ENTWURF ABSCHLUSSBERICHT KOMMUNALER WÄRMEPLAN

GEMEINDE REICHENAU

Bearbeiter:

AutenSys GmbH

RBS wave GmbH

Netze BW GmbH

Erstellungszeitraum: April – August 2024

Kommunale Wärmeplanung

INHALT

Inhalt 1
Abkürzungsverzeichnis 3
1. Zusammenfassung 4
1.1 Datenerhebung 4
1.2 Bestandsanalyse 4
1.3 Potenzialanalyse 5
1.4 Klimaneutrales Zielszenario 5
1.5 Wärmewendestrategie 6
2. Hintergrund und Zielsetzung Wärmeplanung 7
3. Dienstleister 8
3.1 AutenSys GmbH 8
3.2 RBS wave GmbH 8
3.3 Netze BW GmbH 8
4. Datenerhebung 9
4.1 Vorgehensweise und Datenschutz 9
4.1.1 Online-Umfrage industrielle Abwärme 9
4.1.2 Energieversorger/Netzbetreiber 9
4.1.3 Schornsteinfeger 9
4.2 Aufbereitung der Daten 10
4.3 Datenqualität 10
4.4 Zwischenfazit Datenerhebung 11
5. Bestandsanalyse 12
5.1 Gemeindestruktur 12
5.2 Gebäudestruktur 13
5.2.1 Heizungen nach Energieträgern 16
5.2.2 Gasversorgung 18
5.2.3 Wärmenetz 18
5.2.4 Schwerpunktgebiete nach Energieträgern 18
5.3 Energie- und THG- Bilanz 2022 20
5.3.1 Endenergiebedarf nach Energieträgern und THG- Bilanz 20
5.3.2 Endenergiebedarf nach Sektoren und THG- Bilanz 21
5.4 Wärmebedarf 22
5.5 Zwischenfazit Bestandsanalyse 25
6. Potenzialanalyse 26
6.1 Energetische Sanierung 26
6.2 Wärmenetzpotenziale 30
6.3 Lokale Potenziale zur Wärme- und Stromerzeugung 32
6.4 Abwärmepotenziale 34
6.4.1 Industrielle Abwärme 34
6.4.2 Abwärme aus Abwasser 34
6.5 Potenziale Oberflächengewässer 35
6.5.1 Flusswasser 36
6.5.2 Seewasser 36

6.5.3 Potenzial der Seewasser-Infrastruktur 37
6.6 Oberflächennahe Geothermie 38
6.7 Außenluft 40
6.8 Solarpotenziale auf Freiflächen 40
6.9 Solarpotenziale Dachflächen 41
6.10 Solarpotenziale Gewächshäuser 43
6.11 Windkraftpotenzial 43
6.12 Wasserkraftpotenzial 43
6.13 Potenziale Biomasse 43
6.13.1 Feste Biomasse 44
6.13.2 Organische Abfälle und Grüngut 44
6.13.3 Landwirtschaftliche Rohstoffe und Nebenprodukte 45
6.14 Kraft-Wärmekopplungsanlagen 45
6.15 Wasserstoffpotenzial 46
6.16 Zwischenfazit Potenzialanalyse 47
7. Zielszenario 48
7.1 Entwicklung des Wärmebedarfs 48
7.1.1 Gewächshaus Strukturentwicklung 49
7.1.2 Wärmebedarfsdichten 2030 und 2040 51
7.2 Klimaneutrales Szenario 2040 und Zwischenziel 2030 52
7.2.1 Klimaneutrales Zielfoto und Ausweisung von Eignungsgebieten 53
7.2.2 Wärmegestehungskosten 56
7.2.3 Energie- und Treibhausgas-Bilanz 2030 und 2040 57
7.3 Auswirkungen der Wärmewendestrategie auf den Stromsektor 62
7.4 Auswirkungen der Wärmewendestrategie auf die Gasnetze 63
7.5 Zwischenfazit Zielszenario 64
8. Wärmewendestrategie und Maßnahmenkatalog 65
8.1 Transformationspfad und Maßnahmen 65
8.1.1 Prioritäre Maßnahmen 65
8.1.2 Ergänzende Maßnahmen 73
8.2 Weiterentwicklung der Wärmeplanung 75
9. Akteursbeteiligung 76
10. Zusammenfassung und Ausblick 77
11. Quellenverzeichnis 79
12. Anhang 81

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ALKIS	Allgemeines Liegenschaftskatasterinformationssystem
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
CAD	Computer aided design
CSV-Format	Comma-separated values-Format
DXF-Format	Drawing Interchange File Format
Fm	Festmeter
GIS	Geographisches Informationssystem
GWh	Gigawattstunde
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistung
ha	Hektar
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh/a	Kilowattstunde pro Jahr
KEA BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
KlimaG BW	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg
KSG BW	Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg
kWP	kommunale Wärmeplanung
MWh/a	Megawattstunde pro Jahr
MW_{th}	Megawatt thermisch
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
PDF	Portable Document Format
PV	Photovoltaik
THG	Treibhausgas
UDO	Umwelt-Daten und -Karten Online

1. Zusammenfassung

Mit der Novellierung des Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetzes Baden-Württemberg (KlimaG BW) vom 14. Oktober 2020 wurde in Baden-Württemberg die kommunale Wärmeplanung eingeführt. Ziel des KlimaG BW ist es, die Wärmeversorgung zu dekarbonisieren und die Klimaziele auf Landes-, Bundes- und europäischer Ebene zu erreichen.
Für die Umstellung der Wärmeversorgung von fossilen Brennstoffen auf regenerative Energien und Abwärme bedarf es einer Transformation der Versorgungsinfrastruktur, die auch mit zusätzlichem Flächenbedarf verbunden ist. Deshalb ist es notwendig, diesen Transformationsprozess unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten zu planen.
Jede Kommune entwickelt im kommunalen Wärmeplan ihren Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung, der die jeweilige Situation vor Ort bestmöglich berücksichtigt. Das Ziel der Klimaneutralität bezieht sich dabei auf sämtliche Sektoren der Wärmeversorgung, auch auf Unternehmen und private Haushalte. Da dies eine große Aufgabe ist, ist die kommunale Wärmeplanung in einen langfristigen und fortschreibenden Prozess eingebettet. Der Plan dient als strategische Grundlage, um konkrete Entwicklungswege zur Erreichung des Zielbildes 2040 zu gestalten.
Die kommunale Wärmeplanung für Reichenau basiert auf dem KlimaG BW und den damit verbundenen Regelungen. Sie ist gemäß dem am 01.01.2024 in Kraft getretenen Wärmeplanungsgesetz (WPG) auf Bundesebene vollumfänglich anerkannt. Bestehende Wärmepläne werden bei der Fortschreibung an aktuelle Regelungen angepasst.

1.1 Datenerhebung

Das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) ermöglichte den Zugriff auf gebäudescharfe Angaben zu Energie- und Brennstoffverbräuchen, welche durch die Energieversorgungsunternehmen und Netzbetreiber auf Anfrage der Kommune bereitgestellt wurden. Diese Daten wurden durch Angaben aus dem elektronischen Kehrbuch der Bezirksschornsteinfeger zu den bestehenden Heizungen ergänzt. Mithilfe dieser Daten lässt sich ein detailliertes Bild der Beheizungsstruktur in Reichenau zeichnen. Für die Ermittlung der Abwärmepotenziale aus Industrie und Gewerbe wurde eine Unternehmensumfrage durchgeführt. In dieser wurde gezielt nach möglichen Abwärmequellen aus Produktionsprozessen und der Bereitschaft zur Auskopplung von Abwärme gefragt.

1.2 Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse wurde die Gemeinde- und Gebäudestruktur der Gemeinde Reichenau näher untersucht. Das Gemeindegebiet ist durch eine eher lockere Bebauung geprägt. Ein Großteil der Flächen wird land- oder forstwirtschaftlich genutzt. Bei den Gebäuden in Reichenau handelt es sich größtenteils um Wohngebäude – hierbei sind Einfamilien- bzw. Doppel- und Reihenhäuser die dominierenden Gebäudetypen. In Reichenau existiert eine flächendeckende Gasversorgung. Dies spiegelt sich auch in der Beheizungsstruktur wider, die vorwiegend durch fossile Einzelheizungen geprägt ist. 63 % der Heizungen wurden im Referenzjahr 2022 durch Erdgas befeuert. Mit 31 % machten Ölheizungen einen gewichtigen Anteil der Heizungen aus. Bei den verbleibenden Heizungen handelt es sich zum größten Teil um Holzöfen und zu einem kleineren Teil um Stromheizungen, also Nachtspeicheröfen oder Wärmepumpen. Das Wärmenetz auf dem Gelände der psychiatrischen Klinik versorgt die Einrichtungs- und Wohngebäude mit Wärme. Die Endenergie- und Treibhausgasbilanz der Gemeinde Reichenau zeigt, dass im Basisjahr 97 % der Emissionen im Wärme-

sektor durch fossile Einzelheizungen verursacht wurden. Die verursachten Emissionen zur Beheizung der Gewächshäuser nehmen mit 4.100 Tonnen CO_2, dies entspricht anteilig 18 % der Gesamtemissionen im Wärmesektor, eine Sonderstellung ein. Weiterhin ließen sich 2 % des Endenergiebedarfs und die damit einhergehenden Emissionen auf Liegenschaften in kommunaler Hand zurückführen. Hier kann die Gemeinde Reichenau die Wärmeversorgung ihrer Gebäude direkt beeinflussen und ggf. den Ausbau von Wärmenetzen initiieren.

1.3 Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse wurden verschiedene Potenziale zur Strom- und Wärmeerzeugung betrachtet. Aufgrund der zu erwartenden stärkeren Elektrifizierung des Wärmesektors müssen diese Potenziale gemeinsam betrachtet werden.

Für die Erzeugung von grünem Strom würden sich in Reichenau vor allem Photovoltaikanlagen primär auf Dachflächen eignen. Aufdachanlagen stellen in diesem Zusammenhang eine gute Möglichkeit dar, den Eigenbedarf an Strom zum Betrieb einer Wärmepumpe in einem Gebäude anteilig zu decken.

Das PV-Dachflächenpotenzial wird bereits zu 17 % genutzt. In Anbetracht der örtlichen Bedingungen und Naturschutzgebiete spielen Flächenpotenziale für PV-Anlagen und Windenergie keine Rolle.

Als klimaneutrale Wärmequelle bietet sich in Reichenau vor allem die Nutzung des Bodenseewassers als Wärmequelle sowie die oberflächennahe Geothermie an. Das Potenzial der Erdwärme ist im gesamten Gemarkungsgebiet vorhanden, gemessen an der theoretischen Wärmeerzeugung ist das Potenzial zur Gebäudebeheizung hoch. Hier können mithilfe von Erdwärmesonden beachtliche Wärmepotenziale erschlossen werden, welche zur Einzelversorgung von Gebäuden aber auch zur anteiligen Speisung von Wärmenetzen genutzt werden können.

Die erzeugungsseitigen Potenziale durch Strom und Wärme werden durch Wärmeenergieeinsparungen durch energetische Sanierungsmaßnahmen an den Bestandsgebäuden in Reichenau ergänzt. Bei einer angenommenen Sanierungsquote von jährlich 1 % der Wohnflächen und kommunalen Liegenschaften sowie die Reduzierungsquote der Wärmebedarfe von 1 % bis 2040 in den Sektoren GHD und verarbeitendes Gewerbe lassen sich bis 2040 13 % des Gesamtwärmeverbrauchs einsparen. Gebäudesanierungen stellen damit einen wichtigen, aber schwer zu hebenden Baustein der Wärmewende dar.

1.4 Klimaneutrales Zielszenario

Auf Basis der Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse wird ein Zielbild ausgearbeitet, das aufzeigt, mit welchen Energieträgern und Versorgungssystemen eine klimaneutrale Wärmeversorgung erreicht werden kann. Klimaneutralität bedeutet, dass im Jahr 2040 Einzelheizungen und Wärmenetze ausschließlich mit erneuerbaren Energien betrieben werden.
In Reichenau kann der Wärmebedarf größtenteils durch Wärmepumpen gedeckt werden. Aufgrund des verfügbaren technischen Potenzials wird Erdwärme in der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung die am häufigsten genutzte Wärmequelle sein und etwa 30 % des gesamten Wärmebedarfs decken. Der Anteil der Luft-Wärmepumpen wird im Zieljahr 26 % betragen. Je nach energetischem Gebäudezustand werden punktuell auch andere dezentrale regenerative Wärmeerzeuger wie Holzkessel mit Solarthermie eingesetzt.

Der Ausbau von Wärmenetzen ist entscheidend, um den prognostizierten Anstieg des Wärmebedarfs für Gewächshäuser zu decken. Dadurch können etwa 40 % der gesamten Wärmeversorgung umweltfreundlich gedeckt werden. Zusätzlich verteilen sich 18 % des gesamten Wärmebedarfs in Wärmenetzgebieten für den Bestand und Neubau.
Wasserstoff wird vor 2040 nicht großflächig zur Gebäudebeheizung eingesetzt, kann aber zur Deckung von Spitzenlasten im Winter genutzt werden. Die Transformation des Gasnetzes ist noch offen und wird gerade untersucht.
Ein wichtiger Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität ist die energetische Gebäudesanierung. Diese senkt den Wärmebedarf und bereitet viele unsanierte Gebäude für einen effizienten Betrieb von Wärmepumpen vor. Dadurch lässt sich der Gesamtwärmebedarf bis 2040 um 13 % gegenüber dem Basisjahr 2022 senken.
Die Umsetzung des Zielszenarios bis 2040 führt zu einer erheblichen Reduzierung der Treibhausgasemissionen um rund 90 % gegenüber dem Basisjahr 2022.
Das klimaneutrale Zielszenario für Reichenau wurde für 17 Teilgebiete auf der Basis der ermittelten Kenngrößen ausgearbeitet. Dabei wurden Empfehlung über Energieversorgungssysteme und Energieträger zur Erreichung der Klimaneutralitätsziele gegeben.

1.5 Wärmewendestrategie

Im Rahmen der Wärmewendestrategie wird ein Transformationspfad entwickelt, der den Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung aufzeigt. Aus der Analyse des Zielszenarios werden Maßnahmen abgeleitet und fünf davon priorisiert. Gemäß dem KlimaG BW soll die Umsetzung dieser priorisierten Maßnahmen innerhalb der nächsten fünf Jahre beginnen.
In Abstimmung mit Vertretern der Kommunalverwaltung und relevanten Akteuren wurden folgende Maßnahmen entwickelt und detailliert beschrieben:

1. Untersuchung des Potenzials zur Wärmegewinnung aus Abwasser, einschließlich kurzfristiger Messungen der Abwassermengen und -temperaturen zur Berücksichtigung in einer Machbarkeitsstudie.
2. Prüfung möglicher Photovoltaik-Anlagen auf kommunalen Gebäuden zur Verbesserung der CO_2-Bilanz durch erneuerbar erzeugten Strom, um der Vorbildfunktion der Gemeinde gerecht zu werden.
3. Dekarbonisierung bestehender Heizzentrale bspw. durch die Erstellung eines Transformationsplans im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW).
4. Organisation einer Informationsveranstaltung für Bürgerschaft, um für das Thema nachhaltige Energieerzeugung zu sensibilisieren.
5. Machbarkeitsstudien zur nachhaltigen Wärmeversorgung in geeigneten Gebieten für Nahwärmenetze.

Zur Überwachung und Messung des Umsetzungsfortschritts wird ein Monitoringkonzept empfohlen. Angesichts dynamischer Entwicklungen ist es ratsam, den Transformationspfad regelmäßig zu überprüfen und an mögliche Änderungen der gesetzlichen, wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen anzupassen.

2. HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG WÄRMEPLANUNG

Deutschland hat das Ziel Klimaneutralität bis 2045 festgeschrieben, Baden-Württemberg sogar bis zum Jahr 2040. Die Klimaneutralität bedeutet, dass Treibhausgas-Emissionen bestmöglich durch Einsatz von regenerativen Energieträgern zu reduzieren sind, während nicht vermeidbare THG-Emissionen durch natürliche bzw. technische THG-Senken ausgeglichen werden [1]. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Reduzierung von Energieverbrauch mittels energetischer Sanierungen und eine regenerative Energienutzung essenziell. Der Weg dorthin wird gemeinhin als Energiewende bezeichnet. Im Gegensatz zu Strom kann Wärme jedoch nur sehr schwer und mit hohen Verlusten über längere Strecken transportiert werden. Deshalb ist es notwendig, diesen Transformationsprozess unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten zu planen. Darüber hinaus betrifft der Transformationsprozess nicht nur die Aufgaben der Daseinsvorsorge der Kommunen sondern auch Gebäude und Gemeindeentwicklung. Den Kommunen kommt dabei eine wichtige Funktion zu, die sie im Zuge der Wärmeplanung übernimmt.
Wie die Kommunen eine klimaneutrale Wärmeversorgung erreichen können, wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erarbeitet. Das Ziel der Klimaneutralität bezieht sich dabei auf sämtliche Sektoren der Wärmeversorgung, auch auf Unternehmen und private Haushalte. Da dies eine große Aufgabe ist, ist die kommunale Wärmeplanung als langfristiger Prozess angelegt, und die Wärmeplanung muss regelmäßig fortgeschrieben werden.
Der Wärmeplan soll dabei nicht nur als Leitfaden für die Umsetzung der Wärmewende selbst, sondern auch als Leitplanke für die Gemeindeplanung dienen. So sollen Synergieeffekte genutzt werden, um eine versorgungssichere und preisstabile klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.
Die Anforderungen an den kommunalen Wärmeplan sind in § 27 des Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) und die Vorgehensweise und inhaltliche Aufstellung im Kommunalen Wärmeplanung-Handlungsleitfaden der KEA BW [2] geregelt. Zuerst wird in der Bestandsanalyse der Ist-Zustand des Wärmebedarfs und der energetischen Infrastruktur erfasst. Im nächsten Schritt werden Potenziale regenerativer Energiequellen und Abwärmequellen zur Wärme- und Stromversorgung analysiert. Die Wärmesenken und -quellen werden zusammengestellt und klimaneutrale Versorgungszenarien ermittelt. Zum Schluss wird eine Wärmewendestrategie mit Maßnahmen ausgearbeitet.
Derzeit sind in Baden-Württemberg alle Gemeindekreise, große Kreisstädte und Kommunen mit über 20.000 Einwohnern dazu verpflichtet, einen kommunalen Wärmeplan bis zum 31.12.2023 aufzustellen. Außerdem können auch die nicht zur kommunalen Wärmeplanung verpflichteten Gemeinden freiwillig einen kommunalen Wärmeplan erstellen. Dazu zählt auch die Gemeinde Reichenau. Diese hat die AutenSys GmbH dazu beauftragt, die kommunale Wärmeplanung durchzuführen. Das Vorgehen folgt dem Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA BW) [2].

