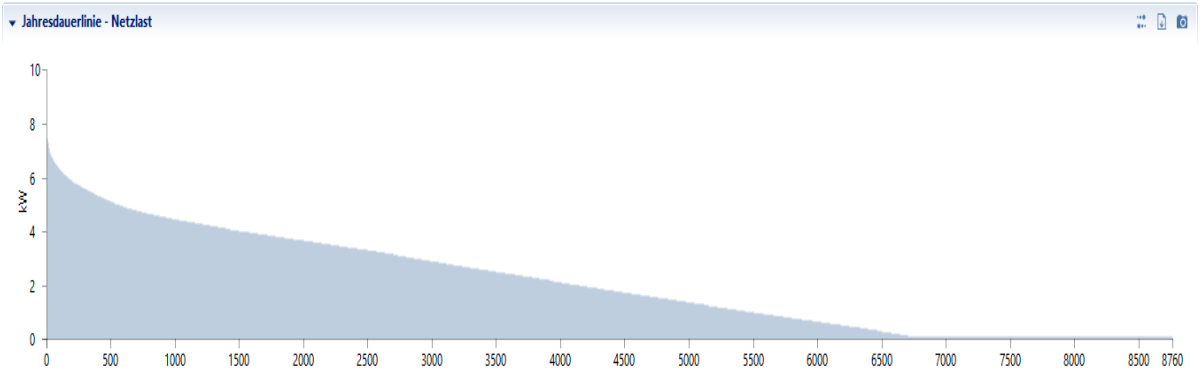


Abbildung 5-11: Jahresdauerlinie der Netzlast Gemeindehaus

5.2.1.1 Gering Investive Maßnahmen

Als gering investive Maßnahmen können folgende Optimierungen empfohlen werden:

Hydraulischer Abgleich

Die bestehenden Heizkörperventile könnten auf die Heizlast des Raumes bzw. die jeweils installierten Heizkörper eingestellt werden. Damit lassen sich geringe Einsparungen beim Betrieb der Heizkreispumpen erzielen. Der größte Mehrwert bestünde wahrscheinlich darin, dass die Büroräume im EG schneller beheizt werden und damit dort ein angenehmeres Raumklima geschaffen werden könnte. In diesem Zuge können die herkömmlichen Thermostatköpfe durch Modelle mit Wochenzeitschaltuhr ersetzt werden. Damit können alle Räume nach Bedarf geregelt werden, die Büroräume würden durch eine längere Aufheizphase vor deren Nutzung auf die erforderliche Raumtemperatur gebracht werden.

Erneuerung der Haustüre

Die bestehende Haustüre verfügt über keinerlei Dichtung und schließt nicht an allen Flächen bündig. Ein Austausch der Haustüre würde zu energetischen Verbesserungen führen. In der Regel wird eine solche Maßnahme durchgeführt, wenn weitere Anliegen wie z.B. eine neue Schließanlage oder die Barrierefreiheit mit erledigt werden können.

Leuchtmittel

Zum Teil sind im Treppenhaus, sowie den Büro- und Übungsräumen noch Leuchtstoffröhren und Halogen-Lampen im Einsatz. Vor allem letztere sollten kurzfristig ersetzt werden.

Boden gegen Erdreich

Bei der Sanierung des Gebäudes wurde anscheinend im Erdgeschoß keine Dämmung gegen Erdreich eingebaut. Rechnerisch führt dies zu einem relativ schlechten U-Wert von ca.

1,2 W/m²*K, in der Praxis strahlen die Böden ganzjähre Kälte ab und bewirken ein kühles Raumklima. Eine Dämmung in diesem Bereich der Bodenplatte ist sehr aufwendig und steht in keiner Relation zu den erwartenden Energieeinsparungen.

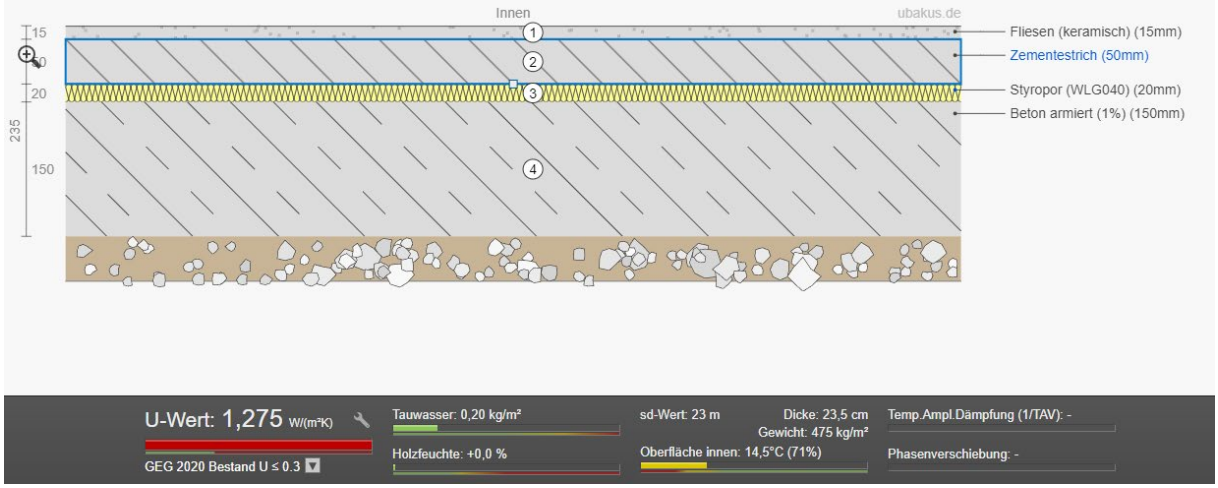


Abbildung 5-12: Bauteilaufbau Boden Erdgeschoß und daraus resultierender U-Wert.

Sofern zukünftig ein neuer Bodenbelag in den Räumen verlegt werden soll, könnte unter Berücksichtigung der maximalen Aufbauhöhe zwischen Bodenplatte und neuem Bodenbelag eine Dämmschicht eingebracht werden. Damit wird der Wärmeverlust gegen das Erdreich erheblich verringert.

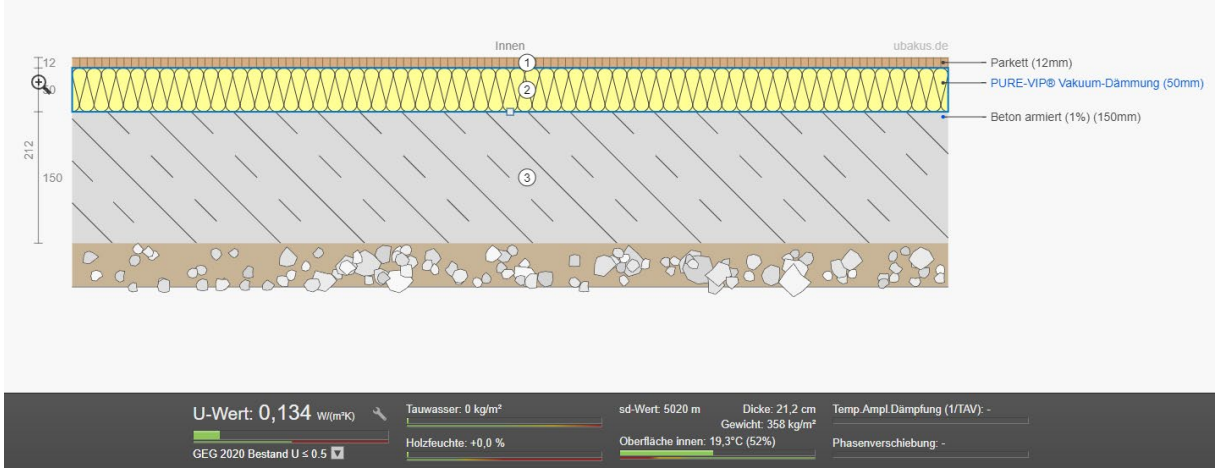


Abbildung 5-13: Bauteilaufbau Boden Erdgeschoß mit Dämmung und daraus resultierender U-Wert.

Möglich, aber sehr aufwendig wäre auch die Installation einer Fußbodenheizung im Trockenbau-Verfahren.

5.2.1.2 Investive Maßnahmen

PV-Anlage

Der Strombedarf des Gemeindehauses liegt mit ca. 2.000 kWh pro Jahr sehr niedrig. Um lediglich diesen Bedarf durch PV-Strom anteilig zu decken, könnte die Installation einer steckerfertigen PV-Anlage (=Balkonkraftwerk) empfohlen werden.

Mit steigender Anzahl an E-Fahrzeugen erhöht sich allerdings auch der Strombedarf. Die Installation einer PV-Anlage sollte also vorwiegend dann in Erwägung gezogen werden, sofern Fahrzeuge zur Ladung zur Verfügung stehen. Bei Nutzung eines E-Fahrzeugs mit einer Jahresfahrleistung von 15.000 km ergibt sich in der Simulation ein solarer Deckungsanteil von 75,8 %. Die Anlage könnte pro Jahr etwa 22.540 kWh erzeugen und würde so knapp 10,5 t CO_2/Jahr vermeiden. Die wesentlichen Kennzahlen sind in Tabelle 5-2 zusammengefasst. Eine ausführliche Projektbeschreibung befindet sich in im digitalen Anhang.

Abbildung 5-14: Übersichtsbild 3D-Planung Gemeindehaus Ingenried

Tabelle 5-2 Kennzahlen der PV-Simulation Gemeindehaus Ingenried

Inst. Leistung	PV-Generator-energie	Eigen Verbrauch // Ladung E-Auto	Solare Deckung	CO2-Einsparung	Investitions kosten*	Amortisations-dauer*	Strom gestehungs-kosten * // Fahrtkosten PV
21 kW_p	22.500 kWh/a	910 kWh/a // 3.100 kWh/a	75,8 %	10.570 kg/a	20.650 €	13,5 Jahre	0,10 €/kWh // 2,5 €/100km

Vorgeschlagen wird lediglich die Belegung der östlichen Dachhälfte. Die Gemeindekanzlei ist vorwiegend vormittags besetzt, sodass hier der höhere Strombedarf besteht. Eventuell kann die Anlage etwas kleiner gewählt werden, um die Verschattung durch den hohen Baumbestand südlich des Gebäudes zu verringern. Dringend erforderlich ist die Berücksichtigung des Schneefangs auf dem Ost Dach. Dort befindet sich ein Durchgangsbereich des Kindergartens. In Abbildung 5-15 ist die simulierte Deckung des Gesamtverbrauchs durch die PV-Anlage dargestellt.

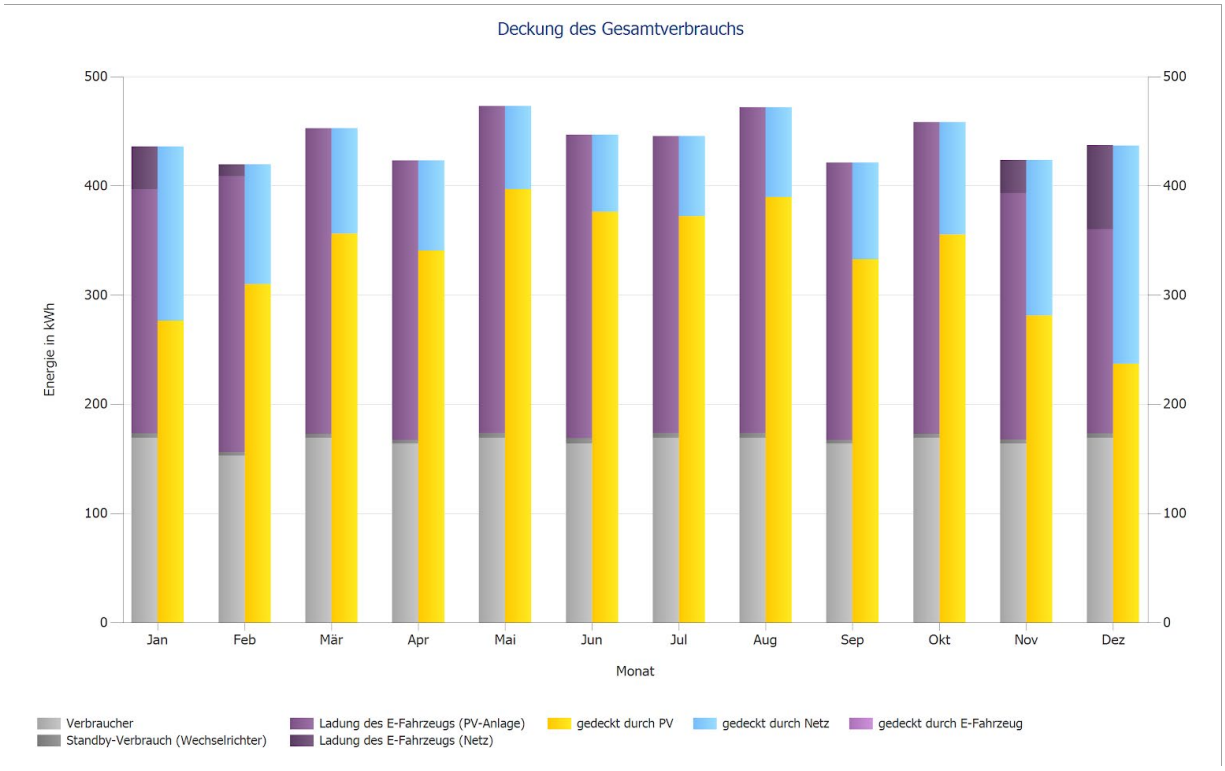


Abbildung 5-15: Simulierte Deckung des Gesamtverbrauchs der PV-Anlage auf dem Ostdach des Gemeindehauses

5.2.1.3 Fördermittel

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse nicht berücksichtigt ist das neue Förderprogramm 442 der KfW-Bank. Gefördert werden dort nur PV-Anlagen inkl. Batteriespeicher und Wallbox an Wohngebäuden. Gewerbebetriebe und kommunale Gebäude sind von dieser Förderung ausgeschlossen.

5.2.2 Absenkung des Sommer/Winter Umschaltpunktes

Die witterungsgeführten Regelungen der kommunalen Liegenschaften waren zum Zeitpunkt des Ortstermins alle auf Heizbetrieb eingestellt. Trotz einer Außentemperatur von über 18 °C wird Heizenergie geliefert.

Abbildung 5-16 Einstellpanel für die Heizungsregelung

Die meisten Regelung verfügen über eine Einstellung, mit der die Heizkreispumpen automatisch abgestellt werden können, sofern die Außentemperatur einen gewissen Wert überschreitet. Die Einstellung dieses Werts richtet sich nach der energetischen Qualität des Gebäudes sowie dessen Nutzung. Die Räume der Gemeindeverwaltung liegen z.B. im Erdgeschoss ohne nennenswerte Dämmung gegenüber dem Erdreich. Sitzende Tätigkeiten erfordern höhere Raumtemperaturen. Daher müssen diese Räume auch bei guter Witterung beheizt werden.