Der vorliegende Abschlussbericht fasst die methodischen und fachlichen Ergebnisse von Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Zielszenario und Maßnahmen zusammen. Dabei beziehen sich alle methodischen Angaben und zu beachtenden Rahmenbedingungen, sofern nicht anders angegeben, auf den Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung der KEA BW.

3. DIENSTLEISTER

Die von der Gemeinde Reichenau beauftragte AutenSys GmbH führte gemeinsam mit RBS Wave GmbH und der Netze BW GmbH die Wärmeplanung zwischen November 2023 und August 2024 durch. Nachfolgend werden die Dienstleister kurz vorgestellt.

3.1 AutenSys GmbH

Die AutenSys GmbH ist eine Energie-Ingenieur-Beratung und entwickelt grüne Energielösungen für Industrie, Gewerbe und Kommunen. Unabhängig von Herstellern oder weiteren Interessen erstellt die AutenSys GmbH für ihre Kund*innen Fahrpläne hin zur Energieeffizienz, CO_2-Reduzierung oder Energieautarkie in ihrem optimalen Betriebspunkt zwischen Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit. Dafür bringt die AutenSys GmbH Ingenieurkompetenz und Beratungsfähigkeiten inklusive BAFA-Zertifizierung mit Klimaneutralitäts- und Energiewirtschaftsaspekten in Einklang. Mit der Priorität hin zu einem grünen Technologiemix orientiert sich die AutenSys GmbH allein an den Interessen ihrer Kund*innen und bietet klare Orientierung im zunehmend dynamischen Energie-Marktumfeld sowie der Klimaschutzgesetzgebung.
Mission: Gemeinsam mit den Kund*innen gestaltet die AutenSys GmbH deren klimasichere Energieversorgung: ganzheitlich, nachhaltig und wirtschaftlich.

3.2 RBS wave GmbH

Die RBS wave GmbH arbeitet regional und bundesweit erfolgreich als beratendes Ingenieurunternehmen mit den Arbeitsschwerpunkten Energieversorgung, Wasserversorgung und Infrastruktur. Die RBS wave GmbH beschäftigt aktuell ca. 160 Mitarbeiter und bietet in den Bereichen Energie, Wassertechnik und Infrastruktur in Ettlingen und Stuttgart mit rund 140 technischen Mitarbeitern (Ingenieure, Geologen, Techniker, technische Zeichner) alle Ingenieurleistungen rund um das Thema Quartiersversorgung (Wärme, Kälte, Strom, Gas, Wasser, Abwasser, Breitband) an. In diesem Rahmen hat die RBS wave GmbH in den letzten Jahren u.a. verschiedene Projekte zur Planung von Energieerzeugungszentralen (Wärme/Kälte) sowie von Nah- und Fernwärmeleitungen durchgeführt.

3.3 Netze BW GmbH

Die Netze BW ist Wegbereiter der Energiewende in Deutschland und gestaltet diese aktiv und verantwortungsbewusst mit. Unter dem Motto „Energiewende. Sicher. Machen.“ unterstützt die Netze BW als erfahrenes, regional verwurzeltes Unternehmen Kommunen, Landkreise und Stadtwerke bei der Umsetzung der Energiewende. Als größter Verteilnetzbetreiber in Baden-Württemberg ist die Netze BW GmbH nicht nur für Strom-, Gas- und Wassernetze zuständig, sondern auch für Dienstleistungen unter anderem in den Bereichen öffentliche Beleuchtung, Elektromobilität, Energietechnik und -effizienz, Breitband sowie Wärme. Mit hoher Expertise in den Bereichen Wärmewende und Wärmeinfrastruktur entwickelt Netze BW (Sparte Dienstleistungen) maßgeschneiderte Strategien, die eine integrative Wärmeversorgung bis zur Klimaneutralität ermöglichen. Der Anspruch ist dabei, die Lebensqualität kommender Generationen zu sichern.

4. DATENERHEBUNG

Die Datenerhebung und -verarbeitung erfüllt stets alle Anforderungen des Datenschutzes. Der Umfang der Datenerhebung war zunächst im §7 des Klimaschutzgesetz (KSG BW) und dann im §27 Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz (KlimaG BW) Baden-Württemberg geregelt und bildet somit die notwendige Rechtgrundlage.

Grundlage für eine praxisnahe und umsetzungsorientierte kommunale Wärmeplanung ist eine solide und umfassende Datenlage. Dazu zählen nicht nur die derzeit benötigten Wärmemengen und Energieträger. Darüber hinaus ist es ebenso wichtig zu wissen, wie heute die Wärme erzeugt wird und welche Voraussetzungen damit für eine zukünftige Wärmeversorgung einhergehen.

4.1 Vorgehensweise und Datenschutz

Zur Erhebung der Daten wurden vom Auftraggeber Netzbetreiber, Energieversorgungsunternehmen, Schornsteinfeger, Unternehmen und weitere relevante Akteure für die kommunale Wärmeplanung kontaktiert. Die Datenanfrage sowie -übermittlung erfolgte stets über den Ansprechpartner der Gemeinde Reichenau, welcher die Informationen den Bearbeitenden über eine passwortgeschützte Cloud zur Verfügung stellte.

4.1.1 Online-Umfrage industrielle Abwärme

Zur Identifizierung möglicher Abwärmequellen bei Betrieben der Sektoren Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) wurde ein Online-Fragebogen, basierend auf der KEA-Vorlage „Formular zur Erhebung der Abwärme in Unternehmen“ erstellt [3]. Die relevanten Unternehmen wurden vom Auftraggeber per Postbrief sowie E-Mail mit QR-Code zur Teilnahme an der Fragebogenaktion eingeladen.

Abgefragt wurden die firmenspezifischen Daten Endenergieverbrauch, Wärmeverbrauch nach Energieträgern (inkl. erneuerbarer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung), Abwärmeaufkommen nach Art und zeitlicher Verfügbarkeit sowie die Bereitschaft, Abwärme an Dritte abzugeben.

4.1.2 Energieversorger/Netzbetreiber

Zur Datenabfrage bei den Energieversorgern und Verteilnetzbetreibern wurden jeweils tabellarische Vorlagen mit den benötigten Daten zur Verfügung gestellt. Auch hier erfolgte die Abfrage bei den Akteuren über den Ansprechpartner der Gemeindewerke Reichenau.

Abgefragt wurden bei den Energieversorgern die adressscharfen Jahresverbräuche der leitungsgebundenen Energieträger Nahwärme, Erdgas und Strom für Wärmeanwendungen. Die Netzbetreiber stellten Daten zum bestehenden Gasnetz sowie dem Nahwärmenetz in Reichenau zur Verfügung.

4.1.3 Schornsteinfeger

Das elektronische Kehrbuch der Bezirksschornsteinfeger wurde eigens für die Datenlieferung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung mit einer Schnittstelle zum Export von passwortgeschützten CSV-Dateien ausgestattet. Diese wurden über die Gemeindewerke Reichenau abgefragt und den Bearbeitenden weitergeleitet.

Der Umfang des Exports aus dem elektronischen Kehrbuch umfasst die adressscharfen Feuerstätten nach Art, Brennstoff, Nennwärmeleistung, Baujahr sowie weiteren Informationen zu Brenn- bzw. Heizwert und Zentral- bzw. Einzelraumheizung.

4.2 Aufbereitung der Daten

Bei der Aufbereitung der gelieferten Energiedaten wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Vollständigkeitsprüfung:
   Generell wird davon ausgegangen, dass die gelieferten Datensätze vollständig sind. Insofern bezieht sich die Vollständigkeitsprüfung auf die Überprüfung der Attribute innerhalb eines Objekts. Fehlende Daten führen, je nach Relevanz, entweder zur Löschung des betreffenden Objekts oder zur Ergänzung, beispielsweise durch den Mittel- oder Medianwert der anderen Attributausprägungen.
2. Plausibilitäts- und Konsistenzprüfung:
   Hierbei wird geprüft, ob Wertebereich und Verteilung der gegebenen Werte plausibel sind und ob Ausreißer vorliegen.
3. Fehleranalyse und Datenbereinigung:
   Hierbei werden fehlerhafte, unvollständige oder doppelte Objekte identifiziert, bewertet und bei Bedarf gelöscht oder ergänzt.
4. Datentransformation und -anreicherung:
   In diesem Schritt wird sichergestellt, dass in den Datensätzen dieselben Dimensionen vorliegen. Dies sind bei Energiedaten insbesondere Energiemengen in Kilowattstunden (kWh), Leistungen in Kilowatt (kW), Flächen in Quadratmetern (m^2) sowie CO_2-Emissionen in Kilogramm pro Kilowattstunden (kg/kWh). Aufbauend auf den vorangegangenen Schritten werden die Datensätze um weitere sinnvolle Attribute für die nachfolgenden Analysen angereichert. Dies sind zum Beispiel Gebäudetyp-spezifische Anteile an Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme oder flächenbezogene Energieverbräuche.

4.3 Datenqualität

Zur Weiterverarbeitung der Energiedaten im geographischen Informationssystem (GIS) wurden jeweils adressscharfe Informationen abgefragt. Diese Anforderung wurde bei sämtlichen Datensätzen erfüllt, wobei je nach Datenquelle verschiedene Fehlerarten aufgetreten sind, z.B. Adressen ohne Hausnummer bzw. Dummy-Hausnummern (9999), Energieverbräuche ohne Straßenzuordnung, doppelte Hausnummern. Insgesamt bewegte sich die Quote dieser Fehler im geringen einstelligen Prozentbereich, sodass bei den vorliegenden Datensätzen eine sehr gute Datenqualität festgestellt werden konnte.

Die Leitungsdaten des Wärmenetzes wurde im CAD-Format (DXF) geliefert und konnten somit direkt mittels der verwendeten GIS-Software ArcGIS Pro konvertiert und in den Datenbestand aufgenommen werden. Die Leitungsdaten der Gasnetze wurden im PDF-Format übermittelt, welches in einem weiteren Schritt mit Hilfe von einem frei verfügbaren Geodaten-Converter in das ESRI-Format Shapefile umgewandelt und zur GIS-Datenbank hinzugefügt werden konnte.

4.4 Zwischenfazit Datenerhebung

Die Datenerhebung konnte dank des engagierten Einsatzes des Ansprechpartners auf Seiten der Gemeindewerke Reichenau in angemessener Zeit eine belastbare Datengrundlage für die kommunale Wärmeplanung liefern. Wünschenswerte wäre es gewesen, die Stromverbrauchsdaten differenziert nach Nachtspeicher- und Wärmepumpenstrom zu erhalten. Des Weiteren haben sich auch nach mehrfachem Nachfassen nicht alle Schornsteinfeger mit den Kehrbuchdaten zurückgemeldet, sodass hier Ansätze zur Ergänzung der fehlenden Informationen durch eigene Annahmen getroffen werden mussten. Die Validierung der Ergebnisse aus der Bestandsanalyse haben jedoch gezeigt, dass die Ergebnisse plausibel sind und somit eine gute Basis für die weiterführenden Arbeitspakete liefern.

5. BESTANDSANALYSE

In der Bestandsanalyse erfolgt eine systematische und qualifizierte Erhebung des aktuellen Wärmeverbrauchs (Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme) einschließlich Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baualtersklassen sowie der aktuellen Versorgungsstruktur. Anschließend werden aus dem aktuellen Wärmeverbrauch die Treibhausgasemissionen ermittelt. Die kommunale Wärmeplanung bezieht sich auf das gesamte Gemeindegebiet und schließt damit Gewerbe- und Industriegebiete ein.

5.1 Gemeindestruktur

Die Flächennutzung der Gemeinde Reichenau ist in Tabelle 1 im zahlenmäßigen Überblick und in Abbildung 1 räumlich aufgelöst dargestellt. Das Gemarkungsgebiet wird dabei überwiegend durch Landwirtschafts- und Waldflächen geprägt. Die landwirtschaftlichen Flächen sind in der Gemeinde Reichenau mehrheitlich geprägt durch eine große Anzahl an Gewächshäusern. Flächen mit Wohnnutzung machen 6 %, Industrie- und Gewerbeflächen knapp 2 % des Gemarkungsgebiets aus.

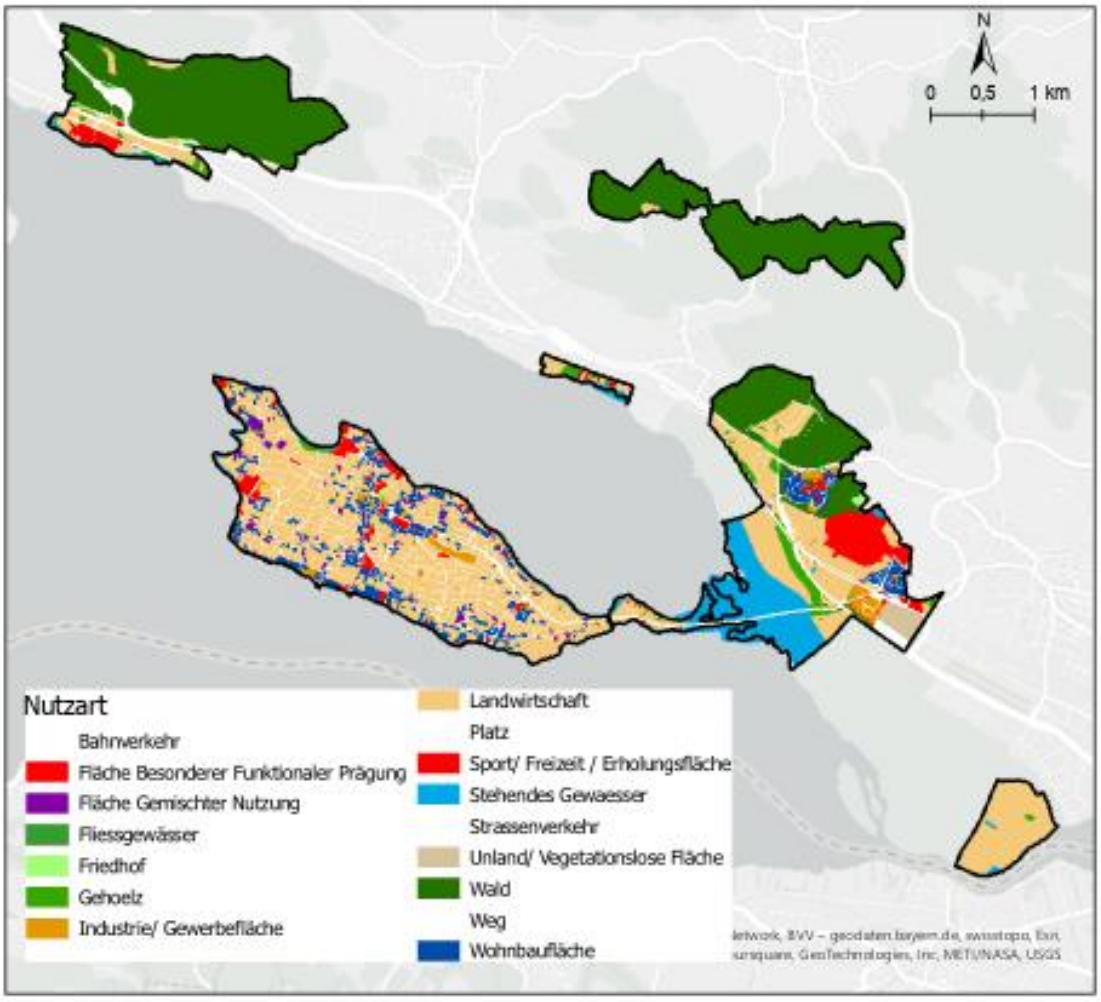


Abbildung 1: Flächennutzung Gemeinde Reichenau [4]

Tabelle 1: Relative Anteile der Flächennutzung in Reichenau [4]

Nutzung	Relativer Anteil In %	Nutzung	Relativer Anteil In %
Landwirtschaft	35 %	Wohnen	6 %
Wald / Gehölz	33 %	Industrie & GHD	2 %
Gewässer	10 %	Öffentliche / Sonderfläche	5 %
Verkehr	8 %	Sonstige	1 %

5.2 Gebäudestruktur

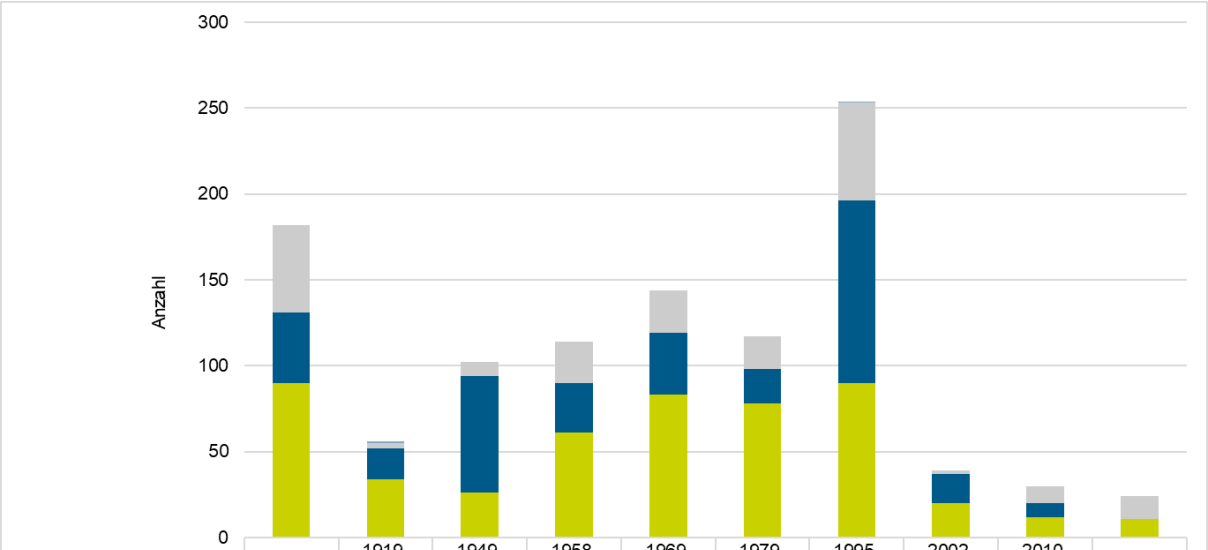
In der Gemeinde Reichenau sind 1.279 beheizte Gebäude verzeichnet, welche zu 82 % dem Sektor Wohnen und zu 15 % dem Sektor GHD & Sonstiges zugewiesen werden (Tabelle 2). Im Gemarkungsgebiet liegen insgesamt 29 beheizte kommunale Gebäude, was einem Anteil von 2 % an den beheizten Gebäuden entspricht.

Tabelle 2: Aufteilung der Gebäudenutzung Gemeinde Reichenau

Gebäudenutzung	Gebäude-anzahl	Verteilung
Wohnen	1.040	82,0%
GHD, Sonstige	195	1,0%
Kommunale Gebäude	29	2,0%
Verarbeitendes Gewerbe	15	1,2%
Beheizte Gebäude gesamt	**1.279**	**100,0%**
Nicht klassifizierte Gebäude*	1.810	

** Gebäude i.d.R. ohne Wärmebedarf, z.B. Garage, Scheune, Stall etc.*

Die Struktur der Wohnbebauung in Reichenau wird aus Abbildung 2 ersichtlich, welche zu großen Teilen durch Einfamilienhäuser und Doppel- bzw. Reihenhäuser geprägt ist. In etwa die Hälfte der Wohngebäude sind Einfamilienhäuser, gefolgt von 32 % Doppel- und Reihenhäusern und 20 % Mehrfamilienhäusern. Knapp ein Viertel der Wohngebäude ist den Gebäudealtersklassen von 1995 bis 2001 zuzuordnen. Im Vergleich zu Baden-Württemberg weist Reichenau daher eine tendenziell jüngere Gebäudealtersstruktur auf [3]. In der Abbildung 3 ist weiterhin die am häufigsten auftretende Gebäudealtersklasse je Baublock dargestellt.



	bis 1918	1919-1948	1949-1957	1958-1968	1969-1978	1979-1994	1995-2001	2002-2009	2010-2019	ab2020
Hochhäuser	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr. Mehrfamilienhäuser	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Mehrfamilienhäuser	51	3	8	24	25	19	57	2	10	13
Doppel-/Reihenhäuser	41	18	68	29	36	20	106	17	8	0
Einfamilienhäuser	90	34	26	61	83	78	90	20	12	11

Abbildung 2: Wohngebäude in Reichenau nach Gebäudetyp und Altersklasse

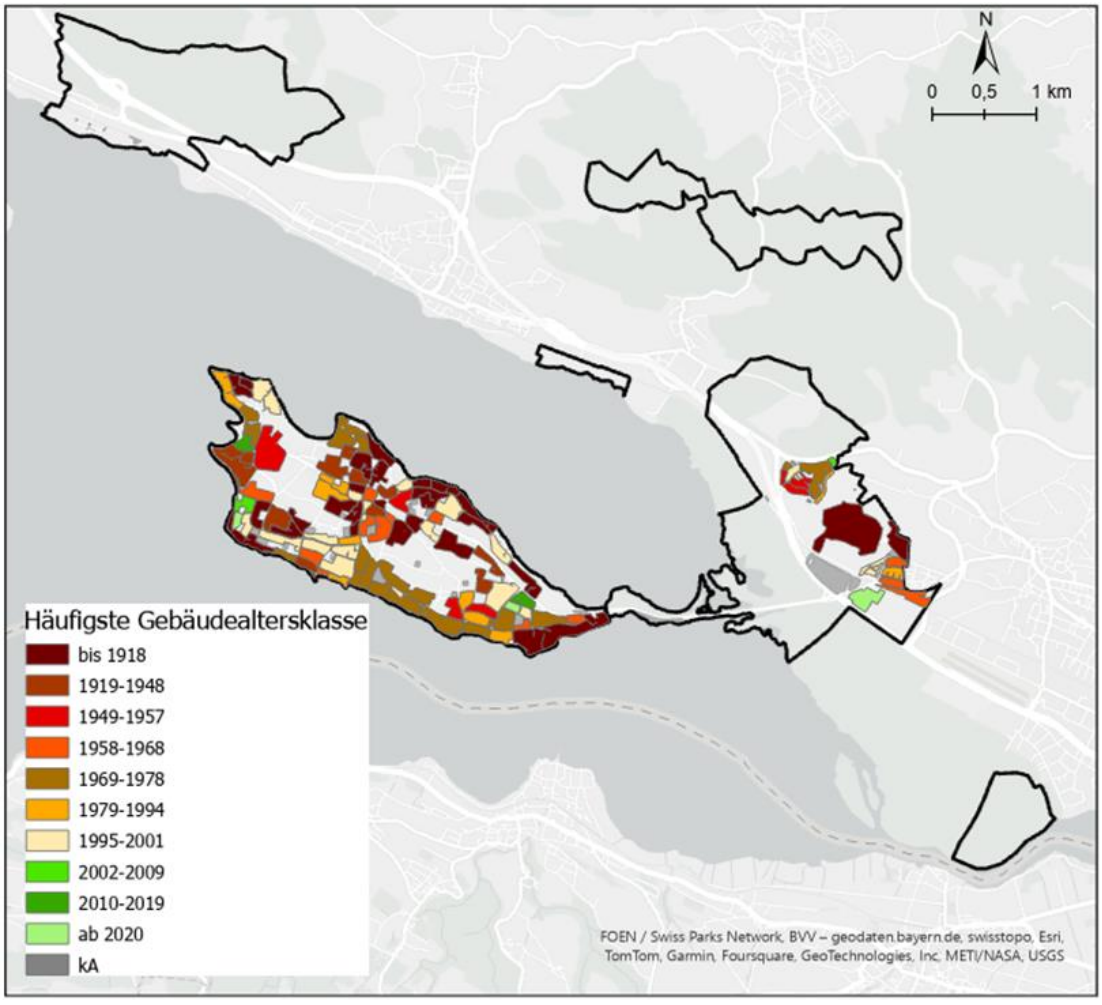


Abbildung 3: Häufigste Gebäudealtersklassen in Reichenau

Kommunale Gebäude spielen in der lokalen Wärmewende eine wichtige Rolle. Die Kommune kann ihrer Vorreiterrolle nachkommen und über die Beheizung ihrer eigenen Liegenschaften selbst entscheiden. Weiterhin stellen kommunale Liegenschaften oftmals eine Keimzelle für neue Wärmeverbünde dar. Sie werden im Kommunalen Wärmeplan gesondert ausgewiesen, wie Abbildung 4 beispielhaft zeigt. Bei den kommunalen Gebäuden handelt es sich nicht zwangsläufig um öffentlich zugängliche Gebäude – auch Wohngebäude können in kommunaler Hand sein.

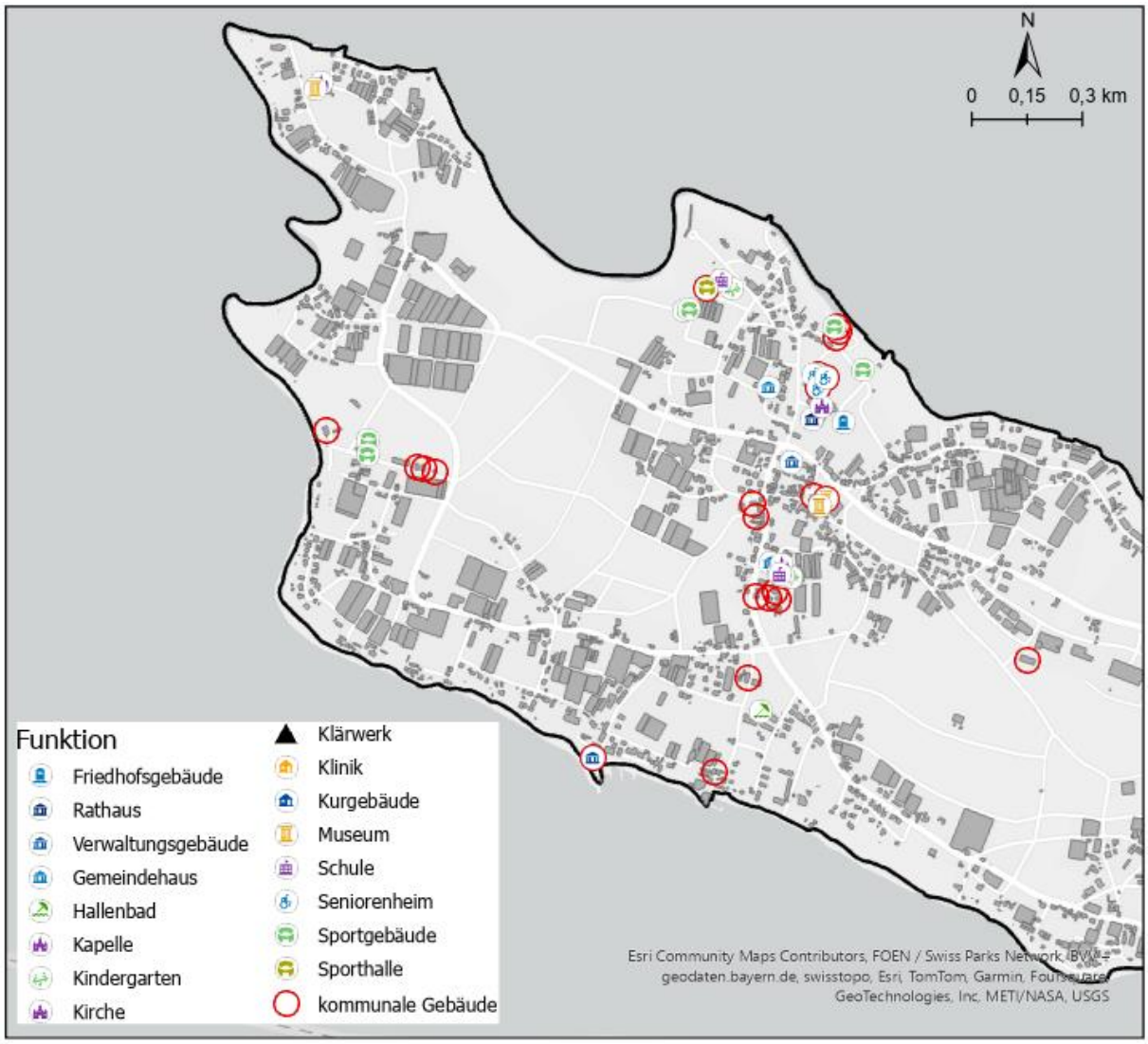


Abbildung 4: Ausschnitt öffentlicher Gebäude in Reichenau mit Kennzeichnung der kommunalen Gebäude [4], [7]

5.2.1 Heizungen nach Energieträgern

Die Unterteilung der Heizungen nach Energieträgern wurde anhand von gebäudescharfen Verbrauchsdaten sowie der Anlagendaten der Bezirksschornsteinfeger vorgenommen. Lagen für ein Gebäude, das aufgrund seiner Nutzung gem. ALKIS als „beheizt" einzustufen ist, keinerlei Verbrauchs- oder Anlageninformationen vor, wurde angenommen, dass dieses mit Heizöl beheizt wird. Für jüngere Gebäude, die nach 2010 erbaut wurden, wurde davon ausgegangen, dass diese mit Pellets beheizt werden. Zur Ermittlung des Wärmebedarfs wurden abhängig von Baualtersklasse und Gebäudetyp unterschiedliche flächenspezifische Bedarfswerte verwendet und mit der Energiefläche multipliziert.

Aus Tabelle 3 ist abzulesen, dass die Wärmeversorgung in Reichenau aktuell noch sehr stark fossil geprägt ist und ca. 84 % der Heizungen mit Erdgas oder Heizöl betrieben werden. 2,5 % der Gebäude sind an ein Wärmenetz angeschlossen. Im Vergleich zum bundesweiten Durchschnitt weist Reichenau damit eine deutlich geringere Wärmenetz-Versorgungsquote auf, wobei die Studie des BDEW [8] keine Unterscheidung hinsichtlich der Versorgungsstruktur in kleinen und großen Städten vornimmt. In der 40/40-Studie des AGFW [9] ist dies anders, hier wird für Kleinstädte (bis 20.000 Einwohner) eine durchschnittliche Wärmenetzversorgungsquote von 7 % benannt. Sie liegt damit etwas niedriger als der vom BDEW ausgewiesene Wert. Insgesamt 5,8 % der Heizungen in Reichenau wurden elektrisch betrieben, wobei Nachtspeicheröfen häufiger als Wärmepumpen vertreten sind. Da die Heizungen in Tabelle 3 nach ihrem Primärbrennstoff ausgewiesen werden, werden kleinere Holzöfen oder Solarthermieanlagen zur Heizungsunterstützung an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt.

Tabelle 3: Eingesetzte Heizungen unterteilt nach Primärbrennstoffen [8], [10], [11], [12], [13]

Heizungen nach Primärbrennstoff	Anzahl Heizungen (Reichenau)	Anteil in % (Reichenau)	Anteil in % (Deutschland)
Erdgas	679	53,1 %	48,2 %
Heizöl	397	31,0 %	25,6 %
Wärmenetz	32	2,5 %	13,9 %
Wärmepumpe	31	2,4 %	2,2 %
Nachtspeicher	43	3,4 %	2,6 %
Holz	97	7,6 %	7,5 %

Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen die Altersstrukturen der mit Erdgas und Heizöl versorgten Heizungen in Reichenau im Vergleich zu Deutschland – hierfür wurden sämtliche verfügbaren Datensätze der Bezirksschornsteinfeger ausgewertet [13].

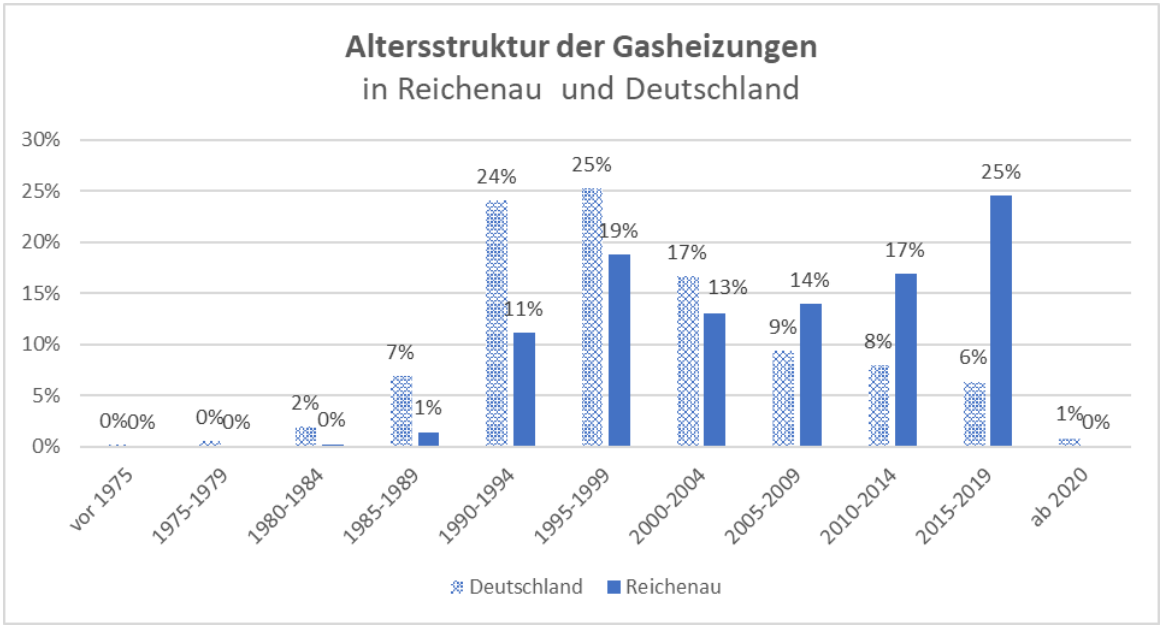


Abbildung 5: Altersstruktur der Gasheizungen in Reichenau und Deutschland

Aus Abbildung 5 ist ersichtlich, dass die Gasheizungen in Reichenau, verglichen mit dem Bundesdurchschnitt, deutlich jünger sind. 42 % der lokalen Gasheizungen sind nach 2010 installiert worden und waren somit im Basisjahr 2022 maximal 12 Jahre alt. Hier zeigt sich die Herausforderung für die Gemeinde Reichenau – die Gasheizungen sind so jung, dass nicht mit einem zeitnahen Wechsel zu erneuerbaren Wärmequellen oder dem Anschluss an ein potenzielles Wärmenetz zu rechnen ist.