Der Kindergarten ist in einem wesentlich besseren energetischen Zustand, sodass hier der Heizbetrieb auch bei einer Außentemperatur von 16 °C schon eingestellt werden könnte. Ebenso kann dies in der Mehrzweckhalle und bei der Freiwilligen Feuerwehr niedriger eingestellt werden. Als Energieträger sind zwar 100 % Hackschnitzel im Einsatz, jedoch sollte auch dieser regenerative Energieträger sparsam verwendet werden.

5.2.3 Hydraulischer Abgleich Kindergarten

Im Kindergarten funktioniert ein Teil der Fußbodenheizung nur unzureichend. Die Ursache dafür liegt darin, dass im Verteilerkasten zwar Stellmotoren zur Raumregelung vorhanden sind, eine Durchflussmessung jedoch nicht möglich ist.

Abbildung 5-17 Verteilerkasten Kindergarten Ingenried

Abbildung 5-18 Drosselventile mit Durchflussschwankungserkennung (Fa. Rehau)

In der Regel werden diese im Verteilerkasten mit eingebaut, sodass sichtbar wird, ob die verschiedenen Fußbodenkreise ausreichend durchströmt werden. Ggf. kann über die Drosselventile nachgeregelt werden.

Mittlerweile sind Modelle verfügbar, die Schwankungen im Durchfluss selbständig erkennen und dementsprechend ausgleichen.

Weiter ist auffällig, dass alle Heizkreispumpen mit einer sehr hohen Drehzahl laufen. Dies führt zu erhöhten Stromverbräuchen. Zu erkennen ist beim Ortstermin am 14.Juni 2023, dass aufgrund von ausreichender Raumtemperatur keinerlei Wärmeabnahme stattfindet:

Abbildung 5-19 Vor- und Rücklauftemperaturen der Fußbodenheizung im Kindergarten Ingenried

5.2.4 Sanierungsempfehlungen Feuerwehrgebäude

Der Gebäudebestand einer ehemaligen Gärtnerei wurde im Jahr 2014 zum Feuerwehrgerätehaus umgebaut. Die Wärmeversorgung wird seit diesem Zeitpunkt durch die Lieferung regenerativer Wärme von der Heizungsbaufirma Keller sichergestellt.

Abbildung 5-20 Außenansicht Feuerwehrgebäude

In den letzten Jahren betrugen bei einem mittleren Energieverbrauch von ca. 34.700 kWh pro Jahr die Kosten knapp 5.000 € pro Jahr. Demgegenüber wurde ein Energiebedarf von 37.025 kWh/a berechnet.

Während der Endenergieverbrauch durch die tatsächlichen Verbrauchswerte bestimmt wird, wird der Endenergiebedarf auf der Grundlage spezifizierter Angaben zum Gebäude rechnerisch ermittelt. Daraus ergibt sich ein Faktor von 0,94 für die Verbrauchsanpassung.

Würde man aus den bestehenden Baumaterialien für die Hüllflächen die bedarfsabhängige Wärme ermitteln, so ergeben sich aufgrund der Bausubstanz folgende U-Werte:

Tabelle 5-3 Durchschnittliche U-Werte und Transmissionswärmeverluste Gebäudehülle FFW.

Bauteilkategorie	durchschn. U-Wert [W/m²K]	Fläche [m²]	Transmission [kWh/a]
obere Abgrenzung	0,24	492,9	13.663
seitliche Abgrenzung	0,26	501,9	14.930
untere Abgrenzung	0,15	524,4	10.724
Fenster/Tür	1,51	81,2	10.708
Wärmebrücken	0,100	1.600,3	13.134

Aus Tabelle 5-3 geht deutlich hervor, dass zur energetischen Optimierung bei der Gebäudehülle kein Sanierungsbedarf besteht.

Die Netzlast stellt sich in der Simulation als Jahresdauerlinie wie folgt dar:

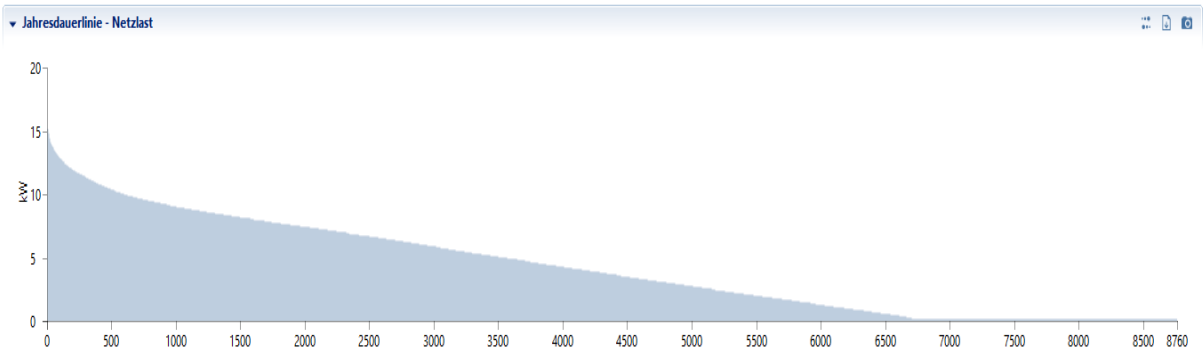


Abbildung 5-21 Jahresdauerlinie Netzlast FFW.

Der Warmwasserbedarf ist relativ gering und wird über den integrierten Wärmetauscher im Pufferspeicher sichergestellt.

5.2.4.1 Gering investive Maßnahme

Optimierung der Heizungsregelung

Beim Ortstermin am 14.Juni 2023 waren bei Außentemperaturen von über 20 °C die Heizkreise in Betrieb. Die Räume werden lediglich zur Schulung und zu Versammlungen verwendet, daher kann der Heizbetrieb im Sommerhalbjahr weitgehend entfallen. Dadurch können die Kosten für die Wärmelieferung wesentlich reduziert werden. Der Pufferspeicher muss ganzjährig beheizt werden, um die Warmwasserbereitung sicherzustellen.

5.2.4.2 Investive Maßnahme

PV-Anlage

Der Strombedarf des Feuerwehrhauses liegt mit ca. 5.000 kWh pro Jahr sehr niedrig. Die Versammlungen und Schulungen finden vorwiegend in den Abendstunden statt, sodass eine direkte Nutzung von PV-Strom nur eingeschränkt möglich wäre.

Von Seiten der EU gibt es im Rahmen der europäischen Erneuerbaren-Richtlinie REDII Vorgaben zur Nutzung von gemeinschaftlich erzeugtem Strom. Eine Umsetzung dieser Richtlinie ist noch in dieser Legislaturperiode der Bundesregierung zu erwarten. Nur dann ist die Installation einer größeren PV-Anlage auf dem Dach des Feuerwehrgerätehauses sinnvoll. Diese Investitionen müssen dann nicht zwingend vom Gebäudeeigentümer, sondern können von Stromkunden aus der näheren Umgebung des Gebäudes getätigt werden. Die Weiterleitung des so erzeugten Stroms wird derzeit noch mit allen Umlagen und Steuern beaufschlagt. Dies wird mit der REDII – Richtlinie geändert (vgl. Kapitel 5.2.3).

Abbildung 5-22 PV-Anlage FFW Ingenried: Größere Variante mit E-Ladesäule (18,5 kWp) und kleinere Variante (6 kWp).

Das nach Südwesten gerichtete Dach eignet sich für die Installation einer PV-Anlage. Mit einer PV-Dachanlage von 18,5 kW Spitzenleistung könnten ca. 21.300 kWh Jahresertrag erzielt werden. Zudem kann der erzeugte Strom an einer Ladesäule für E-Fahrzeuge bereitgestellt werden (vgl. Kapitel 5.2.2). Die Simulation der Anlage errechnet beim jetzigen Strombedarf in Zusammenspiel mit einem E-Fahrzeug eine Amortisationszeit von gut 10 Jahren. 20 % des Stromertrags werden selbst verbraucht, der Rest ins Netz eingespeiste Strom trägt durch eine EEG-Vergütung zur Finanzierung der Anlage bei.

Tabelle 5-4 Kennzahlen der PV-Simulation FFW Ingenried

Inst. Leistung	PV-Generator-energie	Eigen Verbrauch // Ladung E-Auto	Solare Deckung	CO2-Einsparung	Investitions kosten*	Amortisations-dauer*	Strom gestehungs-kosten * // Fahrtkosten PV
18,5 kW_p	21.300 kWh/a	2.380 kWh/a // 1.941 kWh/a	54,8 %	10.010 kg/a	31.365 €	10,4 Jahre	0,078 €/kWh // 3,4 €/100km

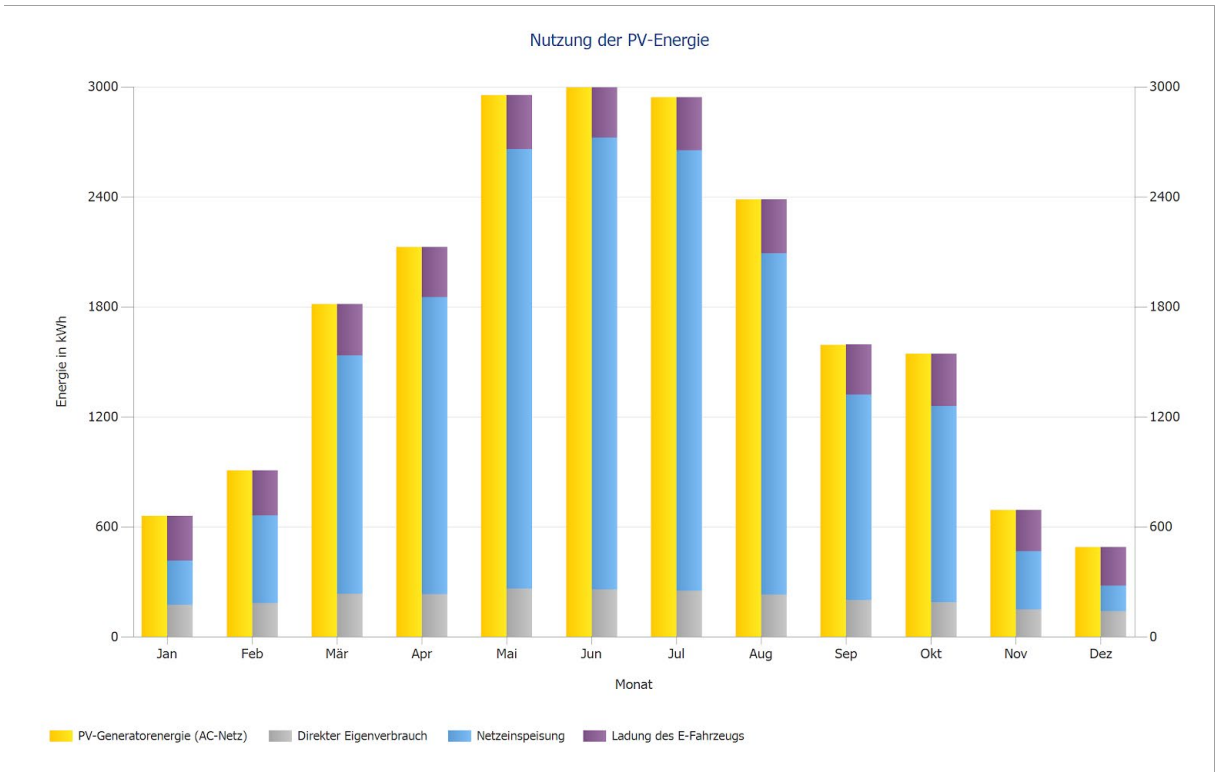


Abbildung 5-23 Nutzung der erzeugten PV-Energie im Jahresverlauf

Aktuell ergibt sich ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage nur in Kombination mit Ladung eines E-Fahrzeugs. Um die ehrenamtliche Mannschaft der freiwilligen Feuerwehr zu stärken, wäre es möglich, den aktiven Mitgliedern Zugang zu einer Wallbox zu gewähren. Der so erzeugte Strom könnte unentgeltlich an deren Fahrzeuge abgegeben werden. Eine Abrechnung des PV-Strom würde erheblichen bürokratischen Aufwand bedeuten.

Für eine Anlage ohne E-Fahrzeuge könnte eine kleinere Auslegung mit etwa 6 kWp gewählt werden. Die Anlage würde dann pro Jahr etwa 7.000 kWh elektrische Sonnenergie liefern.

5.1 Schwerpunktprojekt Kläranlage

5.1.1 Energetische Ausgangssituation

Bis auf wenige Weiler werden die Abwässer der Gemeinde Ingenried in der zentralen Anlage nordwestlich von Erbenschwang gereinigt und entsorgt (Abbildung 5-24). Der Ortsteil Huttenried bereitet seine Abwässer in Kleinkläranlagen auf, die Gebäude „am Bahnhof“ entsorgen über die Kläranlage Schwabsoien.

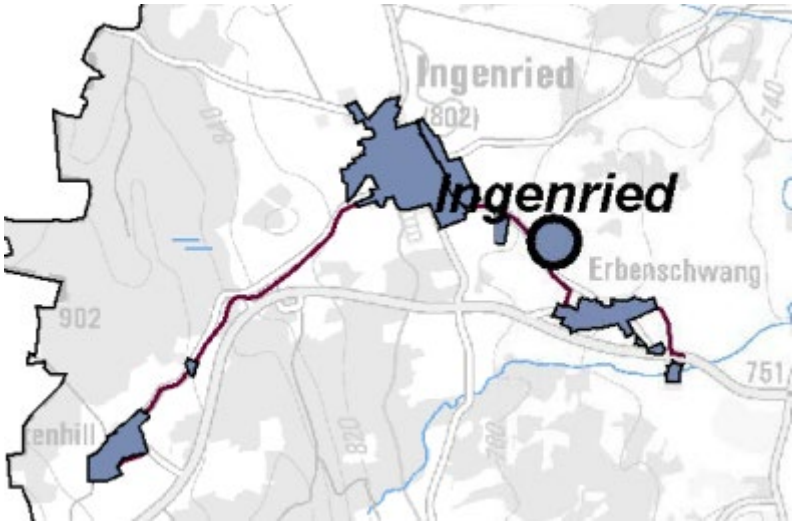


Abbildung 5-24: Ortsteile, deren Abwässer in der Kläranlage Ingenried behandelt werden.