Die Abbildung 6 zeigt tendenziell ein ähnliches Bild. Im Basisjahr 2022 beläuft sich der Anteil der Ölheizungen mit einem maximalen Heizungsalter von 12 Jahren auf 21 %. Mit einem zeitnahen Austausch der Ölheizungen ist bei den Heizungen, die vor 1995 eingebaut wurden, zu rechnen. Diese Heizungen sind älter als 30 Jahre und der Anteil an den Ölheizungen beläuft sich auf etwa einem Drittel. Hier bietet sich die Chance fossile Heizungssysteme durch regenerative Heizungen zu ersetzen.

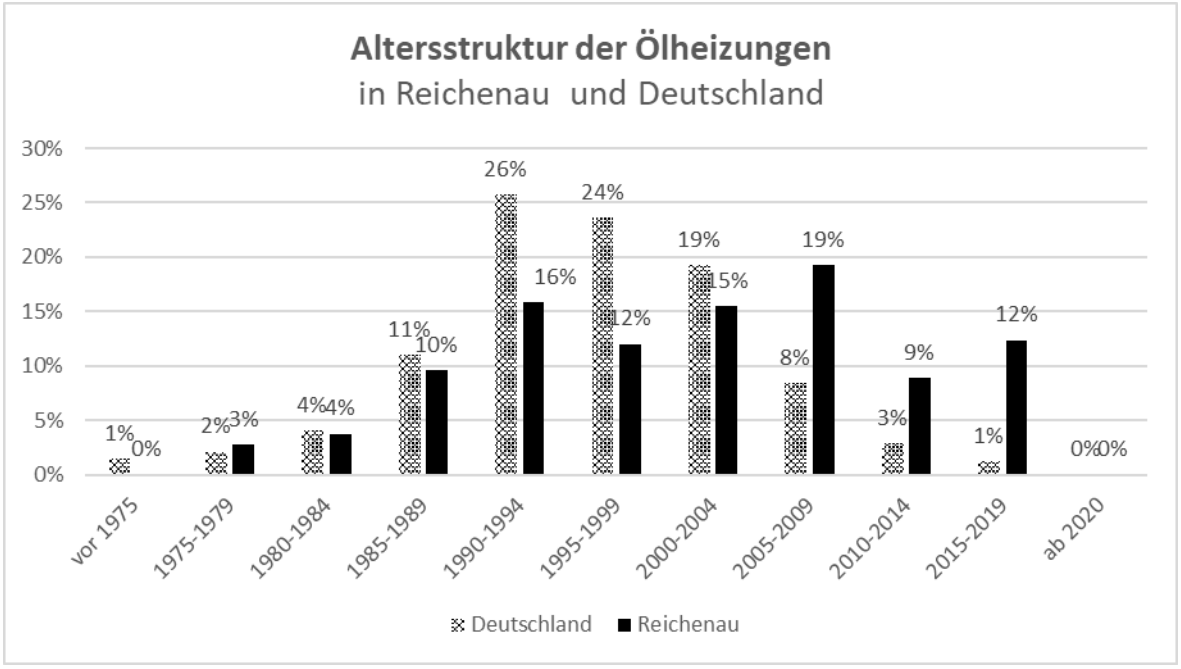


Abbildung 6: Altersstruktur der Ölheizungen in Reichenau und Deutschland

5.2.2 Gasversorgung

Reichenau ist flächendeckend an die Gasversorgung angeschlossen. Insgesamt wurden im Basisjahr 2022 knapp 680 Anschlussnehmer mit knapp 52 GWh Erdgas versorgt. In der Tabelle 4 wird die Gasabnahme nach Sektoren aufgeschlüsselt [11]. Von den kommunalen Gebäuden wurden im Basisjahr 2022 zwei Gebäude anteilig mit Biogas versorgt. Der Biogasverbrauch an den kommunalen Liegenschaften bewegt sich im unteren einstelligen Prozentbereich.

Tabelle 4: Erdgasverbrauch nach Sektoren

Sektor	Erdgasverbrauch 2022 in MWh	Relativer Anteil in %
Wohnen	17.221	42 %
Kommunale Gebäude	1.493	4 %
GHD & Sonstiges	22.189	54 %
Verarbeitendes Gewerbe	468	1 %
Summe	**51.879**	**100 %**

5.2.3 Wärmenetz

In Reichenau gibt es ein Wärmenetz auf dem Gelände des Zentrums für Psychiatrie (ZfP), welches die unterschiedlichen klinischen Gebäude sowie Wohngebäude mit Wärme versorgt. Insgesamt sind 32 Gebäude an das Wärmenetz angeschlossen. Die Wärmebereitstellung erfolgte im Basisjahr durch ein BHKW und zwei Gaskessel, die jeweils mit Gas betrieben wurden. In der Tabelle 5 ist die Wärmeabnahme nach Sektoren aufgeschlüsselt. [10]

Tabelle 5: Wärmeverbrauch nach Sektoren

Sektor	Wärmeverbrauch 2022 in MWh	Relativer Anteil in %
Wohnen	0	0 %
Kommunale Gebäude	0	0 %
GHD & Sonstiges	9.200	100 %
Verarbeitendes Gewerbe	0	0 %

5.2.4 Schwerpunktgebiete nach Energieträgern

Auf Basis der vorliegenden Schornsteinfegerdaten und der Verbrauchsdaten für leitungsgebundene Energieträger lassen sich Schwerpunktgebiete für die eingesetzten Primärenergieträger in Reichenau ausmachen. In Abbildung 7 werden diese geografisch auf Baublockebene dargestellt. Es wird jeweils der am häufigsten verwendete Energieträger im Baublock ausgewiesen. Aus Gründen des Datenschutzes werden nur Baublöcke betrachtet, in denen sich mindestens fünf wärmebedarfsrelevante Gebäude befinden – ansonsten werden sie auf der Karte ausgegraut.

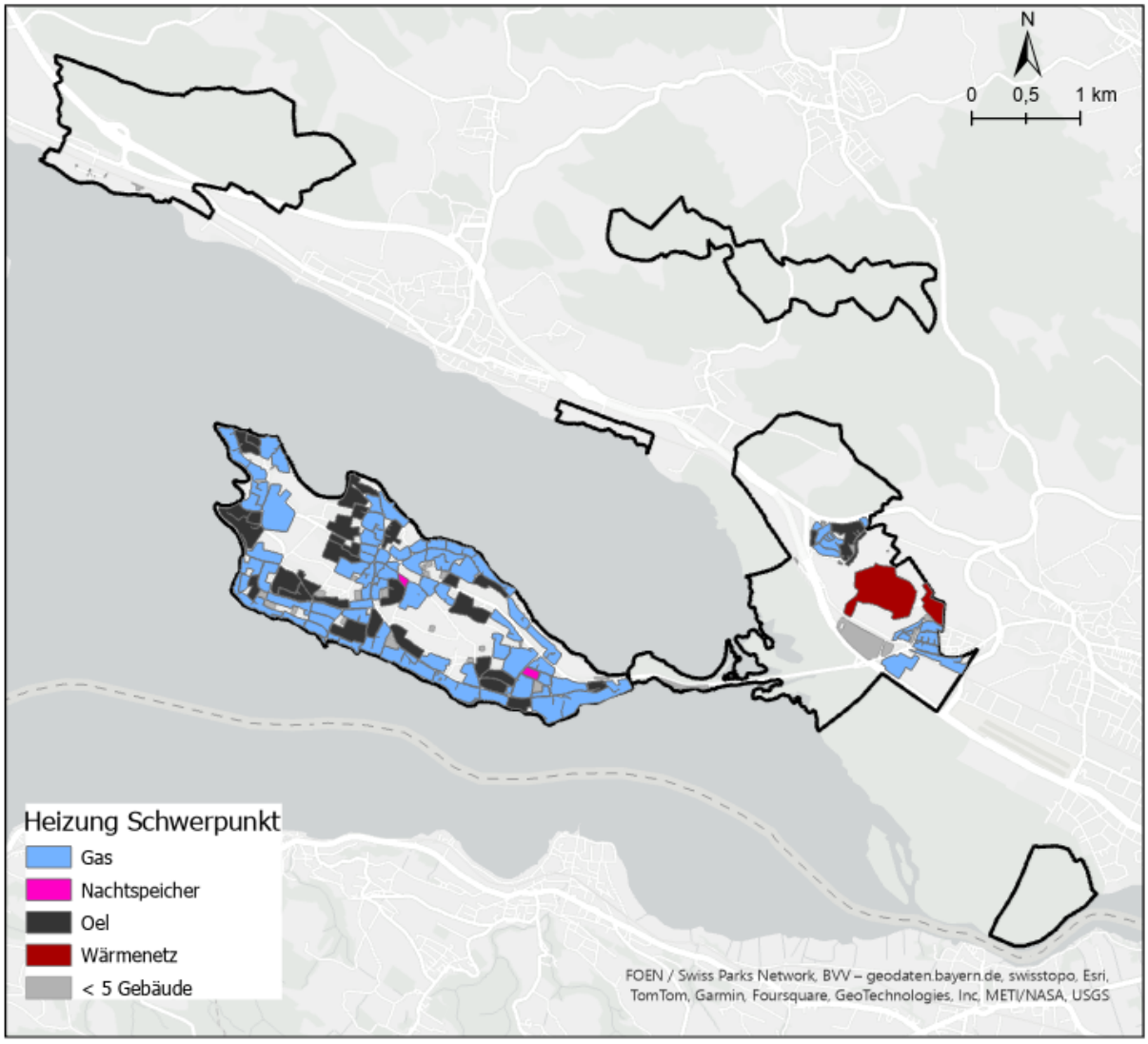


Abbildung 7: Schwerpunktgebiete nach eingesetztem Energieträger

Wie in Kapitel 5.2.2 beschrieben ist Reichenau flächendeckend an die Gasversorgung angeschlossen, dies spiegelt sich auch in der Abbildung 7 wider. Schwerpunktgebiete für Ölheizungen treten kleinräumiger aber auch zusammenhängend auf. Gut zu erkennen ist ebenfalls der Wärmeverbund auf dem Gelände der psychiatrischen Klinik Reichenau. In zwei Baublöcken treten Nachtspeicherheizungen als häufigster Energieträger auf.

5.3 Energie- und THG- Bilanz 2022

Auf Basis der bereitgestellten Verbrauchsdaten sowie der Anlagendaten aus den elektronischen Kehrdatenbüchern lassen sich sämtliche Endenergiebedarfe für die Reichenauer Wärmeversorgung im Basisjahr 2022 bilanzieren. Durch Multiplikation der Energiemengen mit den entsprechenden Emissionsfaktoren (siehe Anhang *3*) lassen sich die dadurch verursachten Treibhausgasemissionen ebenfalls bestimmen.

5.3.1 Endenergiebedarf nach Energieträgern und THG- Bilanz

Abbildung 8 zeigt den Status Quo der Endenergiebedarfe und der dadurch verursachten CO_2-Emissionen der Wärmeversorgung in Reichenau aufgeteilt nach eingesetzten Brennstoffen. Es konnte ein Gesamtendenergiebedarf von 90 GWh erfasst werden. Wie schon in Abschnitt 5.2.1 beschrieben, wurde ein Großteil der Gebäude im Basisjahr 2022 fossil beheizt. Das spiegelt sich auch in der Endenergiebilanz wider – 83 % des Endenergiebedarfs lassen sich auf Gas- u Ölheizungen zurückführen. Mit 11 % des Endenergiebedarfs macht die Fernwärmeversorgung einen deutlichen Teil aus. Die Erzeugung erfolgt hier ebenfalls durch erdgasbefeuerte Kessel und BHKWs. Da die Erzeuger in der Heizzentrale aber perspektivisch ausgetauscht werden können, wird die Fernwärmeversorgung in der Bilanz noch einmal separat aufgeführt. Die Holz-basierte Wärmeerzeugung macht mit 5 % einen kleineren Anteil am Endenergiebedarf aus. Die Strom-basierte Wärmeerzeugung aus Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen deckt zusammen mit 1 % einen noch kleineren Teil.

Die fossilen Brennstoffe Gas und Öl verursachen mit 87 % den Großteil der 23.000 Tonnen an CO_2, die im Wärmesektor in Reichenau anfallen. 45 % der Emissionen werden durch Heizöl, 42 % durch Erdgas verursacht. Wie bereits oben erwähnt, wird auch das Wärmenetz derzeit zu einem großen Anteil durch Erdgas befeuert – 10 % der Emissionen lassen sich hierauf zurückführen. Mit einem Brennstoffwechsel kann dieser Anteil jedoch zukünftig noch deutlich gesenkt werden. Holz wird in Anhang *3* mit einem niedrigen Emissionsfaktor bewertet, da es sich hierbei um einen nachwachsenden Rohstoff handelt. Deshalb trägt die Verfeuerung von Holz in Form von Pellets, Hackschnitzel oder Scheitholz nur zu < 1 % der gesamten Emissionen bei. Je nach Herkunft des Holzes kann Holz als Brennstoff allerdings auch mit einem deutlich höheren Emissionsfaktor bewertet werden, beispielsweise dann, wenn dem Wald mehr Holz entnommen wird, als nachwächst. Die auf Strom basierende Wärmeversorgung verursacht 1,6 % der CO_2-Emissionen, obwohl nur 0,8 % der Endenergie durch Strom bereitgestellt wurde. Die Ursache hierfür ist der hohe Emissionsfaktor für den deutschen Strommix im Basisjahr 2022 – da von einem stetigen Ausbau von erneuerbaren Energien auszugehen ist, wird sich auch der Emissionsfaktor des eingesetzten Stroms in den kommenden Jahren reduzieren. So geht beispielsweise die KEA BW davon aus, dass dieser im Jahr 2030 auf 0,270 und im Jahr 2040 auf 0,032 kg/kWh gesunken sein wird [14].

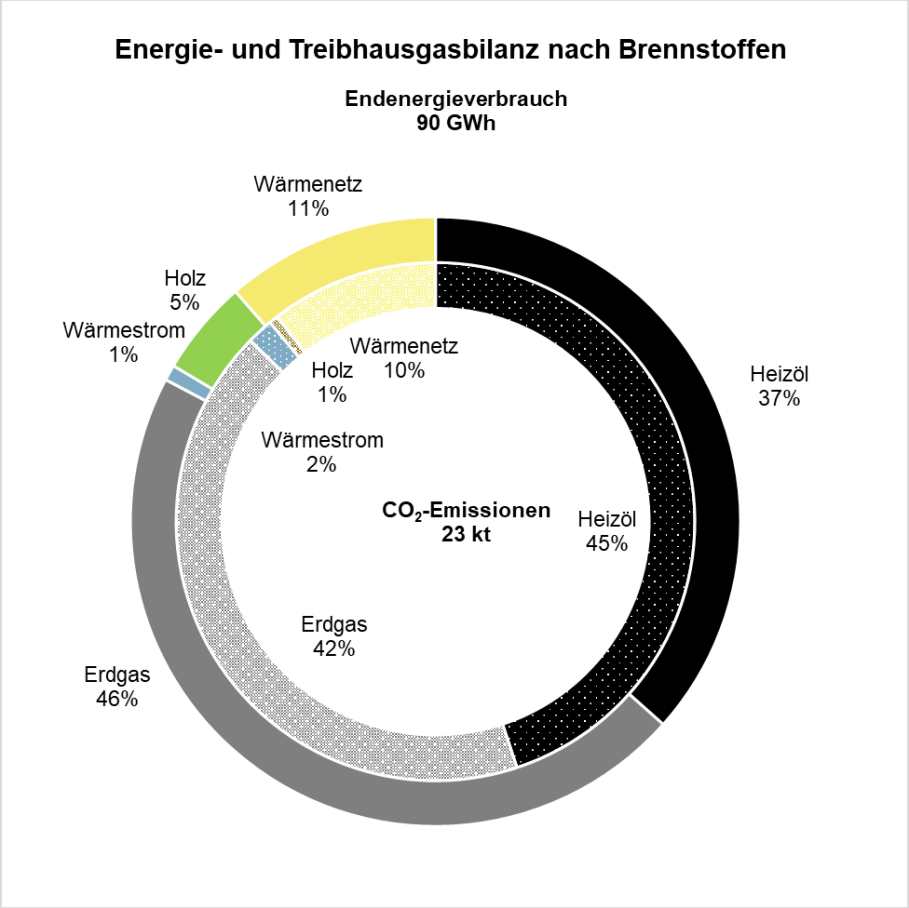


Abbildung 8: Energie- & Treibhausgasbilanz nach eingesetzten Brennstoffen

5.3.2 Endenergiebedarf nach Sektoren und THG- Bilanz

Abbildung 9 zeigt erneut die Endenergiebedarfe und die dadurch verursachten CO_2-Emissionen der Wärmeversorgung in Reichenau. Sie werden nach Sektoren aufgeteilt dargestellt. Mit 56 % fällt mehr als die Hälfte des Endenergiebedarfs im Sektor „Wohnen“ an. 41 % lassen sich dem Sektor „GHD & Sonstiges“, 1 % dem Sektor „Verarbeitendes Gewerbe“ zuordnen. Eine Sonderstellung nehmen im Sektor „GHD & Sonstiges“ die Gewächshäuser ein. Im Basisjahr konnten rd. 18 GWh und damit ein Anteil von 20 % am Endenergiebedarf den Gewächshäusern zugeordnet werden. Auf die 29 beheizten kommunalen Liegenschaften lassen sich 2 % des gesamten Endenergiebedarfes zurückführen – hier wird deutlich, weshalb diese in der kommunalen Wärmeplanung eine Sonderstellung erhalten. Da die Gemeinde Eigentümerin ist, kann sie selbst einen Brennstoff- bzw. Heizungswechsel beschließen und realisieren. Sie hat damit eine Vorbildfunktion gegenüber allen anderen Akteuren in der Gemeinde.