Das Lastprofil zur Stromversorgung der Kläranlage weist keine unüblichen Lastspitzen auf. Ein durchschnittlicher Tagesverlauf stellt sich wie folgt dar:

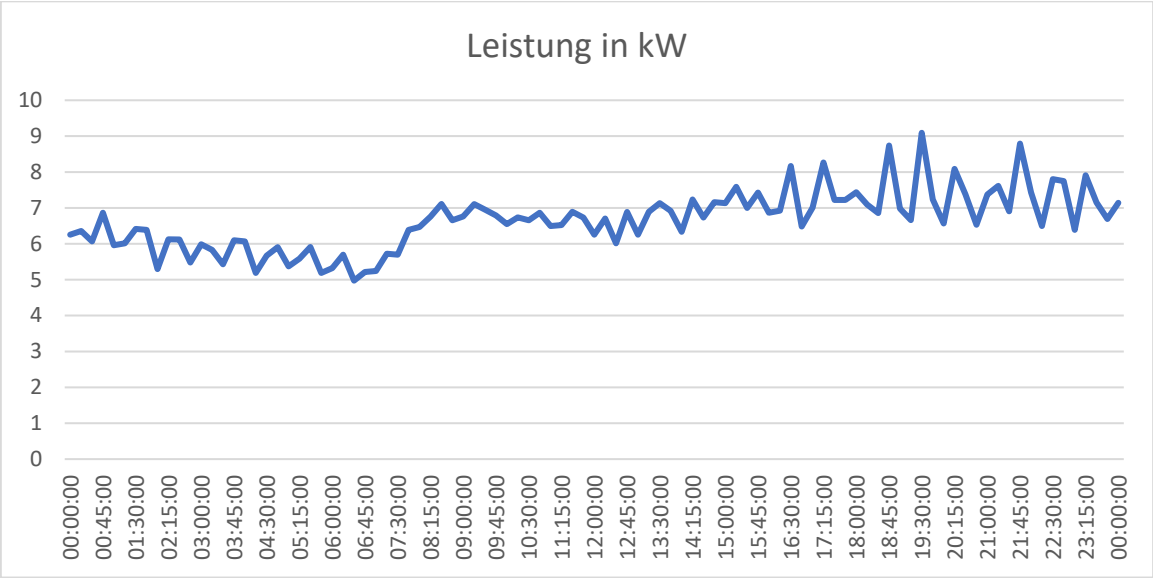


Abbildung 5-25: 15-Minuten Lastprofil Kläranlage Ingenried.

In Summe werden jährlich ca. 60.000 kWh für die Gesamtanlage verbraucht. Das Optimierungspotenzial vor allem beim Hauptverbraucher, den Kompressoren, wurde mit der im Jahr 2020 erneuerten Steuerungsanlage im Wesentlichen ausgeschöpft. Dies spiegelt sich auch in den Referenzwerten pro Einwohner wider. Im bundesweiten Mittel weist der Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) pro Einwohner einen jährlichen Verbrauch von 34 kWh pro Einwohner aus. Geht man von einer Bevölkerungszahl von ca. 1.000 in Ingenried aus, deren Abwässer in der Kläranlage behandelt werden, so liegt der Wert bei 60 kWh/a. Der DWA verweist jedoch ausdrücklich darauf, dass kleinere Kläranlage bezogen auf die Einwohnerwerte stets einen höheren Wert aufweisen. Das statistische Bundesamt veröffentlicht dazu folgende Auswertung (Statista, 2023):

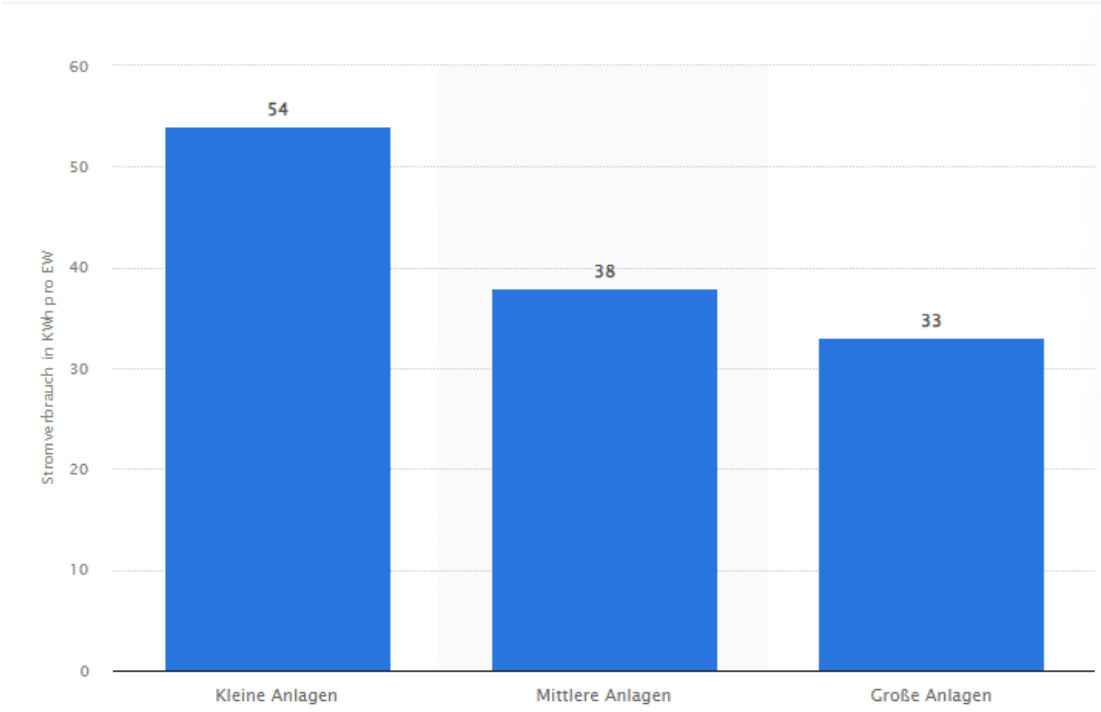


Abbildung 5-26: Durchschnittlicher Stromverbrauch von Kläranlagen nach Anlagengröße (Statista, 2023).

Bei der Untersuchung der verschiedenen Stromverbraucher an der Kläranlage konnte keinerlei Einsparpotenzial mehr ermittelt werden. Die Gemeinde Ingenried hat jedoch die Möglichkeit, mit Strom aus den bestehenden PV-Anlagen am Dach des Betriebsgebäudes den Bedarf teilweise regenerativ zu decken.

5.1.2 PV-Anlagen

Auf der Kläranlage Ingenried wurden bereits zwei PV-Anlagen installiert, die jedoch nicht der Gemeinde gehören, sondern einer externen Bürgergesellschaft. Die erste Anlage mit 19 kW wurde im Jahr 2004 installiert, fällt also nächstes Jahr aus der EEG – Vergütung. Sie liefert laut Angaben der Betreiber noch immer ca. 22.000 kWh/a. Die zweite Anlage hat ebenfalls eine Leistung von 19 kW, wurde 2008 installiert und bekommt noch weitere 5 Jahre eine hohe Vergütung über das EEG.

Eine Einspeisung des PV-Stroms aus Anlage über 20 Jahren ist weiterhin möglich. Die Vergütung richtet sich jedoch nach dem durchschnittlichen Börsenpreis des Vorjahres. Im Jahr 2020 wurde ein Wert von ca. 3,2 ct/kWh ermittelt, im Jahr darauf stieg dieser auf 7,5 ct/kWh. Das Jahr 2022 mit seinen starken Verwerfungen am Markt erzielte sogar einen Durchschnittswert von 22,3 ct/kWh.

Um die finanziellen Belastungen durch diese Dynamik einzuschränken, legte der Gesetzgeber im § 23b des EEG 2023 diesen Wert auf maximal 10 ct/kWh fest. Sowohl die Betreiber der Anlage als auch die Gemeinde Ingenried würden von der Eigenstromnutzung dieser Anlage ab dem Jahr 2025 profitieren. Der Pachtvertrag für das Dach läuft nach unserer Kenntnis länger als 20 Jahre, eine weitere Nutzung ist also auch vertraglich gesichert.

Eine Stromlieferung kann sich aufgrund des Energiewirtschaftsgesetzes als sehr schwierig erweisen, weil daran die Abführung zahlreicher Umlagen und Steuern verknüpft ist. Wie im Tageslastgang zu sehen ist, würde die 19 kW – Anlage bei optimalen Bedingungen weit mehr Strom erzeugen als verbraucht wird, eine Einspeisung würde auch bei dieser Variante erfolgen (Abbildung 5-27). Die blaue Linie in Abbildung 5-27 kennzeichnet den Verbrauch. In orange dargestellt ist die PV-Erzeugung, wodurch sich der in Grün dargestellte, direkte Eigenverbrauch ergibt. In Gelb ist die Batterieladung durch die PV-Anlage signalisiert. Zeitlich verschoben findet, in Grau markiert, die Verbrauchsdeckung durch die Batterie statt. Der Einsatz eines Batteriespeichers würde demnach einen wesentlichen wirtschaftlichen Vorteil sowohl für die Betreiber der PV-Anlage als auch für die Gemeinde bedeuten. Die Kapazität der Batterie muss u.a. nach wirtschaftlichen Aspekten erfolgen. Wählt man eine Größe von ca. 55 kWh, so kann eine maximale Speicherung bei optimalem Ertrag sichergestellt werden.

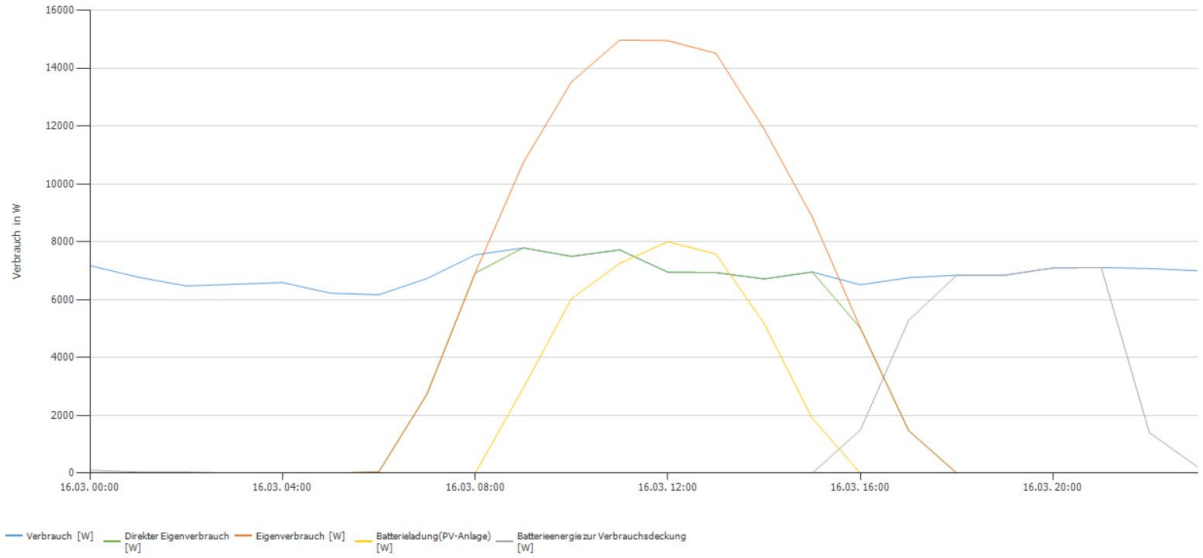


Abbildung 5-27: Tageslastgang 19 kW-Anlage.

Allerdings sind damit Investitionskosten von ca. 60.000 € erforderlich. Im Winterhalbjahr ist diese Kapazität kaum nutzbar, daher wird für die Dimensionierung eine Anlage mit ca. 22 kWh vorgeschlagen. Mithilfe dieser Batterie werden die am Dach erzeugten Strommengen zum großen Teil genutzt, es erfolgt nur eine geringe Einspeisung von ca. 12 % des PV-Stroms ins Netz (Abbildung 5-28 links). Zunächst ist nicht zu vermeiden, dass knapp 70 % des erforderlichen Stroms weiterhin aus dem öffentlichen Netz bezogen werden (Abbildung 5-28 rechts). Die Deckung des Verbrauchs im Jahresverlauf ist in Abbildung 5-29 dargestellt.

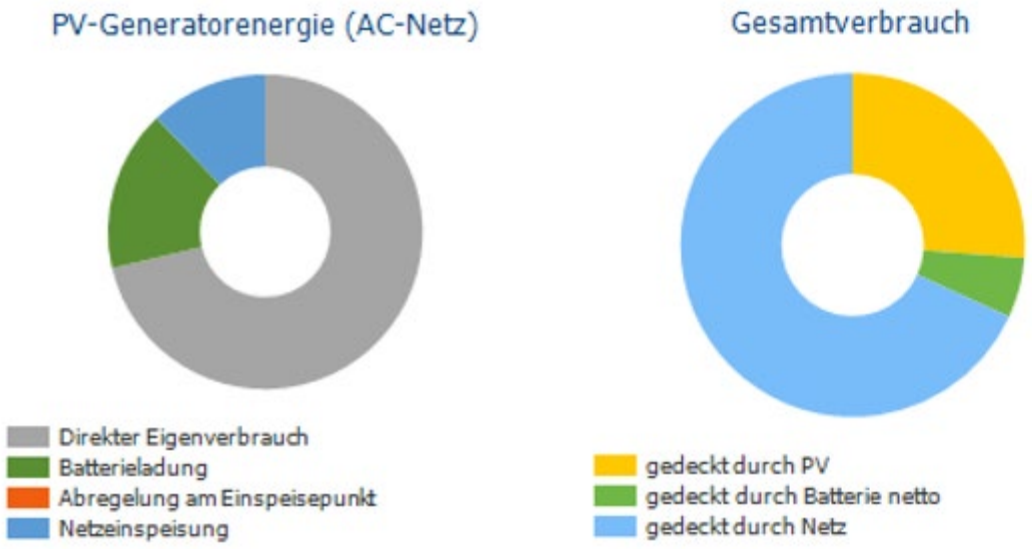


Abbildung 5-28 Nutzung der PV-Energie (links) und Deckung des Verbrauchs (rechts).

Langfristig könnte die neuere PV-Anlage ebenfalls nach dem Auslaufen der EEG – Vergütung in fünf Jahren Eigenstrom für die Kläranlage zur Verfügung stellen. Die

Wirtschaftlichkeit dieses Konzepts hängt vor allem von den zukünftigen Eigentumsverhältnissen der PV-Anlage ab. Denkbar wäre eine Ablöse der Ü20 – Anlage zum aktuellen Zeitwert. Die Gemeinde müsste dann sowohl die Ablösesumme als auch einen neuen Batteriespeicher finanzieren.

Alternativ könnte die Betreibergesellschaft zusätzlich einen Batteriespeicher organisieren und sowohl den Strom direkt aus der PV-Anlage als auch aus dem Batteriespeicher der Gemeinde zur Verfügung stellen. Wie oben beschrieben ist die Weiterleitung des Stroms an Dritte immer mit hohem bürokratischem Aufwand verbunden.