In Abbildung 9 werden die 23.000 Tonnen CO_2, welche durch die Wärmeversorgung in Reichenau verursacht werden, auf die einzelnen Gebäudesektoren verteilt. Mit 59 % lassen sich über die Hälfte der Emissionen dem Sektor „Wohnen“ zuordnen. Auf die Sektoren „GHD & Sonstiges“ entfallen 38 % und auf das „Verarbeitende Gewerbe“ lediglich 1 %. Die Beheizung der Gewächshäuser im Sektor „GHD & Sonstiges“ beläuft sich mit rd. 4.100 CO_2 auf 18 % der gesamten Emissionen des Wärmesenktors. Die kommunalen Liegenschaften verursachten im Basisjahr ca. 2 % der Emissionen.

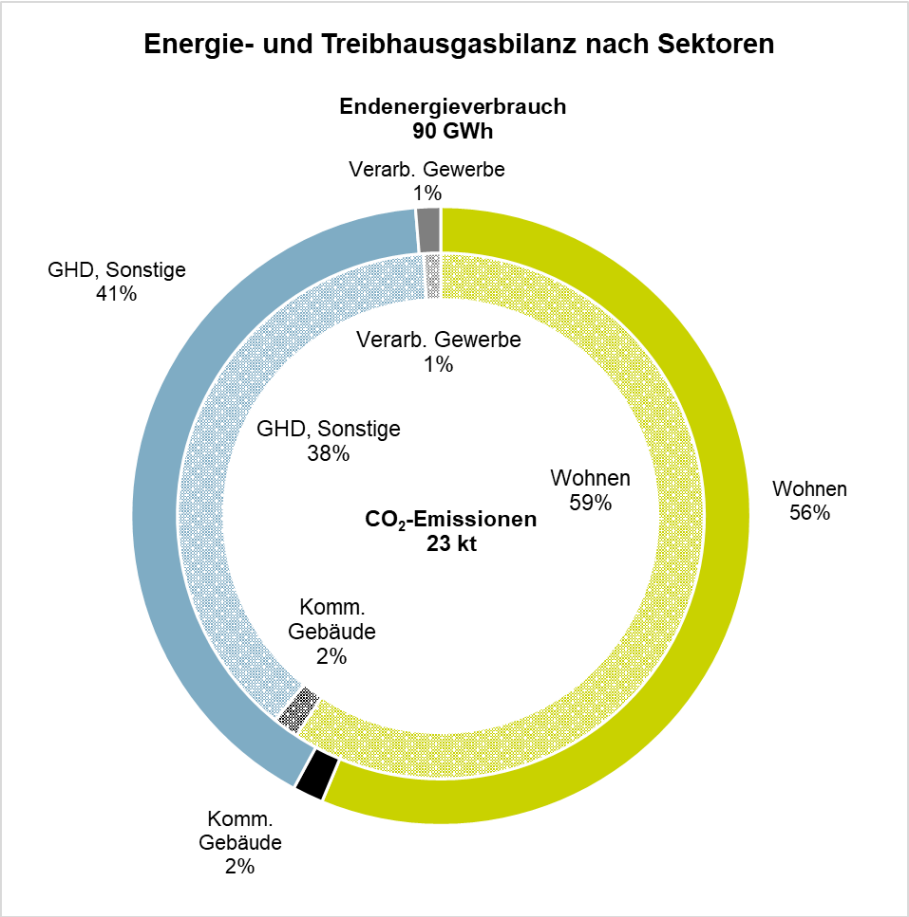


Abbildung 9: Energie- & Treibhausgasbilanz nach Sektoren

5.4 Wärmebedarf

Auf Basis der in Abschnitt 5.3 bilanzierten Endenergieverbräuche haben sich die gebäudescharfen Wärmebedarfe (WB) gemäß Formel (1) ermitteln lassen. Um die Effizienz der unterschiedlichen Heizungstechnologien abzubilden, wurden für die jeweiligen Bestandsheizungen entsprechende Jahresnutzungsgrade bzw. -arbeitszahlen ($\eta_{Heizung}$) angenommen (siehe Tabelle 6) und mit den Endenergieverbräuchen (EEV_{2022}) multipliziert. Insgesamt lässt sich somit für das Basisjahr 2022 ein gesamter Wärmebedarf von 80 GWh in Reichenau feststellen.

$$WB_{2022} = EEV_{2022} \times \eta_{Heizung} \quad (1)$$

Der gebäudescharfe Wärmebedarf lässt sich auf den Raum-, Trinkwasser- und Prozesswärmebedarf aufteilen. Die Anteile hierfür unterscheiden sich je nach Gebäudenutzung, -typ und Baualtersklasse. So hat beispielsweise ein Bürogebäude einen geringeren Anteil an Warmwasser als ein Wohngebäude. Die Aufteilung des Bedarfs nach Verwendung ist deshalb von Bedeutung, da insbesondere der Raumwärmebedarf stark von der Außentemperatur abhängig ist und deshalb je nach Witterung unterschiedlich hoch ist. Die Annahmen, die für die Aufteilung der Wärmebedarfe getroffen worden sind, sind in Anhang 1 und Anhang 2 aufgelistet.

Tabelle 6: Angenommene Jahresnutzungsgrade bzw. -arbeitszahlen für Bestandsheizungen in Reichenau

Bestandsheizung	Jahresnutzungsgrad / -arbeitszahl
Erdgas	0,9
Heizöl	0,8
Wärmepumpe	3,0
Nachtspeicher	0,98
Pelletkessel	0,9

Da für die kommunale Wärmeplanung in Reichenau lediglich das Basisjahr 2022 betrachtet wurde, musste im nächsten Schritt dargestellt werden, inwiefern die Witterung den Raumwärmeverbrauch in diesem beispielhaften Jahr beeinflusst hat. Als Berechnungsgrundlage wurden hierfür die vom Deutschen Wetterdienst ermittelten Klimafaktoren (KF) genutzt [15]. Der Klimafaktor für das Jahr 2022 am Standort Reichenau beträgt 1,18, was bedeutet, dass es in diesem Jahr etwas wärmer war als im gleichen Jahr am Referenzort Potsdam. Um aber abzubilden, ob es im Vergleich zu den anderen Jahren ein besonders warmes oder kaltes Jahr in Reichenau war, wurde der Klimafaktor des Jahres 2022 ins Verhältnis zum Mittelwert der Klimafaktoren der letzten 13 Jahre gesetzt. Schlussendlich ergibt sich damit für die kommunale Wärmeplanung ein anzusetzender Klimafaktor von 1,1 was bedeutet, dass 2022 ein vergleichsweise warmes Jahr in Reichenau war, was darauf schließen lässt, dass der Raumwärmeverbrauch in diesem Jahr entsprechend geringer gewesen ist als in einem durchschnittlichen Jahr.

Für die Berechnung des witterungsbereinigten Wärmebedarfs (WB_{kb}) ergibt sich somit in Abhängigkeit von den gebäudespezifischen Anteilen für Raumwärme (RW), Warmwasser (WW) und Prozesswärme (PW) folgende Formel:

$$WB_{kb} = WB_{2022} \times (RW \times \frac{KF_{2022}}{\emptyset\, KF_{2009-2021}} + WW + PW) \quad (2)$$

Nach Witterungsbereinigung des Raumwärmebedarfs lässt sich somit ein Gesamtwärmebedarf von 86 GWh pro Jahr in Reichenau ermitteln. In der folgenden Abbildung ist der Wärmebedarf im Basisjahr 2022 räumlich auf Baublockebene dargestellt.

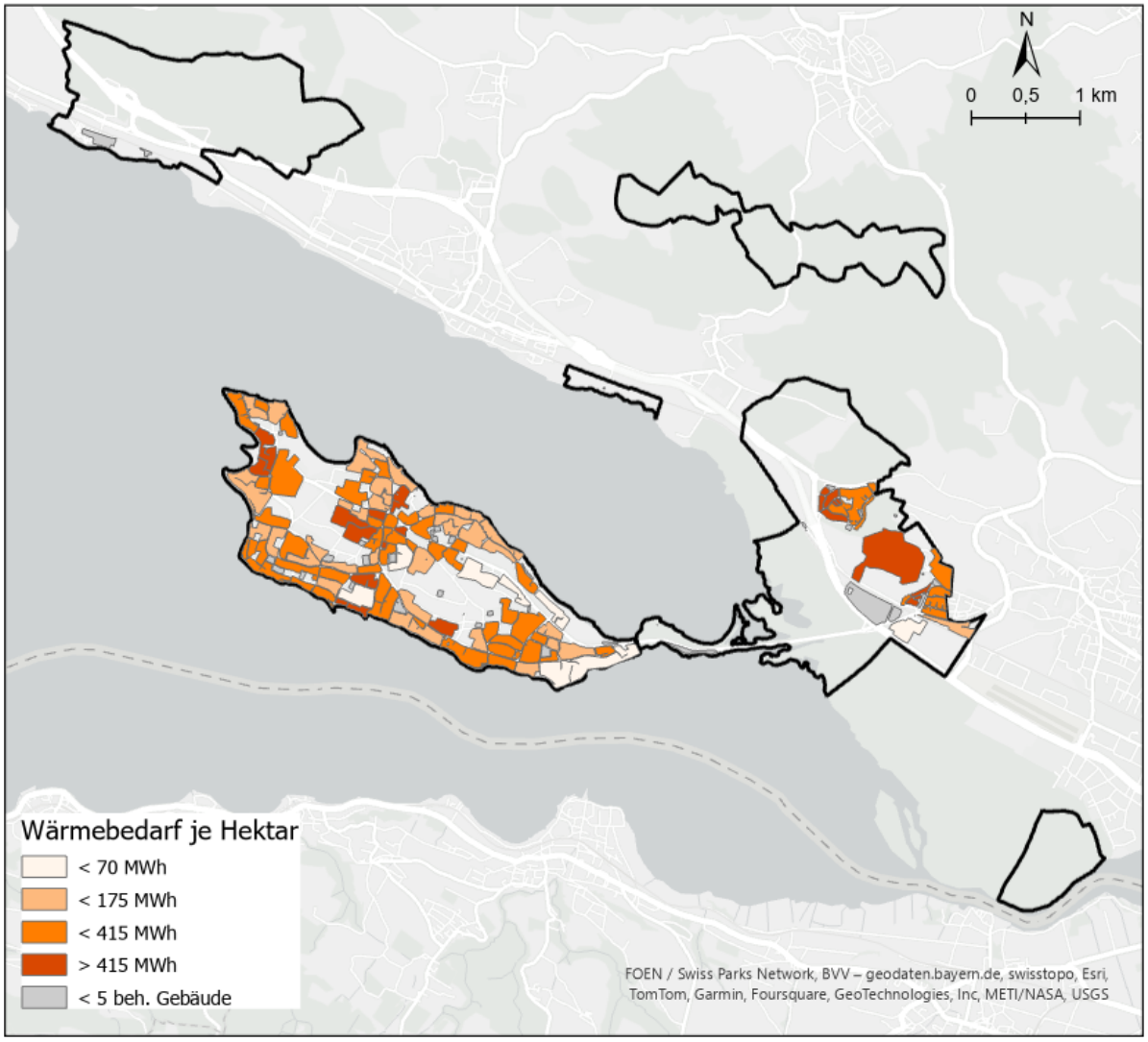


Abbildung 10: Räumliche Darstellung Wärmebedarf im Basisjahr 2022

5.5 Zwischenfazit Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung wurde sowohl die Gemeinde- als auch die Gebäudestruktur in Reichenau betrachtet. Die Flächen werden vorwiegend land- oder forstwirtschaftlich genutzt und sind deshalb insgesamt auch lockerer bebaut. Flächen, welche durch Wohngebäude belegt werden, machen lediglich 6 % der Gesamtfläche aus. Die Wohnbebauung ist vor allem durch Einfamilien- und Doppel- bzw. Reihenhäuser geprägt. Die Altersstruktur ist hierbei durchmischt. Ab den 1995er - 2000er Jahren hat die Anzahl der Wohngebäude starken Zuwachs erfahren - 24 % der Gebäude sind in diesem Zeitraum neu gebaut worden.

Mit Blick auf die Beheizungsstruktur lässt sich zusammenfassen, dass im Basisjahr 2022 der Anteil der fossilen Einzelheizungen bei 84 % lag. Dem gegenüber gestellt versorgte das Fernwärmenetz auf dem Gelände der psychiatrischen Klinik im selben Jahr etwa 30 Gebäude mit einem Anteil von 11 % des Endenergiebedarfes.

Zusammenfassend lassen sich 87 % der verursachten Emissionen, die dem Wärmesektor zugeordnet werden können, auf fossile Einzelheizungen zurückführen. Das fossil befeuerte Wärmenetz verursacht zusätzliche 10 % der Emissionen. Mit Blick auf die Sektoren entfällt mit 56 % mehr als die Hälfte des Endenergiebedarfs und die damit einhergehenden Treibhausgasemissionen zu 59 % auf den Wohnsektor – ihm lassen sich auch 82 % der Gebäude zuordnen. Der Sektor „GHD & Sonstiges“ nimmt mit den ihm zugeordneten Gewächshäusern eine Sonderstellung ein. Insgesamt werden 20 % des Endenergieverbrauchs zur Beheizung der Gewächshäuser benötigt, dies entspricht 18 % der CO_2 Emissionen. Hier wird deutlich, dass in diesem speziellen Segment der zukünftigen regenerativen Beheizung der Gewächshäuser Handlungsbedarf besteht. Der Sektor des verarbeitenden Gewerbes macht ca. 1 % des Endenergiebedarfs und 1 % der wärmebedingten Emissionen aus.

Grundsätzlich hat die Gemeinde Reichenau eine Vorbildfunktion und kann als Eigentümerin zahlreicher Gebäude ca. 2 % des Endenergieverbrauchs und die damit einhergehenden Emissionen im Wärmesektor direkt beeinflussen. Hinzu kommen noch weitere öffentliche Gebäude, die sich jedoch nicht im Eigentum der Gemeinde befinden. Kommunale und öffentliche Gebäude können als Keimzellen für Wärmenetze dienen, da die Gemeinde hier in der Position ist, über ihre Wärmeversorgung selbst zu entscheiden.

6. POTENZIALANALYSE

In der Potenzialanalyse werden einzelne Potenziale der Gebäudesanierung und die regenerative Strom- und Wärmeerzeugung im Gemarkungsgebiet Reichenau untersucht.
Eine potenzielle Senkung des Wärmebedarfes durch energetische Sanierung der Gebäudehülle wird beiderseitig erfasst. Auf der Seite der Wärmerzeugung werden Wärmeerzeugungsquellen sowie Abwärmepotenziale erhoben. Potenziale zur regenerativen Stromerzeugung sind Windenergie, Photovoltaik, Wasserkraft, Biomasse.
Das Ziel der Potenzialanalyse ist es, Handlungsmöglichkeiten der Nutzung regenerativer Energiequellen zu ermitteln. Zudem bietet die gebietsscharfe Potenzialbetrachtung die Grundlage für ein zielgerichtetes Vorgehen bei der Entwicklung des klimaneutralen Zielszenarios und weiterführender Maßnahmen zur Ausschöpfung des vorhandenen Potenzials.

6.1 Energetische Sanierung

Um die Klimaschutzziele Deutschlands und des Landes Baden-Württemberg zu erreichen, sind umfassende Sanierungsmaßnahmen im Gebäudesektor zur Reduzierung des Wärmebedarfs nötig. Derzeit beträgt die Sanierungsquote bundesweit ca. 1 %, ein Wert, der als deutlich zu niedrig angesehen wird [16].

Problematisch bei der Betrachtung einer Sanierungsquote ist insbesondere die Tatsache, dass es keine einheitliche Definition dieses Terminus gibt. So kann z.B. sowohl eine Teil- als auch eine Vollsanierung zu gleichen Anteilen in diese Quote eingehen. Des Weiteren wird teilweise auch der Heizungstausch als Sanierungsmaßnahme gerechnet. Im Folgenden wird der Begriff Sanierungsquote ausschließlich in Bezug auf Maßnahmen an der Gebäudehülle (Fassadendämmung, Fenstertausch, Dach-/Geschossdeckendämmung) verwendet, die den Wärmebedarf in einem Gebäude senken.

Um abzuschätzen in welchen Bereichen des Gemeindegebiets Reichenau im Sektor Wohnen ein besonders hohes Potenzial zur Senkung des Wärmebedarfs durch Sanierungsmaßnahmen vorliegt, werden basierend auf den Baualtersklassen sowie den erhobenen bzw. berechneten Endenergieverbräuchen gebäudescharfe Einsparpotenziale errechnet. Diese Potenziale ergeben sich aus dem Abgleich des Ist-Wertes mit den bestmöglich erreichbaren spezifischen Kennwerten nach dem KEA-Technikkatalog.

Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass bis zum Jahr 2040 sämtliche Sanierungspotenziale ausgeschöpft werden. Eine Sanierungsrate von 1 % bedeutet, dass in jedem Jahr des Betrachtungszeitraums ein Prozent der beheizten Flächen in Wohngebäuden von ihrem aktuellen energetischen Zustand mittels energetischer Sanierung in den maximal möglichen Zustand überführt wird. Dieser Ansatz impliziert bei der Betrachtung von Einzelgebäuden einen gleitenden Verlauf des Sanierungsprozesses, der in der Realität stufenweise durch Einzelmaßnahmen verlaufen würde.

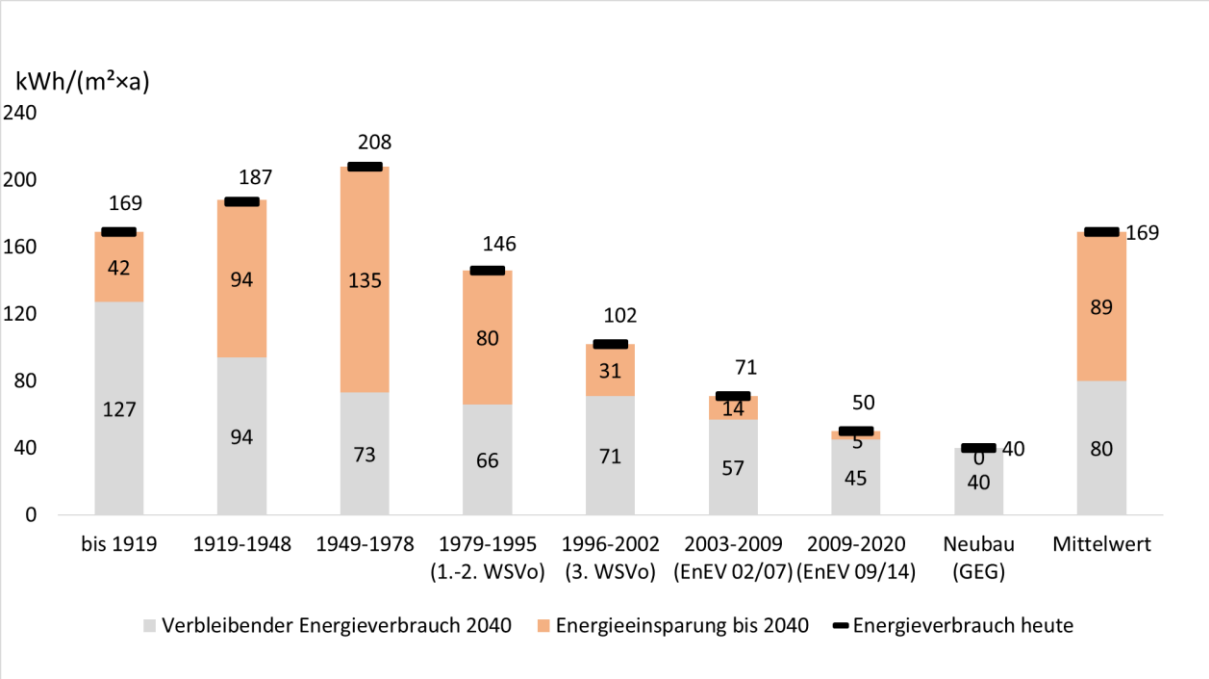


Abbildung 11: Flächenbezogener Endenergieverbrauch nach Altersklasse im Ist-Zustand (teilsaniert) und energetischer Sanierung mit Ziel 2040 [2]

Weiterhin wurden für die verbleibenden Sektoren Verarbeitendes Gewerbe und GHD & Sonstiges und kommunale Gebäude jährliche Reduktionsraten des Wärmebedarfes festgelegt, siehe Tabelle 7.

Tabelle 7: Jährliche Reduktionsraten des Wärmebedarfes bis 2040

Sektor	Jährliche Reduktionsrate Wärmebedarf
Wohnen	Sanierungsraten 1 – 3 %, max. Sanierungstiefe
GHD & Sonstiges	1 - 1,5%
Kommunale Gebäude	1 - 1,5 %
Verarbeitendes Gewerbe	1 - 1,5%

In der Gesamtschau des kommunalen Energiesystems wird diese Abbildung jedoch als adäquat erachtet, um die grundsätzlichen Schwerpunkte für zukünftige Sanierungsinitiativen zu identifizieren. Abbildung 12 veranschaulicht die absoluten Wärmemengen, die sich zum einen bei einer maximalen Sanierungstiefe der Wohnflächen bis 2040 und unter Berücksichtigung der jährlichen Reduktionsraten (Tabelle 7) einsparen ließen. Schwerpunktgebiete mit hohem Sanierungspotenzial liegen mehrheitlich in Gebieten mit der vorwiegenden Baualtersklasse 1969 – 1978, vgl. Abbildung 3. In dieser Gebäudealtersklasse besteht nach Abbildung 11 ein Sanierungspotenzial. Weiterhin besteht ein hohes Reduktionspotenzial für den Wärmebedarf in der psychiatrischen Klinik und für Standorte der Gewächshäuser.

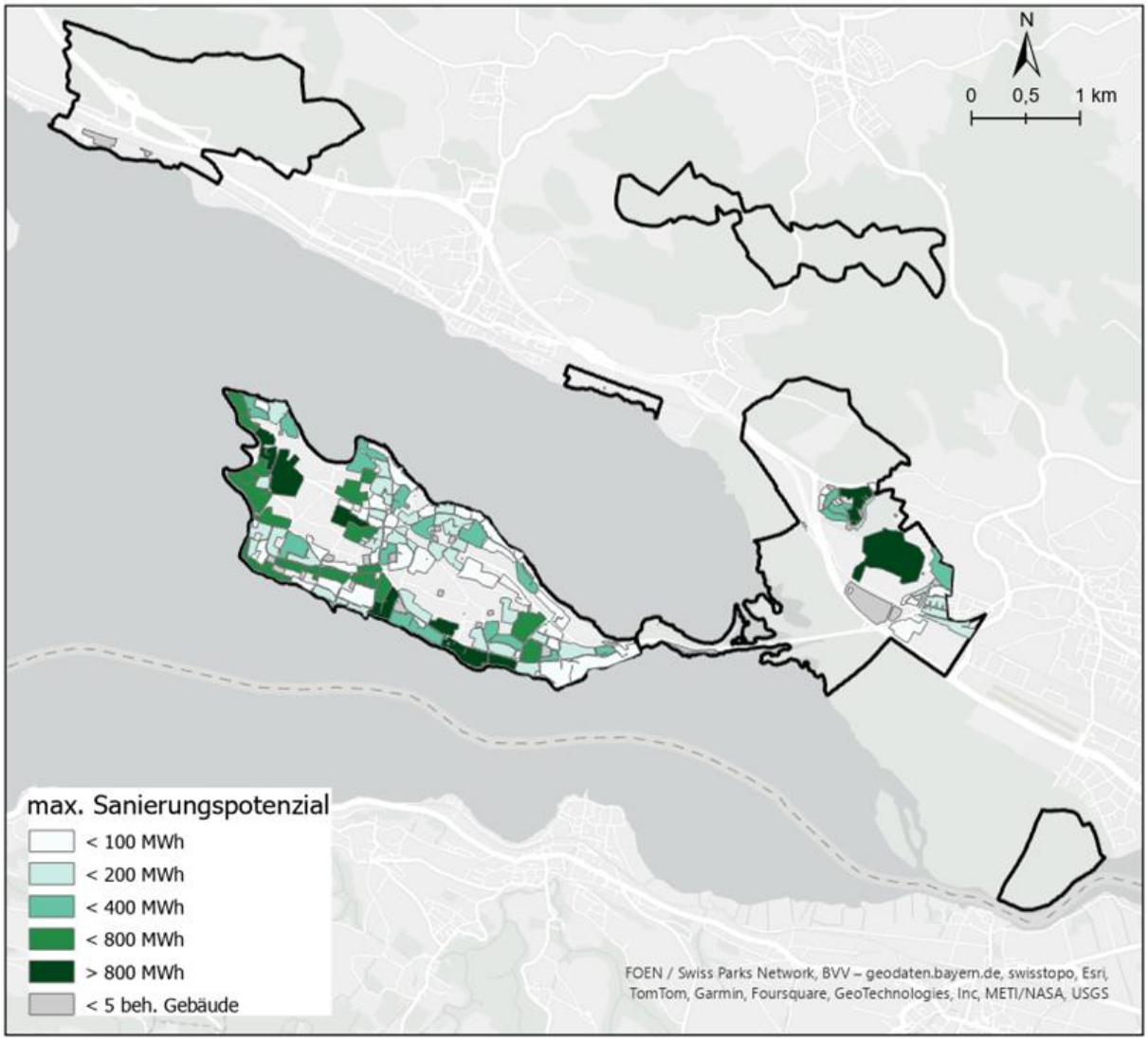


Abbildung 12: Maximales Sanierungspotenzial in den Sektoren Wohnen, GHD & Sonstiges, Verarbeitendes Gewerbe

Abbildung 13 zeigt die Entwicklung des Wärmebedarfes bei den angenommen Sanierungsraten 1 – 3 % und Reduktionsraten des Wärmebedarfes. Maximal könnte der Wärmebedarf bei maximaler Sanierungstiefe der Wohngebäude und Reduktionsrate des Wärmebedarfes um 38 % gesenkt werden. Abbildung 14 zeigt eine entsprechende Entwicklung der CO_2-Emissionen unter der Annahme, dass die derzeitigen Heizungssysteme bis zum Jahre 2040 bestehen blieben. Die CO_2-Emissionen könnten so um maximal 43 % gesenkt werden. Ersichtlich wird, dass die Sanierung einen wichtigen Baustein zur Senkung des Wärmebedarfes darstellt und diesen zu nur zu einem Teil senken kann.

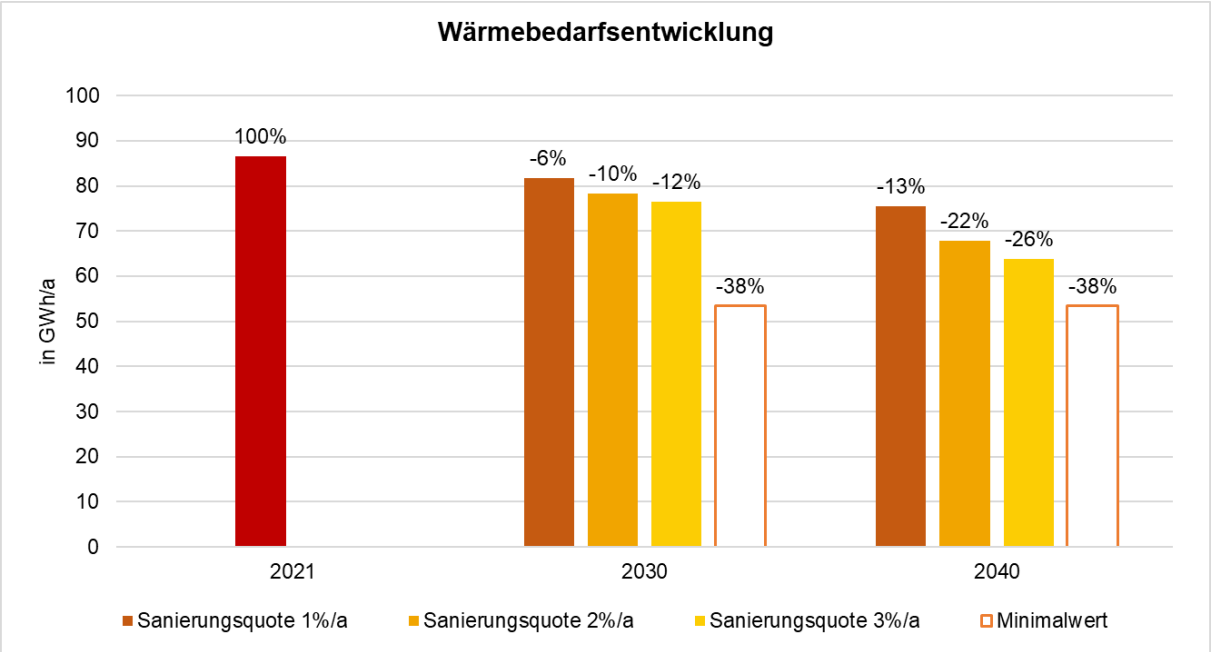


Abbildung 13: Entwicklung des Wärmebedarfes bis 2040

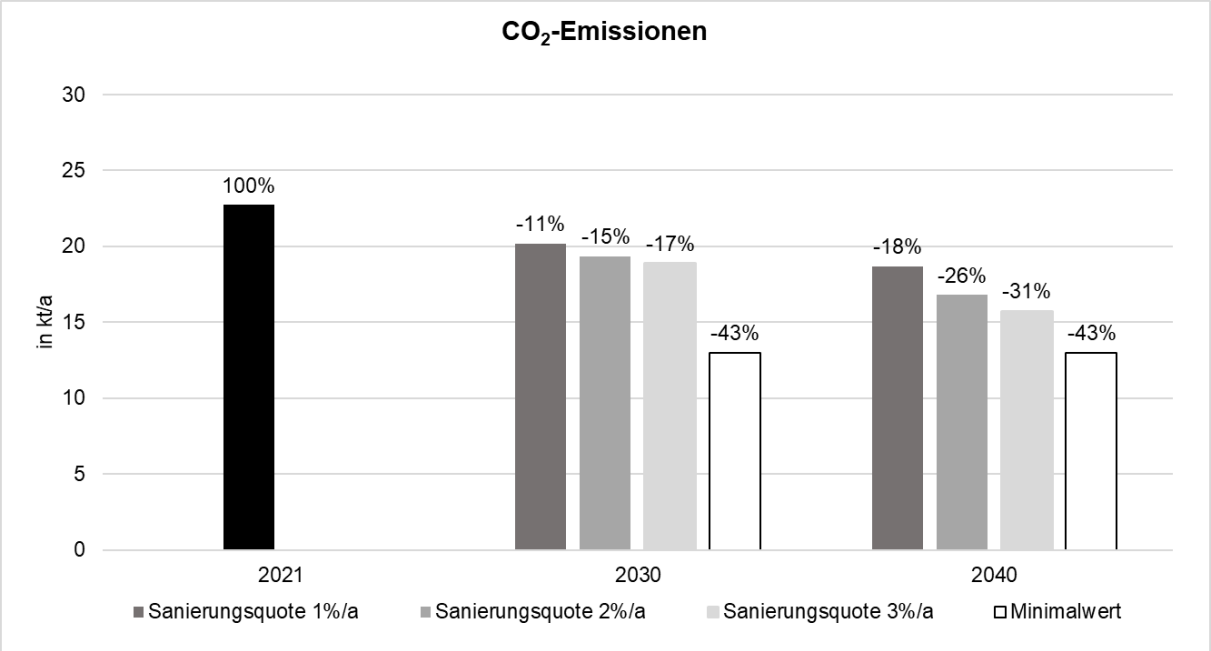


Abbildung 14: Entwicklung der CO_2-Emissionen

6.2 Wärmenetzpotenziale

Um das Potenzial für den weiteren Ausbau von Wärmenetzen in Reichenau zu bewerten, wurden die zuvor ermittelten gebäudescharfen Wärmebedarfe als Grundlage verwendet. Die im GIS verorteten Wärmebedarfe wurden innerhalb eines Baublocks aggregiert und in Abbildung 15 dargestellt. Ein Baublock stellt eine räumliche Einheit von Gebäuden dar, die durch Straßenzüge getrennt sind. Für die Bewertung hinsichtlich der lokalen Wärmenetzeignung wurde die Skala der KEA BW aus Tabelle 8 verwendet.

Tabelle 8: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichte nach potenzieller Eignung für Wärmenetze [2]

Wärmedichte in MWh/ ha*a	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0 – 70	Kein technisches Potenzial
70 - 175	Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten
175 – 415	Empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand
415 – 1.050	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand
> 1.050	Sehr hohe Wärmenetzeignung

Abbildung 15 zeigt, dass sich das Klinikgelände mit dem bestehenden Wärmenetz mit einer hohen Eignung hervorhebt. Potenziale für konventionelle Wärmenetze bestehen in einzelnen Baublöcken, wie beispielsweise in der Straße am Pfaffenmoos und umliegenden Straßenzügen, im Westen der Reichenau-Waldsiedlung. Weiterhin besteht eine Wärmenetzeignung für konventionelle Wärmenetze rund um das Rathaus / Kloster Reichenau Mittelzell und angrenzend das Seniorenzentrum-Reichenau als wichtige Ankerkunden. Hohe Wärmebedarfsdichten liegen auch durch den hohen Endenergieverbrauch der Gewächshäuser vor, diese auf der Karte dargestellte Wärmenetzeignung ist vorsichtig zu interpretieren, da hier häufig ein Großverbraucher vorliegt. Die Gewächshäuser sind in der Abbildung 16 dargestellt. Eine Wärmenetzeignung für Niedertemperaturnetze zeigt sich aufgrund der lockeren Bebauung von Einfamilienhäusern / Mehrfamilienhäusern und der damit einhergehenden geringeren Wärmedichte.