Möglich wäre ein Contracting-Modell: Dabei könnten Batteriespeicher und PV-Anlagen an die Gemeinde übergeben werden, wodurch sie der rechtliche Betreiber der Photovoltaikanlagen wird. Der direkt verbrauchte Strom zählt damit als Eigenverbrauch und kann ohne zusätzliche Umlagen genutzt werden. Die bisherigen Betreibergesellschaften könnten die technische und kaufmännische Betriebsführung übernehmen, was auch die optimale Vermarktung des Stroms beinhaltet, der nicht selbst verbraucht wird. Die Höhe des Contractings ist schließlich Verhandlungssache.

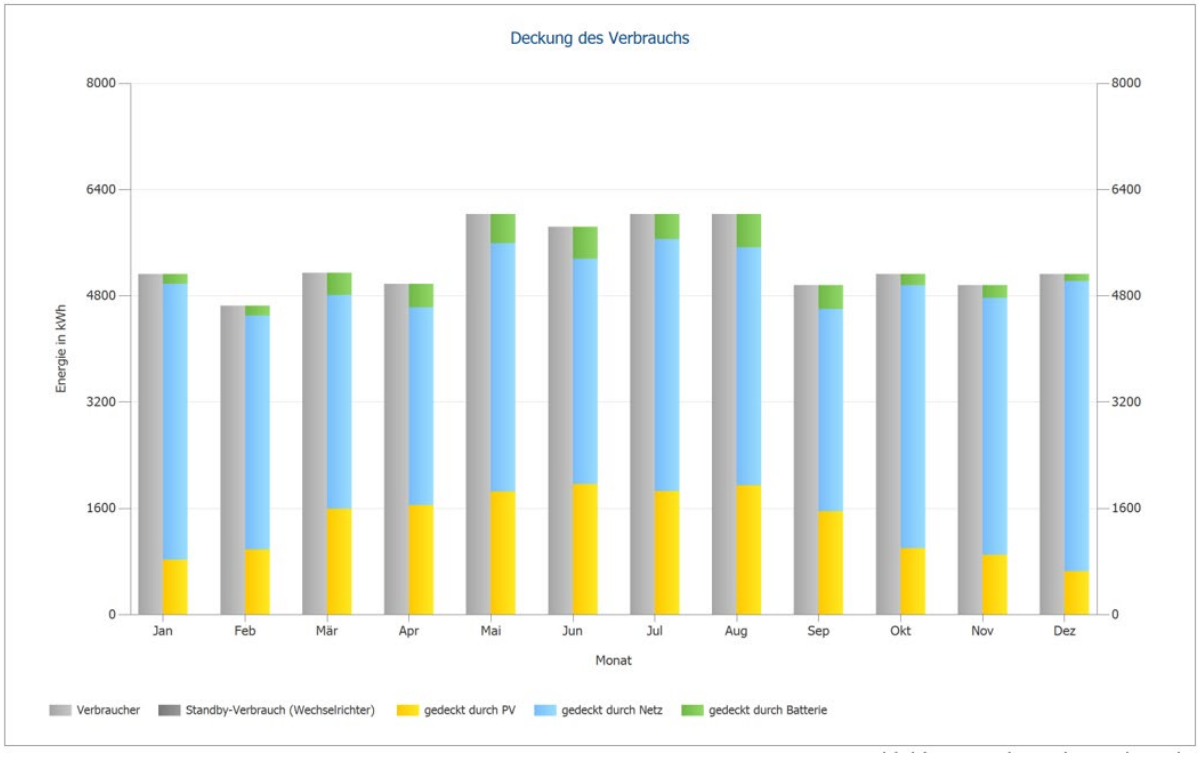


Abbildung 5-29: Deckung des Verbrauchs im Jahresverlauf.

5.2 Schwerpunktprojekt Ladeinfrastruktur

Wie in Kapitel 3.2.6 beschrieben ist eine Elektrifizierung des Straßenverkehrs und damit einhergehend ein Ausbau der Ladeinfrastruktur unerlässlich, um den Mehrbedarf an Ladestrom zu decken. Dabei kann die Kommune durch die Förderung strategisch günstiger Ladepunkte die Attraktivität von E-Fahrzeugen steigern.

5.2.1 Zukünftige Entwicklung der Ladeinfrastruktur

Laut AFID Richtlinie des europäischen Parlaments (2014) wird für die Verteilung von E-Fahrzeugen zu öffentlich zugänglichen Ladepunkten ein Verhältnis von 10:1 angenommen. Es zeichnet sich jedoch bereits ab, dass im ländlichen und suburbanen Raum aufgrund der Gebäudestruktur und höherer Verfügbarkeit privater Ladepunkte deutlich mehr E-Fahrzeuge je öffentlichem Ladepunkt zugelassen werden. Im ländlichen Raum gehen Windt und Arnhold (2020) daher von einem Verhältnis von 23:1 aus. In Ingenried wäre demnach bereits aktuell Bedarf für eine öffentlich zugängliche Ladestationen, das Ziel sollte die Errichtung von **15 öffentlich zugänglichen Ladepunkten bis 2030** sein. In den wichtigsten Szenarien der „Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf“ (Windt & Arnhold, 2020) liegt die Verteilung der öffentlich zugänglichen Ladepunkte bei etwa 60 % im Straßenraum, weitere gut 30 % an Kundenparkplätzen und jeweils etwa 3-4 % an Lade-Hubs mit hoher Ladeleistung innerorts bzw. an wichtigen Verkehrsachsen.

Für die Standortsuche wurden die in

Tabelle 5-5 dargestellten Kriterien berücksichtigt, die der DIN-Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung (*DIN SPEC 91433*, 2020) anführt.

Tabelle 5-5: Standortpotenzial erhöhende und senkende Kriterien (*DIN SPEC 91433*, 2020)

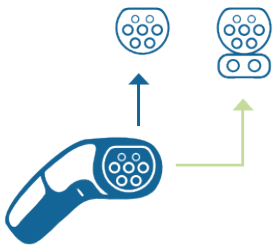
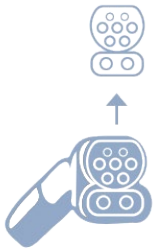
Standortpotenzial erhöhende Kriterien	Standortpotenzial senkende Kriterien
Flächenverfügbarkeit für Ladeinfrastruktur	Bodenmedien, die zu höheren Baukosten führen
Stellplatzverfügbarkeit	Lärmschutz (insbesondere bei High Power Chargern)
Ausbaumöglichkeiten	Denkmalschutz
Möglichkeiten die Ladezeiten/Verweildauer zu nutzen	Altlasten (Abrisse oder Bodenbelastungen)
Erreichbarkeit	Unterirdische Leitungen (z. B. Telekommunikation, Wasser, Gas, usw.)
Sichtbarkeit und Öffentlichkeitswirkung	Radwege

vorhandene zu nutzende Fahrzeuge	Bäume
Vorhandene ÖPNV-, Carsharing-, usw. –möglichkeiten	Sonderparkflächen
freie Netzkapazitäten	Straßenzubehör/-mobiliar
Zugänglichkeit des Stromnetzes	Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Straßenverkehrs
	vorhandene oder bereits geplante Ladeinfrastruktur

Weitere strategische Überlegung neben dem Standort ist die benötigte Ladeleistung, da sie darüber entscheidet, wie lange ein Fahrzeug einen Ladepunkt belegt. Ladepunkte mit hoher Frequentierung oder geringer Zeitverfügbarkeit seitens der Nutzer beispielsweise an Schnellstraßen oder innerörtlichen Lade-Hubs sollten daher auch höhere Ladeleistungen bereitstellen. Für Ladepunkte mit längerer Aufenthaltsdauer wie beispielsweise an Bahnhöfen für Pendler, im Parkraum für das Alltagsladen oder Nahe der Innenstadt für den Stadtbesuch, reichen geringere Ladeleistungen aus. Die EU Richtlinie 2014/94/EU (EP, 2014) definiert dabei Normal- (<22 kW) und Schnelladen (>44 kW).

In Tabelle 5-6 sind gängige Parameter beim Laden dargestellt. Die Ladung eines Referenz-Kleinwagens mit 41 kWh Batteriekapazität dauert je nach Ladeleistung zwischen 50 min und 15 h.

Tabelle 5-6: Gängige Werte für das Laden von Elektrofahrzeugen. In Klammern ist beispielhaft die Ladezeit eines Renault Zoe mit 41 kWh Batterie bei jeweiliger Ladeleistung dargestellt (DKE et al., 2021; Renault, 2022)

	AC-Laden		**DC-Laden**
Normalladen	AC, 1-phasig	3,7 kW (15 h)	
	AC	7,4 kW (7 h 20 min)	
		11 kW (3 h 20 min)	
	3-phasig	22 kW (1 h 40 min)	
Schnellladen		43,5 kW	50 kW (50 min)
Hochleistungsladen			150 kW
			350 kW
			450 kW
Steckertyp	Typ 2 Combo 2 		Combo 2 

5.2.2 Standortidentifikation Ladeinfrastruktur

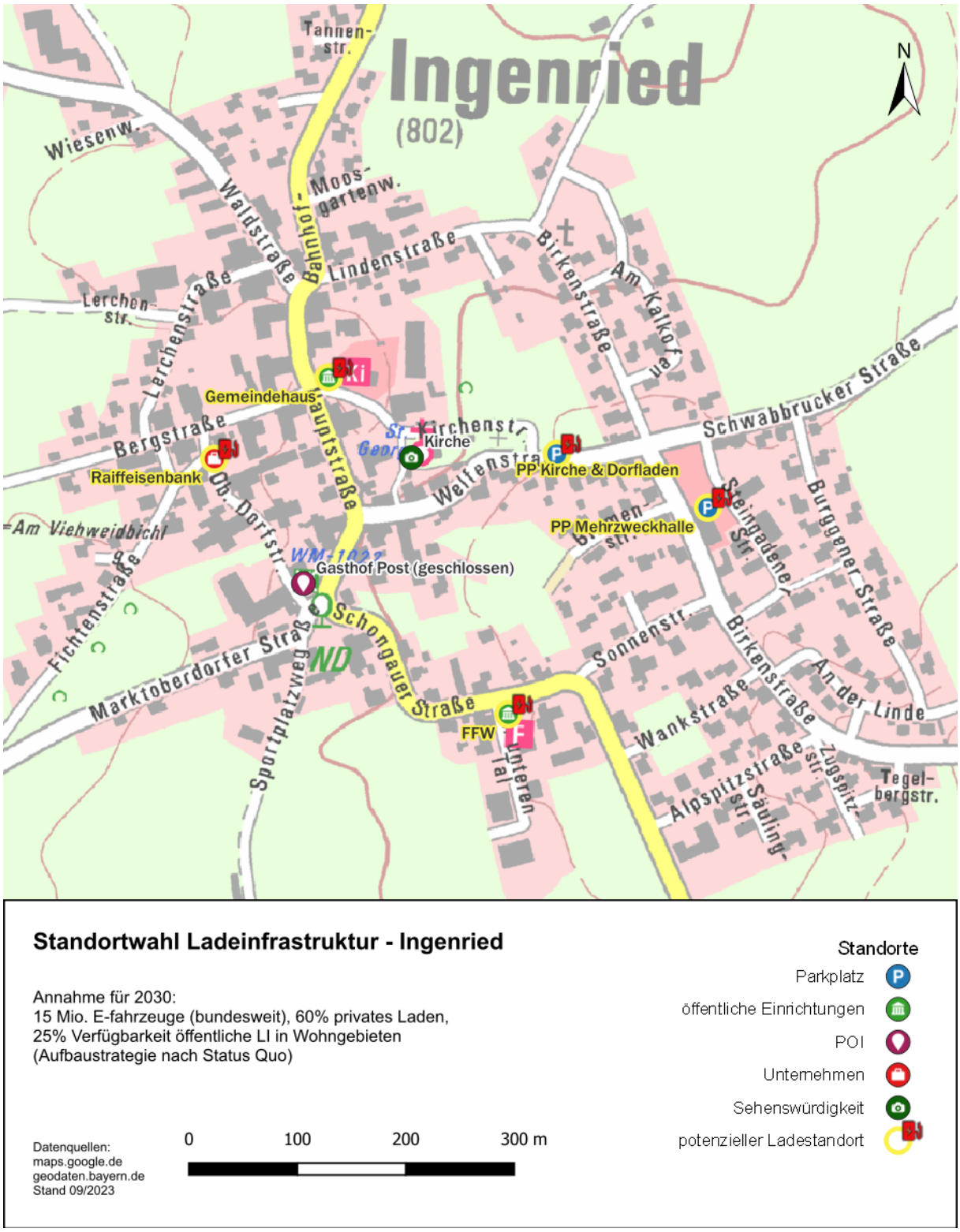


Abbildung 5-30 Identifizierung geeigneter Standorte für Ladepunkte

Aus der Analyse ergeben sich die in Abbildung 5-30 gelb hinterlegten Standorte. Eine Ladesäule am Gemeindehaus bietet sich für Mitarbeiter der Gemeinde und des angrenzenden Kindergartens an. Mit Solarstrom von einer PV-Anlage auf dem Dach des

Gemeindehauses kann hier eine gute Synergie hergestellt werden, was auch zu einer positiven Öffentlichkeitswirksamkeit beiträgt. Gleiches bietet sich auch auf den Parkflächen der freiwilligen Feuerwehr in Zusammenspiel mit Vor-Ort erzeugtem Solarstrom an. Auf dem Parkplatz der Kirche bzw. des Dorfladens und der Raiffeisenbank könnten weitere Ladepunkte installiert werden, die während des Einkaufs bzw. Aufenthalts von Kunden genutzt werden können. Um auch Personen ohne eigene Wallbox und Besuchern des Orts eine Lademöglichkeit zu bieten ist der große Kiesplatz bei der Mehrzweckhalle geeignet, um weitere Ladesäulen zu installieren. Mit der in Abschnitt 5.1.2 vorgeschlagenen PV-Anlage auf dem Dach der Mehrzweckhalle könnte ein großer Teil des Ladestroms lokal erzeugt werden.

Tabelle 5-7: Detaillierte Beschreibung möglicher Ladepunkte für Ingenried. Use-Cases nach (Windt & Arnhold, 2020, S. 9)

Name	Standort	Use-Case & Ladeleistung	Nutzer	Nutzungsdauer	Empf. Anzahl Ladepunkte	Stromerzeugung vor Ort? (geplant)
Gemeindehaus	Kirchenstr. 5	3. Arbeitgeber → Alltagsladen	Gemeinde- & Kindergartenmitarbeiter	1-8 h	2	(Ja)
PP Dorfladen	Welfenstr. 16	4. Lade-Hub innerorts → Zwischenladen → Schnellladen	Zwischenzeitliche Ladung bei längerer Strecke (Durchgangsverkehr), Erledigungen im Ort, kein privater Ladepunkt vorhanden, Kirchenbesuch	1-2 h	4	Nein
PP Mehrzweckhalle	Birkenstr. 15	7. Straßenraum → Alltagsladen 6. Kundenpp. → Zwischendurchladen	Kein priv. Ladepunkt vorhanden, Besucher der MZH	1-8 h	5	(Ja)
PP FFW	Schongauer Str. 14	6. Kundenparkplatz → Zwischendurchladen 7. Straßenraum → Alltagsladen	Besucher FFW, Kein priv. Ladepunkt vorhanden	1-8 h	2	(Ja)
Raiffeisenbank	Bergstr. 3	6. Kundenpp. → Zwischendurchladen 7. Straßenraum → Alltagsladen	Besucher & Mitarbeiter der Bank, kein priv. Ladepunkt vorhanden	1-8 h	2	Nein

Nur zwischen 5 und 7 % aller Ladepunkte werden in den Szenarien für 2030 öffentlich zugänglich sein, was deutlich macht, wie wichtig es ist, dass BesitzerInnen von Elektrofahrzeugen über die Installationsmöglichkeiten für private Ladepunkte und in diesem Zuge

auch die eigene Stromproduktion mit PV-Dachanlagen informiert werden. Dies könnte im Rahmen von Infoveranstaltungen kommuniziert werden und wird auch in Kapitel 5.3.2 angesprochen.