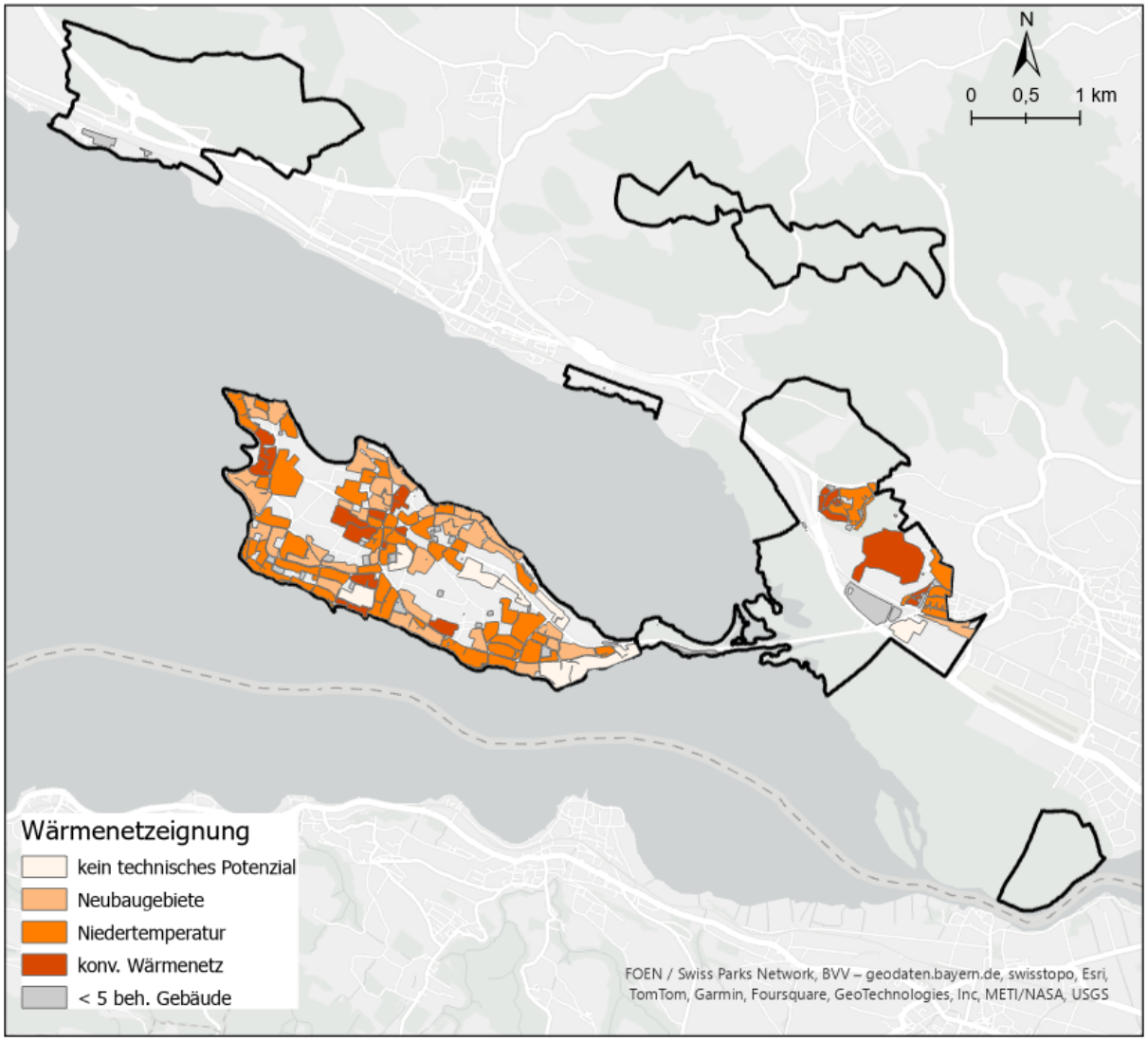


Abbildung 15: Wärmenetzeignung nach KEA-BW - Reichenau

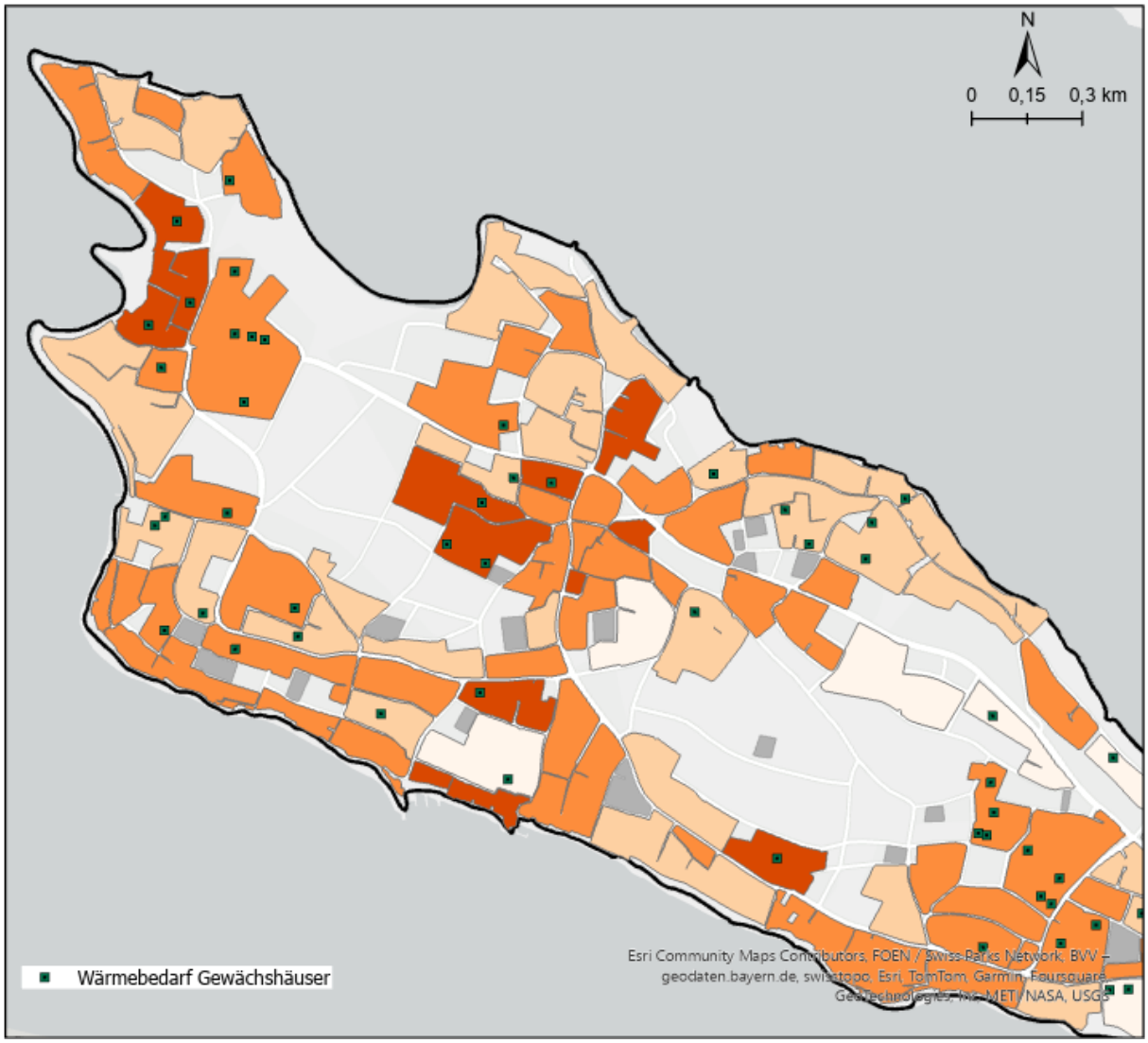


Abbildung 16: Wärmenetzeignung nach KEA BW – Verortung der Gewächshäuser

6.3 Lokale Potenziale zur Wärme- und Stromerzeugung

In den folgenden Abschnitten werden Potenziale der regenerativen Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie die Vorgehensweise beschrieben. Im Wärmebereich ist mit einem Anstieg des Strombedarfes für die Warmwasserbereitung und den Betrieb der Wärmepumpen zu rechnen.

Die Vorgehensweise der Potenzialanalyse orientiert sich am Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung des Landes Baden-Württemberg [2]. Für die Erhebung des Potenzials wurden umfassende, öffentlich zugängliche Datenquellen, Studien und statistische Annahmen herangezogen. Außerdem wurden Experteninterviews und Umfragen durchgeführt.

Die Nutzung des Potenzials regenerativer Energien unterliegt gewissen Restriktionen, und je nach Restriktionen unterschiedet man zwischen theoretischen, technischen, wirtschaftlichen und realisierbaren (erschließbaren) Potenzialen. Abbildung 17 stellt eine Abstufung der Potenzialbegriffe dar.

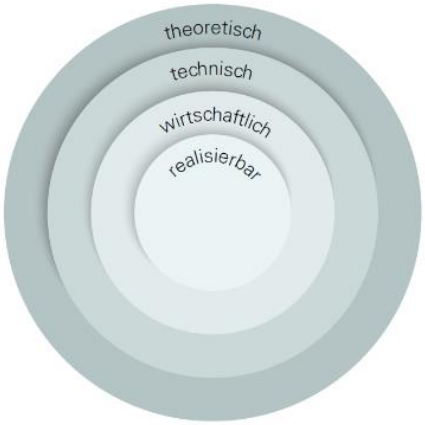


Abbildung 17: Definition der Potenzialbegriffe [2]

Erläuterung der Potenzialbegriffe:

Unter **theoretischem Potenzial** versteht man die theoretische Obergrenze des physikalischen Angebots der jeweiligen Energiequelle. Das theoretische Potenzial wird von rechtlichen, technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Restriktionen begrenzt. Daraus ergibt sich ein maximales Ausbaupotenzial.

Das **technische Potenzial** ergibt sich aus der Betrachtung des theoretischen Potenzials möglicher Energiequellen und Erzeugungsflächen unter Einbeziehung der technologischen Möglichkeiten und genehmigungsrechtlichen Kriterien. Die generelle Verfügbarkeit von Standorten bzw. Rohstoffmengen wird im Kontext von Nutzungskonkurrenzen sowie unüberwindbaren, strukturellen oder ökologischen (z.B. Naturschutzgebiete) Beschränkungen betrachtet.

Das **wirtschaftliche Potenzial** umfasst einen Teil des technischen Potenzials, das unter den derzeit existierenden energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen ökonomisch rentabel genutzt werden kann.

Realisierbares Potenzial bezeichnet einen Teil des wirtschaftlichen Potenzials, von dem erwartet werden kann, dass es tatsächlich in Anspruch genommen werden kann. Es ist möglich, dass das erschließbare Potenzial größer als das wirtschaftliche Potenzial ist (z.B. aufgrund von Subventionierung).

Für die vorliegende Potenzialanalyse wurden zunächst das theoretische und das technische Potenzial erfasst und gebietsscharf dargestellt. Die Erfassung erfolgt zunächst unabhängig von Versorgungsgebieten. Wie viel vom technischen ausgewissen Potenzial in Reichenau genutzt werden kann, zeigt die technisch-wirtschaftliche Betrachtung bei der Ausweisung von Eignungsgebieten für Wärmenetze oder Einzelversorgung und Versorgungsszenario (siehe Kap. 7).

Die Potenzialerfassung bildet für die Wärmeplanung einen maximalen Rahmen der Potenzialnutzung ab, der anschließend bei der Umsetzung abhängig von Interessen der unterschiedlichen Akteursgruppen, rechtlichen Rahmenbedingungen und anschließend Genehmigungsverfahren eingeschränkt wird.

Im Rahmen der Wärmeplanung wurden die folgenden Energiepotenziale betrachtet:

- Industrielle Abwärme (Kap.6.4.1)
- Abwärme aus Abwasser (Kap.6.4.2)
- Oberflächengewässer (Kap. 6.5)
- Umweltwärme und Geothermie (Kap. 6.8)
- Photovoltaik und Solarthermie auf Freiflächen (Kap. 6.9)
- Photovoltaik und Solarthermie auf Dachflächen (Kap. 6.11)
- Windenergie (Kap. 6.12)

- Wasserkraft (Kap. 6.13)
- Biomasse und Abfall (Kap. 6.14)
- Wasserstoff (Kap. 6.15)

6.4 Abwärmepotenziale

6.4.1 Industrielle Abwärme

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde im Winter 2024 eine Unternehmensumfrage durchgeführt. Diese hatte vor allem das Ziel, lokale Akteure aus Industrie und Gewerbe in das Projekt miteinzubinden und stellte ein wichtiges Element der Akteursbeteiligung dar. Neben Energieverbrauchsdaten der Unternehmen wurden mögliche Abwärmepotenziale aus Produktionsprozessen ermittelt. Hierfür wurden gezielt Abwärmequellen und ihre zeitlichen Verfügbarkeiten abgefragt. Zudem gab es in der Umfrage die Möglichkeit, die jährliche Abwärmemenge und -leistung näher zu quantifizieren, sofern diese Werte den Unternehmen bekannt waren.

Für die Umfrage wurden neue Unternehmen aus Reichenau identifiziert. Zwei dieser Unternehmen gaben an, dass in ihren Prozessen Abwärme anfalle. Zur Bereitschaft eben diese Abwärme auszukoppeln, äußert sich ein Unternehmen positiv, eines negativ, weil die Abwärme bereits intern genutzt wird.

Im Rahmen der Wärmeplanung wurden bereits Gespräche mit dem Unternehmen geführt, die eine positive Bereitschaft zur möglichen Auskopplung von Abwärme signalisiert hat. Allerdings entsteht ein Abwärmepotenzial überwiegend in den warmen Monaten. Es muss noch erörtert werden, ob und wie diese vorhandene Abwärme in einen Wärmeverbund integriert werden kann, oder ob sie zunächst intern genutzt oder sogar vermieden werden kann.

6.4.2 Abwärme aus Abwasser

Eine weitere wichtige Wärmequelle stellt das kommunale Abwasser dar. Durch den Einbau spezieller Abwasserwärmetauscher kann dem Abwasser entlang der Fließrichtung Wärme entzogen werden. Die zu entziehende Wärmemenge ist jedoch begrenzt, da das Abwasser nur begrenzt abgekühlt werden kann, damit der Betrieb der biologischen Reinigungsstufen auf der Kläranlage nicht beeinträchtigt wird. Eine Temperaturanhebung geschieht mittels einer Wärmepumpe und kann so Wärmeabnehmern zur Verfügung gestellt werden.
Laut KEA-Leitfaden sind Abwasserkanäle mit einer Nennweite von mindestens DN 400 grundsätzlich in Hinsicht auf eine mögliche Abwärmenutzung relevant. Des Weiteren sollte der Trockenwetterabfluss dort mindestens 10 - 15 Liter pro Sekunde im Tagesmittel betragen, eine Mindesttemperatur von 10 °C auch im Winter nicht unterschritten werden und das Gefälle mindestens 1 Promille aufweisen [2].
Für die Gemeinde Reichenau liegen im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung die Lage der Abwasserkanäle und die Nennweiten vor. Die Abbildung 18 illustriert die geeigneten Abwasserkanäle in Reichenau sowie eingezeichnete Pufferzonen von 100 m und 300 m. In den Zonen liegen Gebäude, die sich für Abwasserwärmeversorgung eignen.

Der Abwasserkanal auf der Insel endet im Osten im Verbandspumpwerk Bruckgraben. Von dort werden die gesamten Abwässer der Insel über eine Druckleitung Richtung Klärwerk Konstanz geleitet.

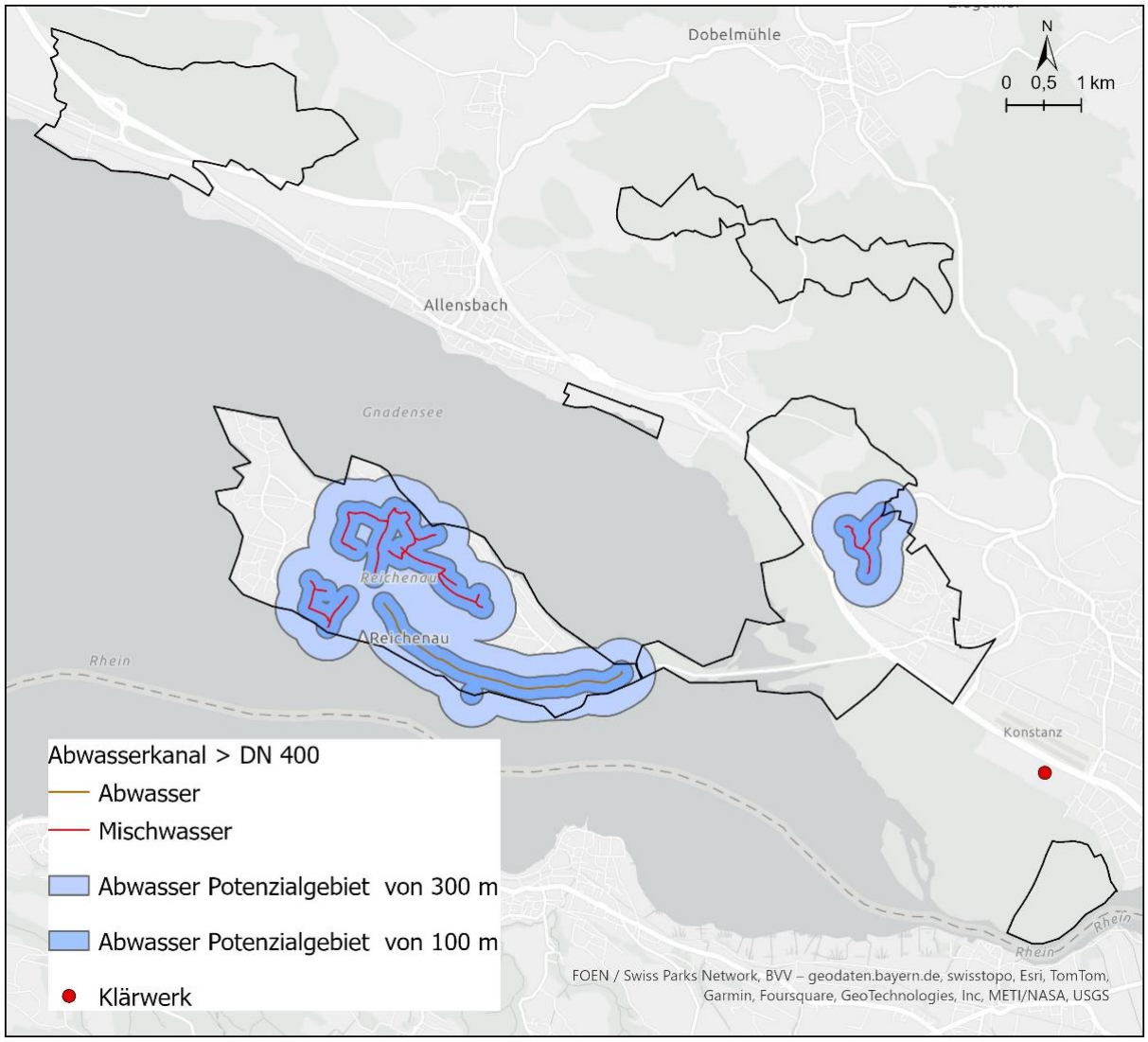


Abbildung 18: Abwasserkanäle mit Nennweite > DN 400 und 100 m & 300m-Pufferzonen zur theoretischen Abwärmenutzung

Die Abwasser- und Durchflussmengen sind vertraglich mit dem Klärwerk Konstanz geregelt. Die Durchflussmengen der Abwasserkanäle betragen 35 bis 75 l/s sowie 25 l/s in den Mischwasserkanälen. Weitere Daten wie Trockenwetterabfluss und Abwassertemperaturen wurden im Gemeindegebiet bislang nicht erhoben. Daher kann im Rahmen der Potenzialanalyse an dieser Stelle lediglich die Aussage getroffen werden, dass es in Reichenau grundsätzlich flächendeckend Kanäle mit ausreichend großem Durchmesser gibt. Die tatsächliche Nutzbarkeit der Abwasserströme zur Wärmegewinnung muss jedoch in konkreten Messreihen zu Temperatur und Durchfluss nachgewiesen werden. Dabei sind von der Kläranlage Konstanz die geforderten Grenzwerte der Abwassertemperatur oberhalb von 12 °C einzuhalten.