5.2.3 Energy Sharing

Die Europäische Union hat Energy Sharing bereits 2019 in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Art. 22) mit einer Umsetzungsfrist bis Mitte 2021 verankert. Die aktuelle Bundesregierung hat sich folgerichtig die Umsetzung von Energy Sharing in den Koalitionsvertrag geschrieben. Der regulatorische Rahmen muss jetzt geschaffen werden, damit sich Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften bilden und wirtschaftlich arbeiten können.

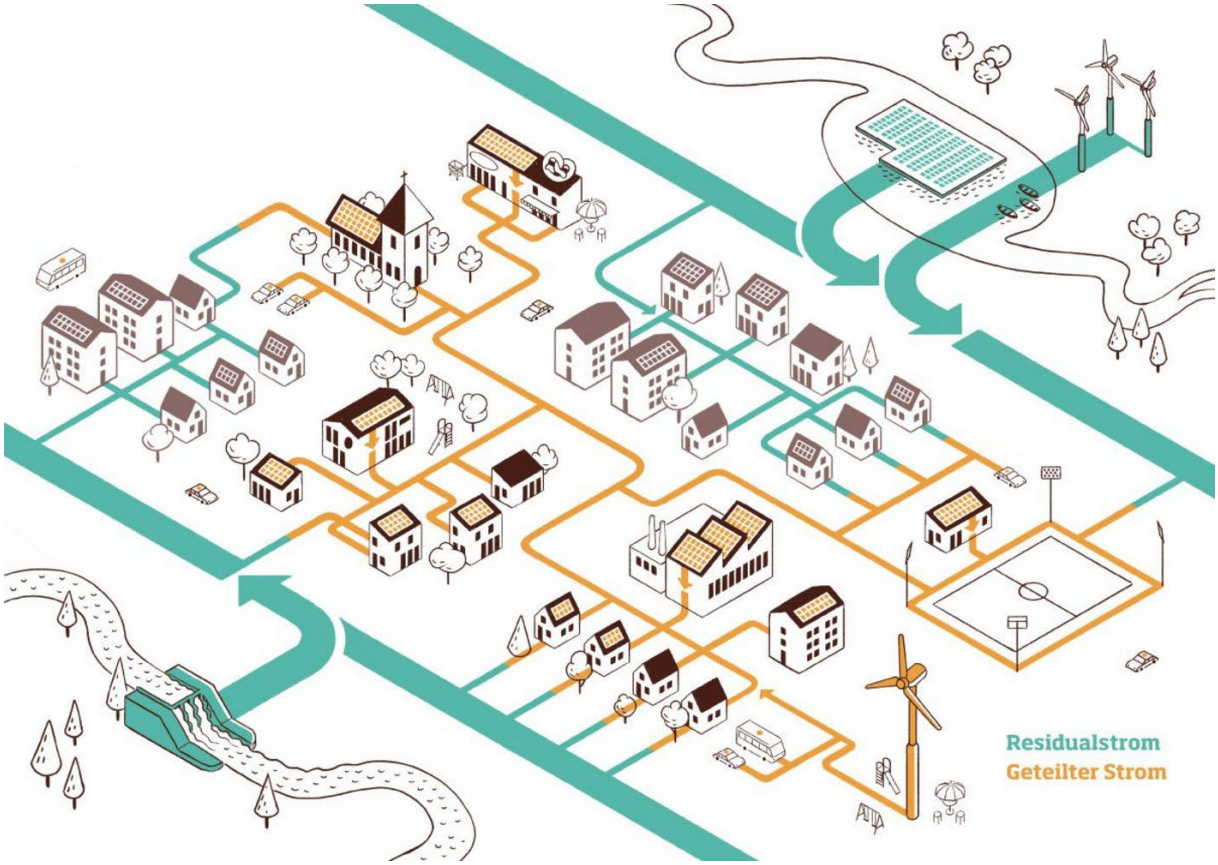


Abbildung 5-31 Schematischer Aufbau einer Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaft (BEE e.V., 2023)

Bisher müssen auf alle Strommengen, die durch das öffentliche Netz geleitet werden vom Endkunden Steuern und Umlagen entrichtet werden. Selbstverständlich sind für den Unterhalt und den Ausbau des Stromnetzes Gelder erforderlich, die von Stromkunden entrichtet werden müssen. Die Umstellung auf dezentrale Strukturen bietet den großen Vorteil, dass überregionale Stromnetze entlastet werden können und vorwiegend der Strom innerhalb der Verteilnetze genutzt wird (Abbildung 5-31). Mit zunehmenden Speicherkapazitäten werden so auch Kosten für den Netzausbau vermieden. Aktuell setzt sich der Strompreis für Endkunden wie folgt zusammen:

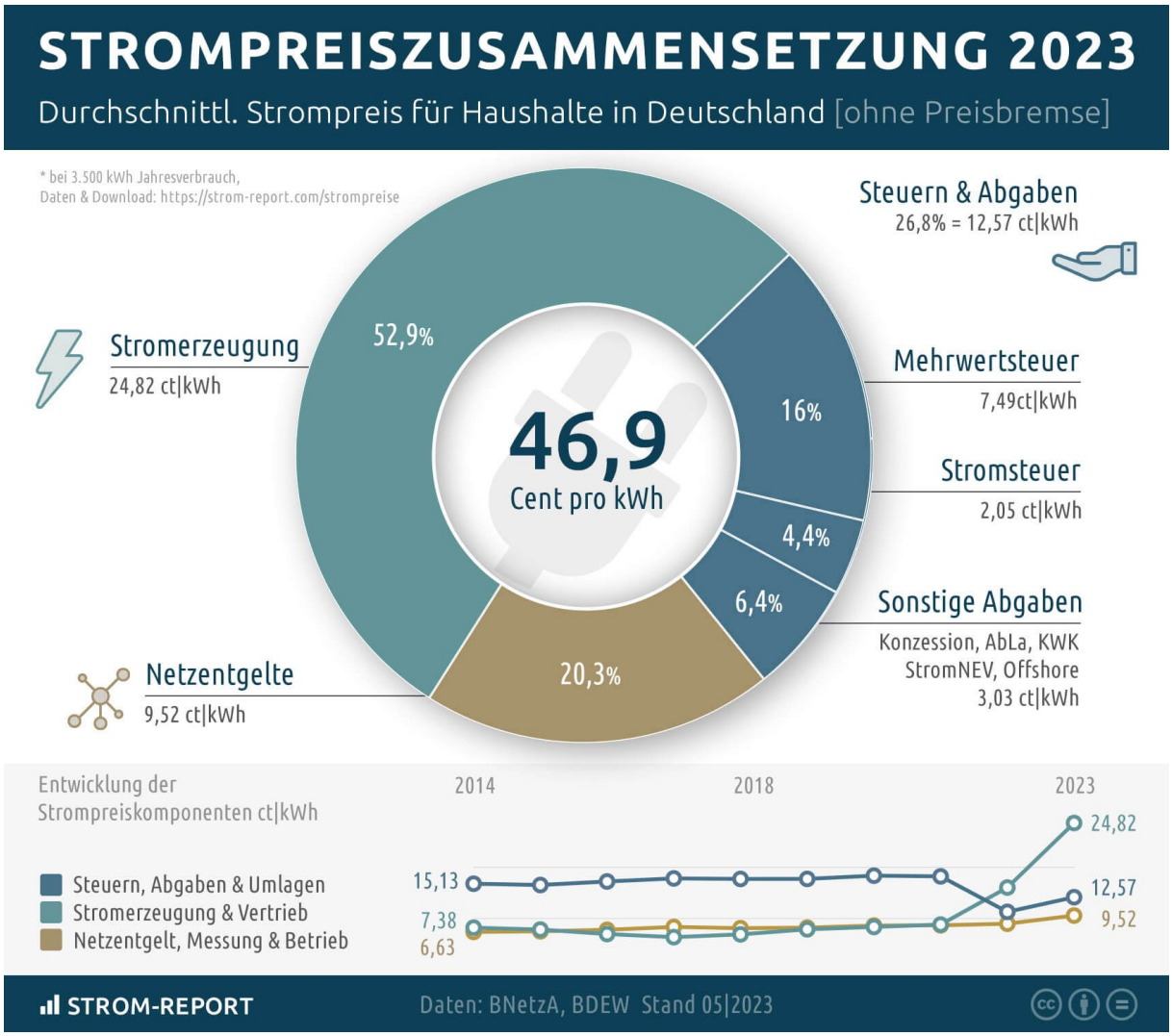


Abbildung 5-32 Strompreiszusammensetzung 2023 (strom-report.com, 2023)

Die zukünftige Gestaltung dieser Umlagen auf den sog. geteilten Strom wird im Rahmen dieser REDII -Richtlinie erstellt. Die verbrauchsnahe Energieerzeugung wirkt entlastend auf die Stromnetze insbesondere, wenn ein Anreiz für eine Lastverschiebung geschaffen wird. Der regenerativ erzeugte Strom soll vor allem zu den Zeiten verbraucht wird, wenn die Erneuerbare-Energie-Anlagen ihn erzeugen.

Unterstützend wirkt dabei die Einführung sog. dynamischer Strompreise. Ab dem Jahr 2025 sind alle Stromanbieter verpflichtet, diese Modelle anzubieten. Dabei orientiert sich der Strompreis je Kilowattstunde an den jeweils zum Verbrauchszeitpunkt an den Beschaffungsmärkten relevanten Beschaffungspreisen für Strom. Diese Preise können gerade kurzfristig sehr stark vom langfristigen Durchschnitt abweichen.

Gerade mit den bestehenden Windkraftanlagen und der Holzgas-Anlage bei Fa. Keller besteht die Chance, dass auch im Winter umfangreich erneuerbarer Strom zu relativ günstigen Konditionen für die TeilnehmerInnen am Regionalstrom-Modell zur Verfügung steht.

Zudem können Betreiber der Anlagen z.T. höhere Erträge erzielen als mit dem EEG möglich sind.

Potenzielle Standorte für Ladestationen sollten zukünftig für den bidirektionalen Betrieb ausgestattet werden. Kurzfristige Lastspitzen könnten dann aus den Batterien von angeschlossenen E-Fahrzeugen entnommen werden. Im Vergleich zu stationären Hausspeichern verfügen diese über wesentlich mehr Kapazität und können so einen wesentlichen Beitrag zur regionalen Stromversorgung leisten. Mit Einbindung der PV-Anlagen auf dem Gelände der EVA Entsorgungs-GmbH sowie den neu geplanten PV-Freiflächen ergeben sich hieraus hohe Synergie-Effekte.

Vergütungsmodelle für den bidirektionalen Ladebetrieb werden derzeit noch nicht angeboten. Vorwiegend liegt dies an den fehlenden Rechtsgrundlagen im Energiewirtschaftsgesetz. Die Option der marktgestützten Beschaffung von Flexibilitätsdienstleistungen müsste durch die Bundesnetzagentur gestärkt werden. Sie kann dabei Spezifikationen für die Beschaffung von Flexibilitätsdienstleistungen und für standardisierte Marktprodukte vorgeben (§ 14c Absatz 3 EnWG).

5.3 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.

5.3.1 Erweiterung der bestehenden Hackschnitzelanlagen und Pelletheizungen

Im Ortsteil Erbenschwang gibt es bereits Betreiber von Hackschnitzel- und Pelletheizungen, die teilweise auch mehrere Wohneinheiten versorgen. Hier empfiehlt es sich im Detail zu überprüfen, ob nicht eine Anlagenerweiterung auf die umliegenden Gebäude denkbar wäre. Dies hätte nicht nur einen Umstieg auf erneuerbare, lokale Wärmequellen für die Abnehmer zur Folge, sondern kann sich für den Betreiber durchaus wirtschaftlich lohnen. Als Faustregel gilt, dass eine Erschließung ab einer Wärmebelegungsdichte von 0,5 MWh/(m*a) interessant ist.

Wärmebelegungs-dichte

*Die Wärmebelegungsdichte (auch Wärmeliniendichte) ist der wichtigste Faktor für Wärmeverluste im Netz. Sie ist definiert durch die pro Jahr Transportierte Wärmemenge geteilt durch die Trassenlänge. In kleineren Verbunden können Belegungsdichten ab etwa 0,5 MWh/(m*Jahr) interessant sein.*
*Beispiel: 3000 Liter Heizöl entspricht 30.000 kWh = 30 MWh. Bei einer Entfernung von 50 m ergibt sich eine Belegungsdichte von 0,6 MWh/(m*Jahr)*
--> Dieser Abschnitt könnte also interessant sein.

5.3.2 Thementag Solar

Der Landkreis Weilheim-Schongau stellt seit einigen Jahren ein Solarpotenzialkataster zur Verfügung (https://www.solare-stadt.de/lk-wm-sog/). Damit kann gebäudescharf ermittelt werden, welche Dachflächen für die Nutzung von Solarenergie geeignet sind. Es können sowohl solarthermische Anlagen als auch PV-Anlagen zur Stromerzeugung überschlägig simuliert werden. Auf Infoabenden oder in Beratungsgesprächen kristallisiert sich immer wieder heraus, dass nicht computer-affine Bürgerinnen und Bürger mit diesem Tool nicht zurechtkommen oder dessen Ergebnisse nicht schlüssig nachvollziehen können. Tritt man zu diesem Zeitpunkt an ein ausführendes Unternehmen heran, so ist der Endverbraucher sofort mit Vertriebsinteressen konfrontiert.

Mit einer anbieterneutralen Beratung könnten gerade ältere Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer Entscheidungshilfen bekommen, die zu einer zügigeren Umsetzung der Projekte führen würde. Von Seiten der Verbraucherzentrale Bayern gibt es zwar die sogenannte aufsuchende Solarberatung oder den Eignungs-Check Heizung, allerdings sind die Beraterinnen und Berater langfristig ausgebucht. Mit einer „Solarsprechstunde“ könnten auch versierte Laien, etwa aus dem AK Energie Simulationen aus dem Solarpotenzialkataster des Landkreises erstellen und den Mitbürgerinnen und Mitbürgern konkrete Empfehlungen geben. Für Mieter oder Bewohner von Mehrfamilienhäusern könnte auch Beratung zu sog. Balkonkraftwerken durchgeführt werden. Diese steckerfertigen Solarmodule für den Eigenverbrauch können unkompliziert installiert werden, ohne dass hohe Investitionskosten damit verbunden sind.

Mit einer monatlichen Beratung z.B. im Rathaus können die Mitglieder des AK Energie abwechselnd oder in unterschiedlichen Teams die Beratungen durchführen.

5.3.3 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.

Der AK Energie könnte Rundgänge 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.

5.3.4 Besichtigung einer Kurzumtriebsplantage

In Oderding wurde vor über 10 Jahren eine Energieholzplantage gepflanzt. Über fünf Jahre hin wurde immer wieder ein neuer Streifen hinzugefügt. So gelingt es aus diesem Bestand jährlich Energieholz in größerem Umfang zu gewinnen.

Abbildung 5-33: Beispiel einer Kurzumtriebsplantage.

Eine Besichtigung vor Ort könnte für den AK Energie sowie Landwirte und Flächeneigentümer aus Ingenried sehr interessant sein.

5.3.5 Tag der offenen Heizraumtüre

Zur Beheizung eines Gebäudes sowie zur Warmwasserbereitung gibt es mittlerweile zahlreiche Möglichkeiten. Bisher wurden vorwiegend die fossilen Energieträger Öl und Gas verwendet, mittlerweile können sowohl regenerative Energieträger eingesetzt und in den unterschiedlichsten Varianten kombiniert werden. Der Einsatz von Wärmepumpen wird immer interessanter, wobei auch hier unterschiedliche Wärmequellen zu bewerten sind. Welche Art von Heizsystem zu empfehlen ist, hängt u.a. von der thermischen Qualität und des erforderlichen Temperaturniveau der Wärmeverteilung im Gebäude ab.

Um die Entscheidung für ein regeneratives Heizsystem zu erleichtern, ist es sinnvoll, die Technik vorab im Einsatz zu sehen. An einem Tag der offenen Heizraumtüre können mehrere neue Heizanlagen bei Endkunden besichtigt werden. Im Idealfall stellen die Hausbesitzer / die Hausbesitzerin ihre Anlage vor Ort vor und erläutern, warum sie sich für dieses

Heizsystem entschieden haben. Ein Erfahrungsbericht über Vor– und Nachteile von Nutzerinnen und Nutzern überzeugt meist mehr als vertriebsabhängige Argumente.

Zu empfehlen ist die Organisation eines gemeindeweiten Tages der offenen Heizraumtüre vorwiegend in der Heizperiode, wenn die Anlagen im Betrieb sind.

5.4 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.

5.4.1 Handlungsoptionen für CO_2-neutrale Neubaugebiete

In Ingenried soll am nördlichen Rand des Gemeindegebiets ein neues Gewerbegebiet „Am Bahnhof II“ mit ca. 3,5 ha entstehen. 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 energetische Erschließung sollte daher unter Berücksichtigung der zukünftigen Gewerbestruktur mitgedacht werden und ist 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. Ebenfalls kann ein bestimmter zu erreichender Effizienzstandard des Gebäudes (z.B. Effizienzhaus 40) festgelegt werden.
- 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 et al., 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. Bei den Neubauten im Gewerbegebiet „Am Bahnhof II“ sollte beispielsweise darauf geachtet werden nachwachsende Rohstoffe als Baustoff zu verwenden. Diese stellen eine Beachtenswerte CO_2-Senke dar tragen zu einer positiven Ökobilanz über ihren Lebenszyklus bei. Neben Holz für die Konstruktion können auch bei der Dämmung (Flachs, Hanf, Holzfasern, Kork, Zellulose,…), bei Bodenbelägen, Naturfarben, Holzverkleidungen und Faserputzen (Baumwollputze oder Flüssigtapeten) nachwachsende Rohstoffe genutzt werden. Auch die Kompaktheit der Gebäude spielt eine Rolle bei der Gebäudeenergieeffizienz. Zudem sollte auf eine Vor-Ort Erzeugung der verbrauchten Energie geachtet werden, insbesondere durch PV-Anlagen. Auch eine gute infrastrukturelle Anbindung durch ÖPNV, Fuß- und Radverkehr, sowie ausreichend Ladeinfrastruktur für Elektromobilität kann einen wesentlichen Beitrag zur CO_2-Reduzierung leisten.

Abbildung 5-34 Bebauungsplan „Gewerbegebiet ehemaliger Bauhof II“ im Norden von Ingenried (Gemeinde Ingenried, 2016)

***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.

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 Häuser eines bestimmten Baustandards, z.B. Effizienzhäuser 40, errichtet werden dürfen. 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.

5.4.2 Heizungstausch-Offensive – welches Heizsystem ist das richtige?

Die Mehrzahl der Gebäude in Ingenried sind private Ein- und Zweifamilienhäuser. Welche Heizsysteme in diesen Gebäuden geeignet sind und wie diese bzgl. ihrer Klimabilanz bewertet werden können, ist in Tabelle 5-8 dargestellt.

Vor dem Austausch der Heizanlage kann oft eine Gebäudesanierung vorausgehen. Dafür gibt es umfangreiche Förderungen. Die KfW-Bank fördert Sanierungsmaßnahmen beispielsweise mit dem Programmen 261 in Form eines Kredits. Das BAFA unterstützt Gebäudeeigentümer über die „Bundesförderung effiziente Gebäude“ in Form eines Investitionskostenzuschusses. Weitere Informationen und Fördermöglichkeiten sind in Kapitel 6 zu finden.

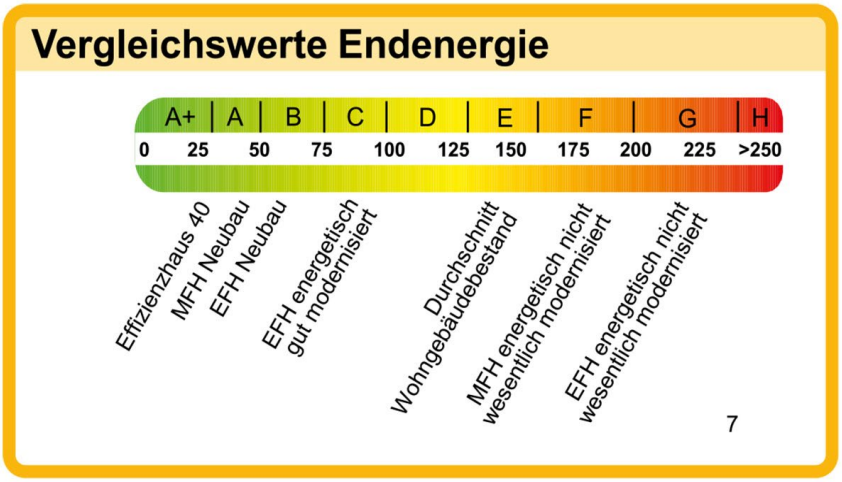


Abbildung 5-35 Energiestandards von Gebäuden [kWh/m²*a]

Tabelle 5-8: Entscheidungsmatrix für Heizsysteme in Ein- und Zweifamilienhäusern.

	Niedrigenergie-haus	Bestandsge-bäude saniert	Bestands-ge-bäude	BAFA Förderung	BAFA Austausch-prämie (Heizöl, Gas, Kohle)	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				**30%**	**+ 10%**	**++**	**++**	**gut**
Grundwasser-Wärmepumpe Vorlauftemperatur max. 45 °C				**30%**	**+ 10%**	**++**	**++**	**gut**
Luftwärmepumpe Vorlauftem-peratur max. 35 °C				**25%**	**+ 10%**	**++**	**++**	**mittel**
Pellet-Zentralheizung				**10%**	**+ 10%**	**++**	**++**	**sehr gut**
Stückholz-Zentralheizung				**10%**	**+ 10%**	**++**	**++**	**sehr gut**
Nahwärmeversorgung Hack-schnitzel				**30%**	**+ 10%**	**+**	**++**	**sehr gut**
Elektro-Direktheizung mit PV-Anlage						**-**	**+++**	**schlecht**
Solarthermie				**25%**	**+10%**	**+++**	**+**	**mittel**

Ist das System für das Gebäude technisch geeignet?			
	sehr gut geeignet	nur für größere Gebäude	ungeeignet
	gut geeignet	wenig geeignet	

Die Struktur der Fördermittel wird aktuell überarbeitet. Ab Januar 2024 wird der Austausch von Heizanlagen über die KfW-Bank gefördert. Geplant ist eine Grundförderung von 30 % auf alle regenerativen Technologien. Zusätzlich sind Boni für die zeitnahe Umsetzung und für einkommensschwache Zielgruppen geplant.

5.5 Übersicht der Maßnahmen

Maßnahme für	Titel der Maßnahme	Liegenschaft	Kategorie	Umsetz-barkeit	Investitions-kosten [€]	Amortisie-rungsdauer [Jahre]	CO_2 - Einsparung [t/Jahr]	Primär-energie Einsparung [MWh/a]
Kommunale Liegen-schaften	PV-Anlage Kindergarten und Kita	Kindergarten & Kita	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	14.600	10,4	4	15,4
	PV-Anlage Mehrzweckhalle	Mehrzweck halle	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	19.500/ 77.500/ 130.000	12/12/11	6/25,9/42,9	22,9/99,2/ 164,1
	PV-Freifläche Abwasserpump-station Erben-schwang	Abwasser-pumpstation Erbenschwang	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	11.100	11,2	3,2	12,4
	PV-Anlage Abwasserpump-station Krottenhill	Abwasser-pumpstation Krottenhill	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	4.900	6,9	1,2	4,7
	PV-Anlage Pumpanlage Krottenhill	Pumpanlage Krottenhill	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	6.500	6,4	1,5	6
	PV-Anlage Wasserpumpe Krottenhill	Wasserpumpe Krottenhill	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	3.33/6.500	7,4/4,9	0,9/1,6	4,7
	Einführung kommunales Energiemanage-ments (KEM)	Gemeinde Ingenried	Sonstige Hand-lungsmöglichkeiten	kurzfristig				

Maßnahme für	Titel der Maßnahme	Liegenschaft	Kategorie	Umsetz-barkeit	Investitions-kosten [€]	Amortisie-rungsdauer [Jahre]	CO_2 - Einsparung [t/Jahr]	Primär-energie Einsparung [MWh/a]
Schwerpunkt-projekt Bestands-gebäude	Sanierung Gemeindehaus Gering investive Maßnahmen	Gemeinde-haus	Sanierung	Kurzfristig				
	Gemeindehaus investive Maß-nahme: PV-Anlage		Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	19.400/ 35.800	11/13	4,9/10,6	18,9/40
	Absenkung des Sommer/Winter Umschalt-punktes	Alle kommunalen Liegenschaf-ten	Energieeinsparung	kurzfristig				
	Hydraulischer Ab-gleich	Kindergarten	Energieeinsparung	kurzfristig				
	FFW-Heizungsein-stellung optimieren	Freiwillige Feuerwehr	Energieeinsparung	kurzfristig				
	PV-Anlage FFW		Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig	12.300/ 31.365	10	3,3/10	12,6/38,3
Schwerpunkt-projekt Kläranlage	Erweiterung der PV-Anlage Kläran-lage um Batterie Speicher	Kläranlage Ingenried	Energieerzeugung regenerativ	Kurzfristig	26.400	3	1,7	6,5
						Einsparungen nur auf Batteriespeicher bezogen		
Schwerpunkt-projekt Ladeinfra-struktur	Installation von öffentlicher Ladeinfrastruktur	Gemeinde Ingenried	Sonstige Hand-lungsmöglichkeiten	mittelfristig				
	Energy Sharing	Gemeinde und Bür-ger*innen	Energieerzeugung regenerativ	mittelfristig				

Maßnahme für	Titel der Maßnahme	Liegenschaft	Kategorie	Umsetz-barkeit	Investitions-kosten [€]	Amortisie-rungsdauer [Jahre]	CO_2 - Einsparung [t/Jahr]	Primär-energie Einsparung [MWh/a]
Maßnahmen für BürgerInnen	Erweiterung be-stehender Hack-schnitzel- und Pelletheizungen	Bürger*innen	Energieerzeugung regenerativ	Kurz-/mit-telfristig				
	Thementag Solar	Gemeinde Ingenried	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig				
	Besichtigung KUP Oderding	Gemeinde Ingenried	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig				
	Thermographie Spaziergang	Gemeinde Ingenried	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig				
	Tag der offenen Heizraumtüre	Gemeinde Ingenried	Energieerzeugung regenerativ	kurzfristig				
Sonstige Handlungs-möglichkei-ten	Handlungsoptio-nen für CO_2-neutrale Neu-baugebiete	Gemeinde Ingenried	Sonstige Hand-lungsmöglichkeiten	kurzfristig				
	Heizungstausch-Offensive	Bürger*innen	Sonstige Hand-lungsmöglichkeiten	kurzfristig				

6 Fördermittel und Finanzierung für Energieprojekte

Für die Sanierung von Privatgebäuden stehen attraktive Mittel, sowohl zur Komplettsanierung als auch für Einzelmaßnahmen, zur Verfügung.

Im Folgenden wird eine Auswahl von Programmen im Überblick dargestellt (Stand November 2023). 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 Verbraucherzentrale Bayern

Die Verbraucherzentrale berät private Verbraucherinnen und Verbraucher zu allen Themen rund ums Energiesparen, Gebäudesanierung, Heiztechniken, Erneuerbare Energien oder Fördermöglichkeiten.

Im Beratungs-Stützpunkt am Landratsamt Weilheim-Schongau bietet die Verbraucherzentrale seit 2015 eine kostenlose Energieberatung an. Beratungstermine können unter der Tel. 0800 809 802 400 vereinbart werden. Zusätzlich werden auch Energieberatungen im eigenen Haushalt angeboten sowie Online-Sprechstunden oder Online-Vorträge. Tabelle 6-1 bietet eine Übersicht über die Kosten und Leistungen der Beratungsangebote (Verbraucherzentrale Energieberatung, 2022).

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 Weilheim-Schongau
Online-Vorträge, Energiesprechstunde zu ausgewählten Themen	Kostenfrei	www.verbraucherzentrale-energieberatung.de
Vor-Ort Beratung	Je nach Beratungsformat Kostenfrei oder 30 Euro	Terminvereinbarung unter Tel. 0800 809 802 400 Beratung am Gebäude vor Ort

6.2 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) und Einzelmaßnahmen (BEG EM). Antragsberechtigt sind Privatpersonen, Kommunen, Unternehmen und gemeinnützige Einrichtungen. Grundsätzlich ist zu beachten, dass jegliche Förderanträge vor Vorhabensbeginn gestellt werden müssen, lediglich Planungs- und Beratungsleistungen, sowie vorbereitende Maßnahmen (z.B. Abrissarbeiten oder Bodenuntersuchungen) dürfen im Vorhinein getätigt werden. Umfeldmaßnahmen, wie beispielsweise die Entsorgung einer Altheizung sind ebenfalls förderfähig. Auch die Energieeffizienz-Expertinnen und -Experten können mit 50 % bezuschusst werden.

Für die Durchführung der BEG sind die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) zuständig. Förderungen in der Kreditvariante für BEG WG, NWG und EM werden bei der KfW beantragt, Zuschüsse für BEG EM bei der BAFA. Für Kommunen können auch bei der KfW Zuschüsse beantragt werden. Tabelle 6-2 gibt eine Übersicht über die Förderungen für Wohngebäude.

Tabelle 6-2: Förderung Sanierung Wohngebäude, Stand 27.9.2023 (www.energie-fachberater.de/news/foerderung-fuer-die-sanierung-2023.php)

Maßnahme	BAFA	KfW	Finanzamt
Wärmepumpe	**25 bis 30* % Zuschuss** (BEG EM) + 10 % Bonus bei Heizungstausch**	–	**20 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Solarthermie	**25 % Zuschuss** (BEG EM) + 10 % Bonus bei Heizungstausch**	–	**20 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Biomasseheizung	**10 % Zuschuss** (BEG EM) Solarthermie-/Wärmepumpen-Pflicht + 10 % Bonus bei Heizungstausch**	–	**20 % Steuerbonus** ohne ST-/WP-Pflicht (§ 35c EStG)
Brennstoffzellenheizung	**25 % Zuschuss (BEG EM)** + 10 % Bonus bei Heizungstausch**		**20 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Gebäudenetz*** Errichtung, Umbau, Erweiterung (ohne Biomasse)	**20 bis 30*** % Zuschuss (BEG EM)**	–	**20 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Gebäudenetzanschluss* **	**25 % Zuschuss** (BEG EM) + 10 % Bonus bei Heizungstausch**		**20 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Wärmenetz anschluss* **	**30 % Zuschuss** (BEG EM) + 10 % Bonus bei Heizungstausch**		**20 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Heizungsoptimierung	**15 % Zuschuss** (BEG EM) + 5 % Bonus mit Sanierungsfahrplan	–	**20 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Gebäudehülle Dämmung Dach, Fassade, Keller / Fenster / Haustür / Sonnenschutz	**15 % Zuschuss** (BEG EM) + 5 % Bonus mit Sanierungsfahrplan	–	**20 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Anlagentechnik Lüftung / Smart Home	**15 % Zuschuss** (BEG EM) + 5 % Bonus mit Sanierungsfahrplan	–	**20 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Sanierung zum Effizienzhaus	–	**Förderkredit, 5 bis 25 % Tilgungszuschuss** je nach Effizienzhaus-Standard (BEG WG Kredit 261) + 10 % für Worst-Performing Buildings + 15 % Bonus bei serieller Sanierung	**20 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Fachplanung und Baubegleitung	**50 % Zuschuss** (BEG EM)	**Förderkredit, 50 % Tilgungszuschuss** (BEG WG Kredit 261)	**50 % Steuerbonus** (§ 35c EStG)
Energieberatung / Sanierungsfahrplan	**80 % Zuschuss** (EBW- Energieberatung Wohngebäude)	–	–
Anlagen zur Stromerzeugung Photovoltaik / Wasser / Wind...	–	**Zinsgünstiger Kredit** (Erneuerbare Energien Standard 270)	–
Ladestationen mit PV und Stromspeicher		**Mittel ausgeschöpft für 2023** (Solarstrom für Elektroautos 442)	
Altersgerechter Umbau Einbruchschutz / Barrierefreiheit	–	**Zinsgünstiger Kredit** (Altersgerecht Umbauen 159) **10 % Zuschuss EM Barriereduzierung, 12,5 % Zuschuss altersgerechtes Haus** (Barriereduzierung 455-B)	–

* Inklusive Wärmepumpen-Bonus, wenn Wärmequelle Wasser, Erdreich, Abwasser + 5 %
** Bonus bei Austausch von Öl-, Gas- (> 20 Jahre), Kohle-, Nachtspeicher-Heizungen + 10 %
*** Gebäudenetze sind definiert mit bis zu 16 Häusern oder 100 WE; für Gebäudenetze muss ein Energieberater aus der Expertenliste einbezogen werden. Größere Wärmenetze laufen über BEW (siehe Kapitel 6.6); Gebäudenetz max. 75% Biomasse = 20 % Förderung, max. 25 % Biomasse = 25 %. Ohne Biomasse = 30 %

Förderfähig sind folgende **Einzelmaßnahmen (BEG EM)** im Detail:

	Maßnahmen	Umfang der Förderung	
Gebäudehülle	• Dämmung der Gebäudehülle, Erneuerung/ Aufbereitung von Vorhangfassaden • Austausch Fenster, Außentüren und -toren • Sommerlicher Wärmeschutz	• **15 %** Fördersatz • **5 %** individueller Sanierungsfahrplan (iSFP) • WG: Max. 60.000 € pro Wohneinheit und Kalenderjahr • NWG: max. 1.000€/m² Nettogrundfläche & 5 Mio. €/Jahr • Förderfähiges Mindestinvestitionsvolumen: 2.000 €	
Anlagentechnik (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	• **15 %** Fördersatz • **5 %** individueller Sanierungsfahrplan (iSFP) • WG: Max. 60.000 € pro Wohneinheit und Kalenderjahr • NWG: max. 1.000€/m² Nettogrundfläche & 5 Mio. €/Jahr • Förderfähiges Mindest-investitionsvolumen: 2.000 €	
Wärmeerzeuger	• Solarkollektoranlagen • Biomasseheizungen • Wärmepumpen • Innovative Heiztechnik auf Basis erneuerbaren Energien • Erneuerbare Energien-Hybridheizungen (EE-Hybride) • Gebäudenetz und Anschluss an ein Gebäudenetz oder Wärmenetz • Maßnahmen zur Visualisierung des Ertrags Erneuerbarer Energien	Solarthermieanlagen	**25 %**
		Biomasseheizungen (nur in Verknüpfung mit Solarthermie)	**10 %**
		Wärmepumpen	**25 %** **+5 %** Wärmepumpenbonus, wenn Wärmequelle Wasser, Erdreich, Abwärme
		Gebäudenetze und Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz	**20-30 %**

		Zusätzlich erhöht sich die Förderung um **10 %**, wenn eine **Öl-, Gas- (>20 Jahre), Kohle- oder Nachtspeicherheizung** durch eine der genannten Anlagen ersetzt wird. ● WG: Max. 60.000 € pro Wohneinheit und Kalenderjahr ● NWG: max. 1.000€/m² Nettogrundfläche & 5 Mio. €/Jahr ● Förderfähiges Mindestinvestitionsvolumen: 2.000 €
Heizungsoptimierung	● der hydraulische Abgleich der Heizungsanlage inklusive der Einstellung der Heizkurve ● der 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 auch die Optimierung der Wärmepumpe ● die Dämmung von Rohrleitungen ● der Einbau von Flächenheizungen, von Niedertemperaturheizkörpern und von Wärmespeichern im Gebäude oder gebäudenah (auf dem Gebäudegrundstück) ● die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik	● **15 %** der förderfähigen Ausgaben ● WG: Max. 60.000 € pro Wohneinheit und Kalenderjahr ● NWG: max. 15 Mio. € bzw. 1.000 €/m² Nettogrundfläche ● ● Förderfähiges Mindestinvestitionsvolumen: 300 € brutto Zusätzlicher Förderbonus von **5 %** möglich bei Umsetzung im Rahmen eines im Programm “Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude” geförderten individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP).
Fachplanung und Baubegleitung	Kann nur im Zusammenhang mit einer Förderung der beschriebenen Einzelmaßnahmen beantragt werden	● **50 %** der förderfähigen Ausgaben WG: ● max. 5.000 € pro Kalenderjahr bei Ein- und Zweifamilienhäusern ● 2.000€ pro Wohneinheit und Kalenderjahr bei MFH ab 3 Wohneinheiten NWG: ● 5 €/m² Nettogrundfläche ➔ Insgesamt max. 20.000 € pro Zuwendungsbescheid

6.3 Programme für Privatpersonen - KfW-Programm 261

Zur energetischen Sanierung, sowie dem Bau und Kauf von Wohngebäuden bietet die KfW-Bank das Programm 261 (Kredit). Förderfähig ist der Bau und Kauf eines Hauses bzw. einer Eigentumswohnung, wenn die Immobilie die Anforderungen an ein Effizienzhaus 40 mit Nachhaltigkeitsklasse erfüllt. Gefördert werden außerdem Komplettsanierungen zum Effizienzhaus, d. h. alle energetischen Maßnahmen, die zu einer Effizienzhaus-Stufe 85 oder besser führen. Einige Beispiele für förderfähige Maßnahmen 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 Maßnahmen förderfähig sind, müssen bestimmte technische Mindestanforderungen erfüllt werden. Zusätzlich werden Baunebenkosten, Wiederherstellungskosten, Beratungs-, Planungs- und Baubegleitungsleistungen, sowie die Nachhaltigkeitszertifizierung gefördert. Für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus 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 261 -Umfang der Förderung	• *Bis 150.000 € Kredit für jede Wohneinheit bei der Komplettsanierung zum Effizienzhaus* • *Bis 37.500 € Tilgungszuschuss (25 %)* • *0,24 % bis 1,78 % effektiver Jahreszins*

6.4 Programme für Unternehmen

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

- Nichtwohngebäude – Kredit (KfW-Programm 263)
- Förderung klimafreundlicher Aktivitäten (klimafreundliche Produktionsanlagen, Energieversorgung, Technologien, etc.; KfW-Programm 293)
- Investitionskredit Nach-haltige Mobilität (KfW-Programm 268, 269)
- Energieeffizienz in der Wirtschaft (KfW-Programm 295, 292). Zu den gleichen Förderbedingungen stellt die KfW-Bank einen Kredit bzw. das BAFA einen Investitionskostenzuschuss zur Verfügung.
- Zuschuss Brennstoffzelle (KfW-Programm 433)

Weitere Kredite für die Investitionen in erneuerbare Energien und Umwelt sind auf der Website der KfW zu finden.

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).

- Modul 1: Energieaudit (gem. DIN EN 16247): Erfassung des Energieverbrauchsprofils von Gebäuden, Betriebsabläufen oder Anlagen und Ermittlung von Einsparpotenzialen
- Modul 2: Energieberatung (gem. DIN V 18599): Im Bestand und Neubau zur Energieeinsparung, Erhöhung der Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien
- Modul 3: Contracting-Orientierungsberatung: für Contracting-Modelle mit vertraglicher Einspargarantie.

Energieberatung Mittelstand - Umfang der Förderung	• *Unternehmen mit jährlichen Energiekosten > 10.000 €: Zuschuss von max. 80 % der förderfähigen Netto-Beratungskosten, max. 6.000 €* • *Unternehmen mit jährlichen Energiekosten < 10.000 €: Zuschuss von max. 80 % der förderfähigen Netto-Beratungskosten, max. 1.200 €*

6.5 KfW-Programme IKK – Nachhaltige Mobilität

Mit dem Kredit IKK – Nachhaltige Mobilität werden Investitionen in nachhaltige und Klimafreundliche Mobilität gefördert. Dazu gehören Projekte im Bereich aktive Mobilität (Fuß- und Radwege, fahrradabstellanlagen), ÖPNV und Fahrzeuge, sowie Infrastruktur für den kommunalen Fuhrpark. Außerdem werden datengesteuerte Lösungen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen und Digitale Vernetzungen für eine bessere und effizientere Organisation von Mobilität gefördert.

IKK – Nachhaltige Mobilität	• *Bis zu 150 Mio. Euro Kredit pro Jahr* • *Bis zu 100 % der Investitionskosten* • *Für grüne Verkehrsprojekte in der Kommune*

6.6 Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)

Dieses noch junge Förderprogramm wird für die Finanzierung der geplanten Wärmenetze im Stadtgebiet eine entscheidende Rolle spielen. Folgende drei Module werden gefördert:

Im Modul 1 werden u.a. Machbarkeitsstudien zur Errichtung neuer Wärmenetze mit einem Anteil erneuerbarer und klimaneutraler Wärme von mindestens 75 % mit bis zu 50 % der

förderfähigen Kosten bis zu einem Maximalbetrag von 600.000 € gefördert. Die erforderlichen Planungen in den Leistungsphasen 1-4 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) können zum Teil über dieses Modul gefördert werden.

Das Modul 2 fördert die Errichtung von Fernwärmenetzen, die einen regenerativen Anteil von mindestens 75% nachweisen können. Zuschüsse können in Form einer Investitions- oder Betriebskostenförderung gewährt werden. Betriebskostenförderung bekommen jedoch nur Solarthermieanlagen (2 ct/kWh) und Wärmepumpen (7 ct/kWh bzw. 3 ct/kWh, abhängig von der JAZ) kommen. Diese wird über zehn Jahre gewährt. Zusätzlich sind auch Wärmespeicher förderfähig sowie andere Komponenten zur Optimierung des Netzbetriebs. Die förderfähigen Kosten werden mit 40 % bis zu einer Höhe von 50 Mio. Euro bezuschusst.

Vom Modul 3 können im wesentlichen Betreiber bestehender Wärmenetze profitieren. Dort werden die Errichtung und Integration von regenerativen Wärmequellen gefördert.

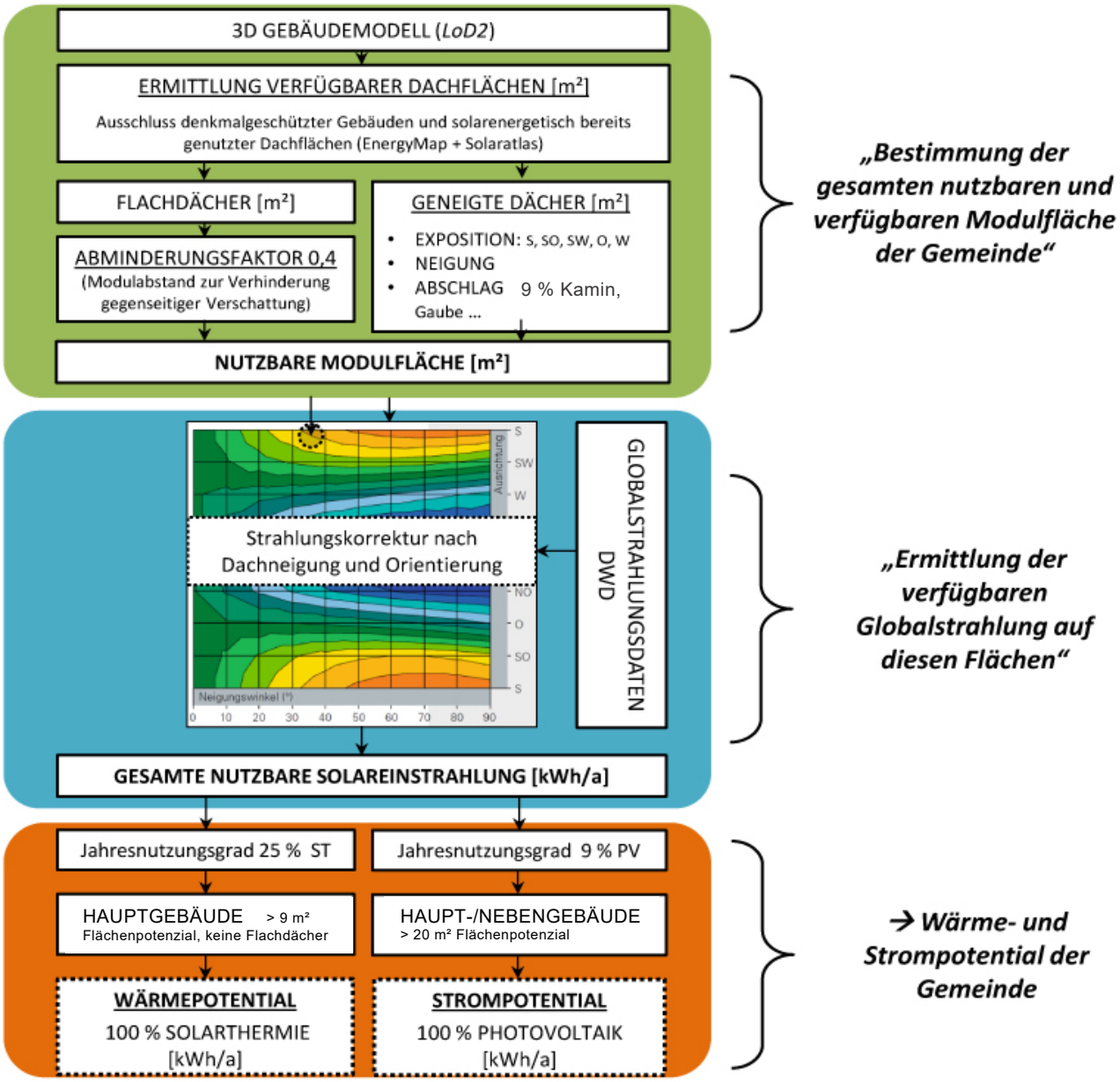
6.7 Biowärme Bayern

Seit Mai 2023 fördert der Freistaat Bayern wieder die Errichtung von Biomasse-Energiezentralen sowie die Installation eines Wärmenetzes. In Anlehnung an das Vorgänger-Programm Bioenergie Bayern stellt das Förderprogramm Biowärme Bayern Gelder für den Bau von Biomasse-Heizanlagen zur Verfügung. Ab einer thermischen Leistung von 60 kW können Mittel abgerufen werden, die die Investitionsmehrkosten im Vergleich zum Bau einer fossilen Heizanlage abfedern. Die Beantragung der Fördergelder ist mit einem relativ geringen bürokratischen Aufwand verbunden. Vor Antragstellung werden in einem Projektgespräch mit dem Technologie- und Förderzentrum TFZ in Straubing die Rahmenbedingungen und das konkrete Vorgehen zur Beantragung besprochen. Im Vergleich zur aktuellen Bundesförderung bietet dieses Programm erstmals die Förderung von Wärmetrassen und Übergabestationen. Das KfW-Programm 271/281 konnte bis Ende des Jahres 2022 dafür genutzt werden, dann wurde diese Förderschiene nicht mehr verlängert. Die Förderung des Wärmenetzes mit 100 € je Trassenmeter sowie 1800 € je Übergabestation kann beantragt werden, sofern ein neuer Biomassekessel mit errichtet wird. Für diese Netzförderung gelten die Pauschalwerte, die maximale Förderhöhe liegt bei 100.000 €. Vorgesetzt wird der Nachweis, dass der Netzverlust geringer als 15 % der erzeugten Wärme beträgt. Für diesen Teil des Förderprogramms gelten die sog. Deminimis-Regeln. Das bedeutet, dass Unternehmen in drei Wirtschaftsjahren maximal 200.000 € aus unterschiedlichen Förderprogrammen bekommen können. Bei Überschreitung dieser Summe wird anteilig gekürzt. Für die Landwirtschaft gilt die weit geringere Grenze von 20.000 € in drei Wirtschaftsjahren. Die Förderung des Kessels inklusive der entsprechenden baulichen Maßnahmen beträgt je nach Betreibergesellschaft zwischen 30 und 40 % der Investitions**mehr**kosten und ist begrenzt auf 250.000 €.

7 Anhang

Hinweis: Ausführliches Kartenmaterial finden Sie in der digitalen Beigabe den Energienutzungsplans.

Anhang 1: Durchgeführte Arbeitsschritte zur Ermittlung des solarenergetischen Potenzials in der Gemeinde Ingenried.



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

Parameter	Wert
Anfangsdegradation	2 % zzgl. jährliche Degradation 0,5 %
Optimale Ausrichtung der Fläche	Süd 30°
Performance Ratio	je nach Verschattung und Verschaltung vom Tool berechnet
Jährliche Kosten	1 % des Systemanlagenpreises
Nutzungsdauer	20 Jahre
Inflationsrate/Preissteigerungen	2 %
nominaler kalkulatorischer Zinssatz	3 %
Strombezugspreis	Arbeitspreis: 0,40 €/kWh
EEG-Vergütung (EEG 2023)	Überschusseinspeisung: 0,082 €/kWh (< 10 kW_p), 0,071 €/kWh (< 40 kW_p), 0,058 €/kWh (< 750 kW_p) Volleinspeisung: 0,13 €/kWh (< 10 kW_p), 0,109 €/kWh (< 100 kW_p), 0,09 €/kWh (< 300 kW_p), 0,058 €/kWh (< 750 kW_p)
Zeitpunkt der Inbetriebnahme	1.1.2024
Systemkosten	Bis 10 kW_p 2.000 €/kW_p bis 30 kW_p 1.700 €/kW_p bis 100 kW_p 1.550 €/kW_p über 100 kW_p 1.000 €/kW_p

8 Literaturverzeichnis

BEE e.V. (2023). *Energy Sharing—Ein erfolgreiches Modell für Deutschland?*

Biogas Forum Bayern. (2017). *Plattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern*. www.biogas- forum-bayern.de

bmwk. (2022). *Kommunalrichtlinie*. https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/kommunalrichtlinie

Bundesregierung, D. (2019). Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung. *Ziele und Maßnahmen für den Ladeinfrastrukturaufbau bis*, *2030*.

Bundesverband Wärmepumpe e.V. (2023). *Branchenstudie 2023: Marktentwicklung – Prognose – Handlungsempfehlungen*.

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

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

DIN SPEC 91433:2020-08, Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung. (2020). Beuth Verlag GmbH. https://doi.org/10.31030/3184115

DWD. (2017). *German Global Radiation Grids*.

DWD. (2023). *Jahresmittel der Stationsmessungen der Niederschlagshöhe in mm für Deutschland—Station Hohenpeißenberg—1950-2020*. https://cdc.dwd.de/portal/

EED. (2018). *RICHTLINIE (EU) 2018/2002 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RA-TES vom 11. Dezember 2018 zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz*.

EEG. Erneuerbare-Energien-Gesetz, Gesetzesentwurf der Bundesregierung, Drucksache 20/1630 vom 2.5.2022, im Bundestag beschlossen am 7.7.2022, (2023).

Emeis, S. (2022). *KARE. Klimawandelanpassung auf regionaler Ebene: Ansteigende Starkregenrisiken am Beispiel des bayerischen Oberlands*.

EP. (2014). *RICHTLINIE 2014/94/EU über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe* (S. 20). Europäisches Parlament und Europäischer Rat. eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=ES

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

Fraunhofer Institut. (2020). *Ein Update zur Klimabilanz von Elektrofahrzeugen, Martin Wietschel*. https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2020/WP-01-2020_Ein%20Update%20zur%20Klimabilanz%20von%20Elektrofahrzeugen.pdf

GEG. (2020). *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz—GEG)*. 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

Gemeinde Ingenried. (2016). *Bebauungsplan „Gewerbegebiet ehemaliger Bauhof II“*. https://www.vg-altenstadt.de/fileadmin/Gemeinden/VG_Altenstadt/Bauleitpläne_Bekanntmachungen/Ingenried/Bebauungspläne/Gewerbegebiet_ehemaliger_Bahnhof_II/Grundfassung/Grundfassung_-_Planzeichnung_reduziert.pdf

Hähnlein, S., Blum, P., & Bayer, P. (2011). Oberflächennahe Geothermie – aktuelle rechtliche Situation in Deutschland. *Grundwasser*, *16*(2), 69–75. https://doi.org/10.1007/s00767-011-0162-0

Halmbacher, V., Deingruber, S., Mayer, B., Baumann, C., & von Streit, A. (2018). *Energieeffizienz und Klimaschutz in der Bauleitplanung—Eine Zusammenstellung für den Lkr. Miesbach—Handlungsempfehlung für die Gemeinden*. INOLA.

Hirschl, B., Aretz, A., Prahl, A., Böther, T., Heinbach, K., Pick, D., & Funcke, S. (2010). Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. *Schriftenreihe des IÖW*, *196*(10).

Hofer, V., Süß, A., Prasch, M., Reinhardt, J., Mayer, W., & Mauser, W. (2016). *Potenzialanalyse für Energien der Region „Energiewende Oberland“*. INOLA.

Kaltschmitt, M., Streicher, W., & Wiese, A. (2013). *Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte* (5. Aufl.). Springer.

Kraftfahrt-Bundesamt. (2022). *Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden* (Fahrzeugzulassungen (FZ)).

LEW Verteilnetz GmbH. (2023). *Bezugs- und Einspeiser-Daten 2021—Landkreis Weilheim-Schongau*.

LfStat. (2021). *Agrarstrukturerhebung (Viehzählung)*. https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online

LfStat. (2023a). *Bevölkerung: Gemeinde, Altersgruppen*. https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online

LfStat. (2023b). *Demographiespiegel: Bevölkerungsvorausberechnung*. https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online/

LfStat. (2023c). *Fläche: Gemeinde, Fläche (ALKIS), Art der tatsächlichen Nutzung*. https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online

LfStat. (2023d). *Fläche: Gemeinde, Fläche (ALKIS), Art der tatsächlichen Nutzung*. https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online

LfStat. (2023e). *Gebäude- und Wohnungsbestand: Gemeinde, Wohngebäude, Wohnungen, Wohnfläche, Stichtage*. https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online

LfStat. (2023f). *Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: Gemeinden, Beschäftigte am Arbeitsort/Beschäftigte am Wohnort*. https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online

LfU. (2018). *Energie-Atlas Bayern—Mischpult “Energiemix Bayern vor Ort” Information zur Berechnung*.

LfU. (2020). *Oberflächennahe Geothermie*. https://www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/geothermie_oberflaechennah/index.htm

LfU. (2021). *Energieatlas Bayern—Bayerischer Windatlas*. https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?c=677751,5422939&z=7&l=atkis,16e00f5d-9389-417f-a774-7f055fd45d2b&t=wind

LfU. (2022). *Energieatlas Bayern—Solarenergie Potenzial*. https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?wicket-crypt=cxIXKElFXzg&lang=de&topic=energie_gesamt&bgLayer=atkis&catalogNodes=1200,1220,46&layers=4a204108-1905-45a4-a119-4d1553058864

LfU. (2023). *Energieatlas Bayern*. https://www.energieatlas.bayern.de/

Loga, T., Stein, B., Diefenbach, N., & Born, R. (2015). Deutsche Wohngebäudetypologie. *Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt/Germany*.

Nemeth, I., Elbel, K., Hoppe, M., Lindauer, M., Schneider, P., & Windeknecht, M. (2012). *Energetische Gebäudesanierung in Bayern*.

Nibe. (2023). *Ringgrabenkollektoren—Energie aus Ihrem grundstück*. https://www.nibe.eu/de-de/produkte/ringgrabenkollektor

Rabl, L. (2023). *Försterauskunft* [Persönliche Kommunikation].

Rothe, A., Wittkopf, S., & Willnhammer, M. (2013). *Energieholzprognose für den Privat- und Körperschaftswald im Landkreis Weilheim-Schongau.*

SMARD. (2023). *SMARD Strommarktdaten*. https://www.smard.de/home/marktdaten

Statista. (2023). *Stromverbrauch von Kläranlagen in Deutschland nach Anlagengröße im Jahr 2012*. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/275971/umfrage/stromverbrauch-von-klaeranlagen-in-deutschland/

StMUG, StMWIVT, & OBB. (2011). *Leitfaden Energienutzungsplan*.

StMWi. (2017). *Pressemitteilung: Bayerische Staatsregierung beschließt Verordnung über Gebote für Photovoltaik-Freiflächenanlagen*.

StMWi. (2022). *Glossar des Energieatlas Bayern*. https://www.energieatlas.bayern.de/energieatlas/lexikon.html

Strohm, K., Schweinle, J., Liesebach, M., Osterburg, B., Rödl, A., Baum, S., Nieberg, H., Bolte, A., & Walter, K. (2012). *Kurzumtriebsplantagen aus ökologischer und ökonomischer Sicht*. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie.

strom-report.com. (2023). *Strompreiszusammensetzung 2023*.

terrathech. (2023). *Erneuerbare Energie aus dem Erdreich Der innovative Erdwärmeabsorber von terrathech*. https://www.terrathech.de/erdwaermeabsorber/funktionsweise/

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

UBA. (2022). *CO_2-Emissionen pro Kilowattstunde Strom steigen 2021 wieder an*. https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-steigen#:~:text=Das%20zeigen%20aktuelle%20Berechnungen%20des,2019%20bei%20411%20g%2FkWh.

Verbraucherzentrale Energieberatung. (2022). *Sparen Sie Energie – mit der passenden Energieberatung!* Energie effizient nutzen - Geld sparen. https://verbraucherzentrale-energieberatung.de/beratung/

Verein Deutscher Ingenieure. (2014). *VDI 3807—Verbrauchskennwerte für Gebäude—Verbrauchskennwerte für Heizenergie, Strom und Wasser*.

Verein Deutscher Ingenieure. (2017). *VDI 2067*.

Wietschel, M., Link, S., Biermann, K., & Helms, H. (2022). *Langfristige Umweltbilanz und Zukunftspotenzial alternativer Antriebstechnologien* (9–2022; Studie zum deutschen Innovationssystem). Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).

Windt, A., & Arnhold, O. (2020). Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf. *Studie im Auftrag des BMVI*.

WWA Weilheim. (2023). *Übersichtskarten Erdwärmesonden*. https://www.wwa-wm.bayern.de/grundwasser_boden/geothermie/was_ist_geothermie/uebersichtskarten/uek_erdwaermesonden/index.htm