6.5 Potenziale Oberflächengewässer

Nach einem ähnlichen technischen Prinzip wie bei der Abwasserwärmenutzung kann die Wärme über Wärmetauscher auch direkt aus Gewässern entzogen und mittels Wärmepumpen zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden genutzt werden. Für die Potenzialanalyse werden sowohl Flüsse als auch Seen betrachtet. Gemäß Handlungsleitfaden für die kommunale Wärmeplanung der KEA-

BW können „bei geeigneten Durchflussmengen/Reservoirgrößen und Tiefe der Entnahme/Rückgabe in Seen erhebliche technische Potenziale bestehen“ [2]. Die Wärmenutzung der größeren Gewässer kann dabei einen relevanten Beitrag für eine klimaneutrale Wärmenutzung einzelner Quartiere liefern.

6.5.1 Flusswasser

Die Datengrundlage für die Berechnung des Flusswasserpotenzials ist die Durchflussmenge sowie die Wassertemperatur im Jahresverlauf. Hierbei können die öffentlich zugängliche Daten der Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg sowie des interaktiven Diensts UDO der LUBW verwendet werden [17], [18].

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung liegen im Fokus relevante technische Gewässerpotenziale. Daher beschränkt sich die Betrachtung auf größere Fließgewässer wie Flüsse. Kleinere Bäche und Bachläufe sind nicht Teil der Analyse. Vor diesem Hintergrund ist im Gemarkungsgebiet kein Fließgewässer ausreichender Größe vorhanden, welches ein Potenzial zur Wärmeversorgung liefern könnte.

6.5.2 Seewasser

Seewasser kann zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden verwendet werden. Eine Lösung der thermischen Nutzung des Seewassers basiert auf der Annahme, dass dem Gewässer Wasser entnommen und diesem über einen externen Wärmetauscher Wärme entzogen wird. Wobei die Flüssigkeiten im Wärmetauscher stets räumlich vom Seewasser voneinander getrennt bleiben.
Für die Wärmeversorgung wird die entzogene Wärme über Großwärmepumpen in Kombination mit Wärmenetzen oder indirekt über ein kaltes Wärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau angehoben. Das Wasser wird im Anschluss dem See wieder zugeführt. Die Kälteerzeugung funktioniert nach ähnlichem Prinzip.
Die potenziell nutzbare Wärme- bzw. Kältemenge aus dem Wasser hängt von vielen Faktoren wie der Temperatur-Jahresverlauf des Gewässers, der Wassermenge und der möglichen Temperatur-Spreizung ab. Für die Bewertung des Seewasserpotenzials sind dabei die Belange des Natur- und Umweltschutzes sowie der weiteren Nutzungen des Gewässers relevant.
Die thermische Seewassernutzung des Bodensees ist in der Bodensee-Richtlinie der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) [19] geregelt. Dabei sind verschiedene Restriktionen zu beachten. Eine der Vorgaben der Bodenseerichtlinie ist, dass thermisch genutztes Wasser in einer Tiefe von 0 bis 40 m entzogen sowie von 20 bis 40 m zurückgeführt werden muss. Abbildung 19 stellt die mittleren monatlichen Wassertemperaturen der letzten 20 Jahre in der Tiefe von 5, 10 und 20 m dar. Hier wurden Messwerte der Messstelle im Gnadensees vom Institut für Seenforschung der LUBW BW herangezogen. In den Monaten Januar bis März sinkt die Temperatur des Gnadensees durchschnittlich auf unter 4 °C, was eine Herausforderung für den effizienten Wärmeentzug durch eine Wärmepumpe darstellt, da das Wasser nahe am Gefrierpunkt liegt. Um zu verhindern, dass der Verdampfer durch eine zu niedrige Temperatur vereist und dabei beschädigt wird, kann ein Zwischenkreislauf z.B. mit einem Frostschutzmittel eingebaut werden. Dabei ist die Lösung mit einem zusätzlichem Energieaufwand verbunden. Eine Kombination aus Wärmepumpe und einem zusätzlichen Heizsystem kann in kalten Perioden die Effizienz verbessern. Das zusätzliche Heizsystem kommt zum Einsatz, wenn die Wärmepumpe an ihre Effizienzgrenzen stößt.

Aufgrund der direkten Anbindung an den Bodensee bestehen in Reichenau nennenswerte theoretische Potenziale für eine thermische Seewassernutzung. Die Wärmeentnahme kann begünstigt werden. Allerding kann sich die Kältenutzung schwierig in Hinblick auf die Erwärmung des Boden-

sees gestalten. Laut der Unteren Wasserbehörde Konstanz ist eine Wärmeeinleitung in den Untersee und den Seerhein im Sommer nicht möglich, da der Seerhein aufgrund der klimatischen Veränderungen bereits zu warm ist.

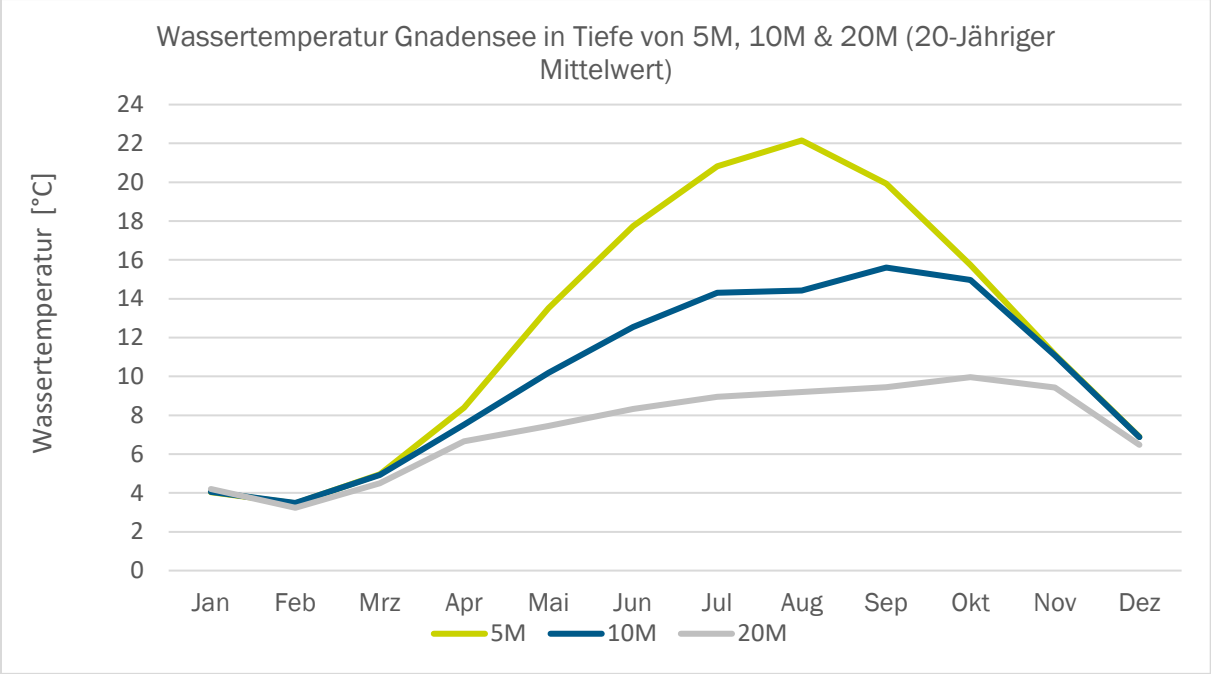


Abbildung 19: Mittlere monatlichen Wassertemperaturen des Gnadensees (20-jähriges Mittelwert). Quelle: LUBW BW

Ob und inwieweit Temperaturveränderungen im See durch die energetische Nutzung von Seewasser entstehen, ist abhängig von der entnommenen Wassermenge, der Größe des Sees, der Entnahme- und Rückleitungstiefe sowie der Temperaturdifferenz zwischen Entnahme- und Rückleitungswasser.
Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung kann daher das Potenzial der thermischen Nutzung des Untersees für Wärme- und Kälteerzeugung nicht gesamtheitlich für Reichenau betrachtet werden. Stattdessen bedarf es Einzelfalluntersuchungen. Das zuständige Landratsamt bzw. Regierungspräsidium in Konstanz können erste Einschätzungen zur Bodenseewassernutzung bei konkreten Projekten abgeben. Bei positiver Einschätzung werden in der Regel weitere hydrologische Untersuchungen erforderlich, um die technischen und genehmigungsrechtlichen Fragestellungen beantworten zu können bspw. die optimale Entnahme und Rückgabestandorte oder die Wechselwirkungen zu benachbarten thermischen Nutzungen (z.B. Radolfzell) festzustellen. Die thermische Nutzung des Seewassers bleibt weiterhin ein Bestandteil des Zielszenarios für Wärmenetzgebiete.

6.5.3 Potenzial der Seewasser-Infrastruktur

Neben dem Umstand, dass die Insel Reichenau von Bodenseewasser umgeben ist, wird das theoretische Potenzial zur thermischen Nutzung des Bodenseewassers auch durch die Tatsache gesteigert, dass auf der Insel ein fast flächendeckendes Netz aus Bewässerungsleitungen besteht. Diese Leistungen werden durch vier Seepumpwerke gespeist und umfassen ca. 60.000 m Bewässerungsleitungen mit über 1.500 Entnahmestellen. Dadurch ist eine Nutzung des Bodenseewassers grundsätzlich nicht nur im Uferbereich möglich.
Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, unterliegt die thermische Seewassernutzung aber verschiedenen technischen Herausforderungen. Verbunden mit den notwendigen Energieaufwendungen zum Pumpen des Wassers ist eine Nutzung der Seewasser-Infrastruktur zur thermischen

Nutzung des Wassers nach unserer Einschätzung nicht sinnvoll und wird im Weiteren nicht weiter berücksichtigt.

6.6 Oberflächennahe Geothermie

Von oberflächennaher Geothermie spricht man in der Regel bis zu einer Tiefe von 150 Metern. Durch Erdwärmekollektoren in bis zu 1,5 m Tiefe oder Erdwärmesonden in bis zu 150 m Tiefe lässt sich dieses Potenzial mittels einer Wärmepumpe zur Gebäudebeheizung nutzen.

Erdwärmesonden

Die geothermische Effizienz innerhalb der Gemarkungsgrenzen wird im ISONG größtenteils als „effizient“ eingestuft [20]. Eine spezifische Wärmeentzugsleistung von 55 – 65 W/m in 100 m Tiefe und 1.800 Volllaststunden kann flächendeckend im Gemarkungsgebiet Reichenau angegeben werden wie Abbildung 20 zeigt.

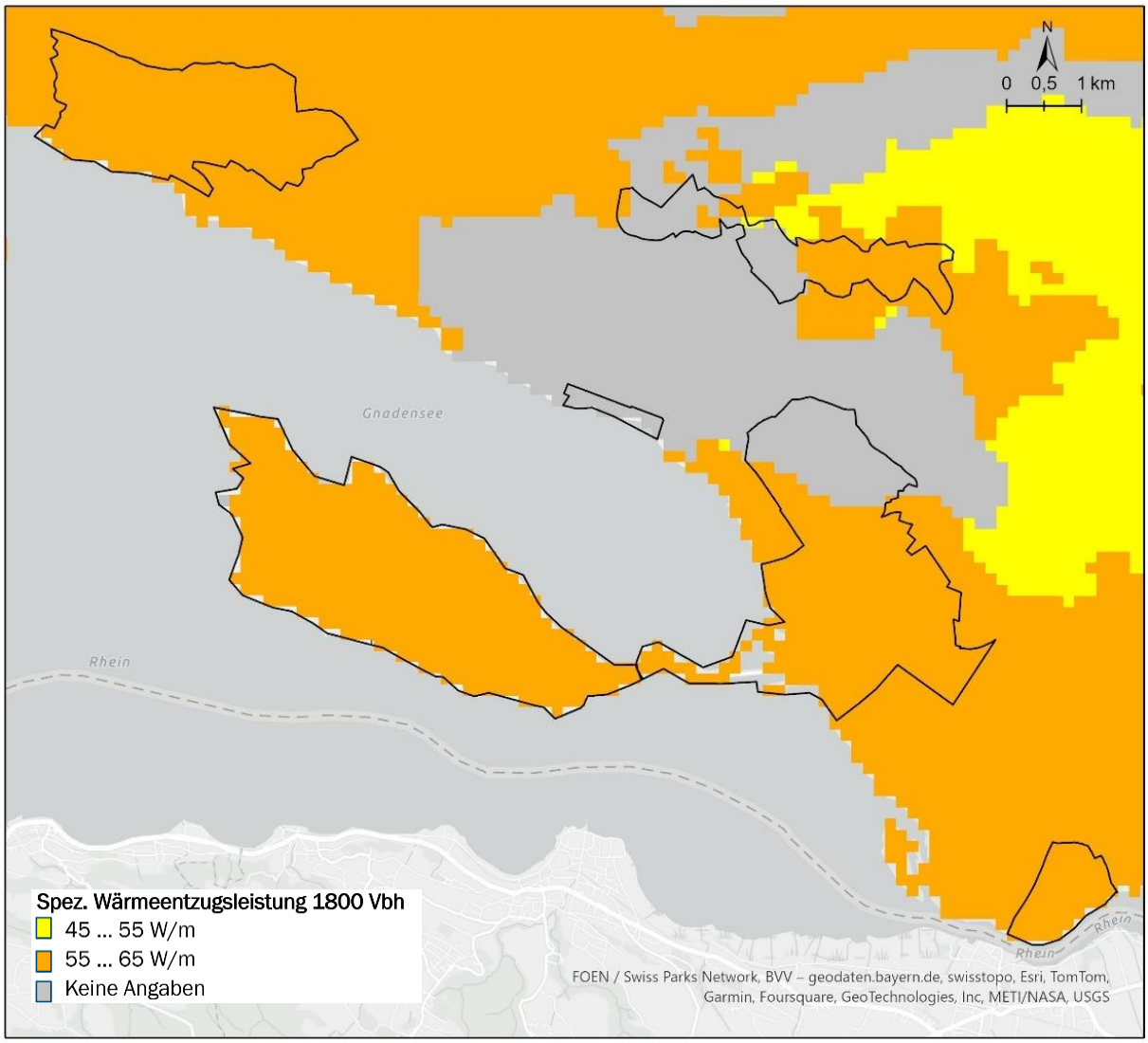


Abbildung 20: Darstellung der spezifischen Wärmeentzugsleistung in 100 m und 1.800 h /a

Die KEA BW weist in Ihrer Analyse des Erdwärmesonden-Potenzials einen gesamtheitlichen Wärmeentzug von 8,6 bis 28,1 GWh in Reichenau aus [21]. Die Angaben beziehen sich dabei auf die Installation von einer bzw. der maximal möglichen Anzahl von Erdwärmesonden je Flurstück in

Wohnbaugebieten. Abbildung 21 zeigt wie hoch die mögliche Entzugsleistung von Erdwärmesonden an unterschiedlichen Orten im Gemarkungsgebiet – „Hotspots“ ist. Mittels Sole-Wasser-Wärmepumpen könnten von 11 bis 36 GWh Wärme erzeugt werden und so jährlich 12 – 43 % des theoretischen Gesamtwärmebedarfes des Basisjahres bereitgestellt werden. Außerhalb der Wohngebiete wird das Erdwärmesondenpotenzial anhand des ISONG-Portals erfasst und im Zielszenario zusätzlich mitbetrachtet.

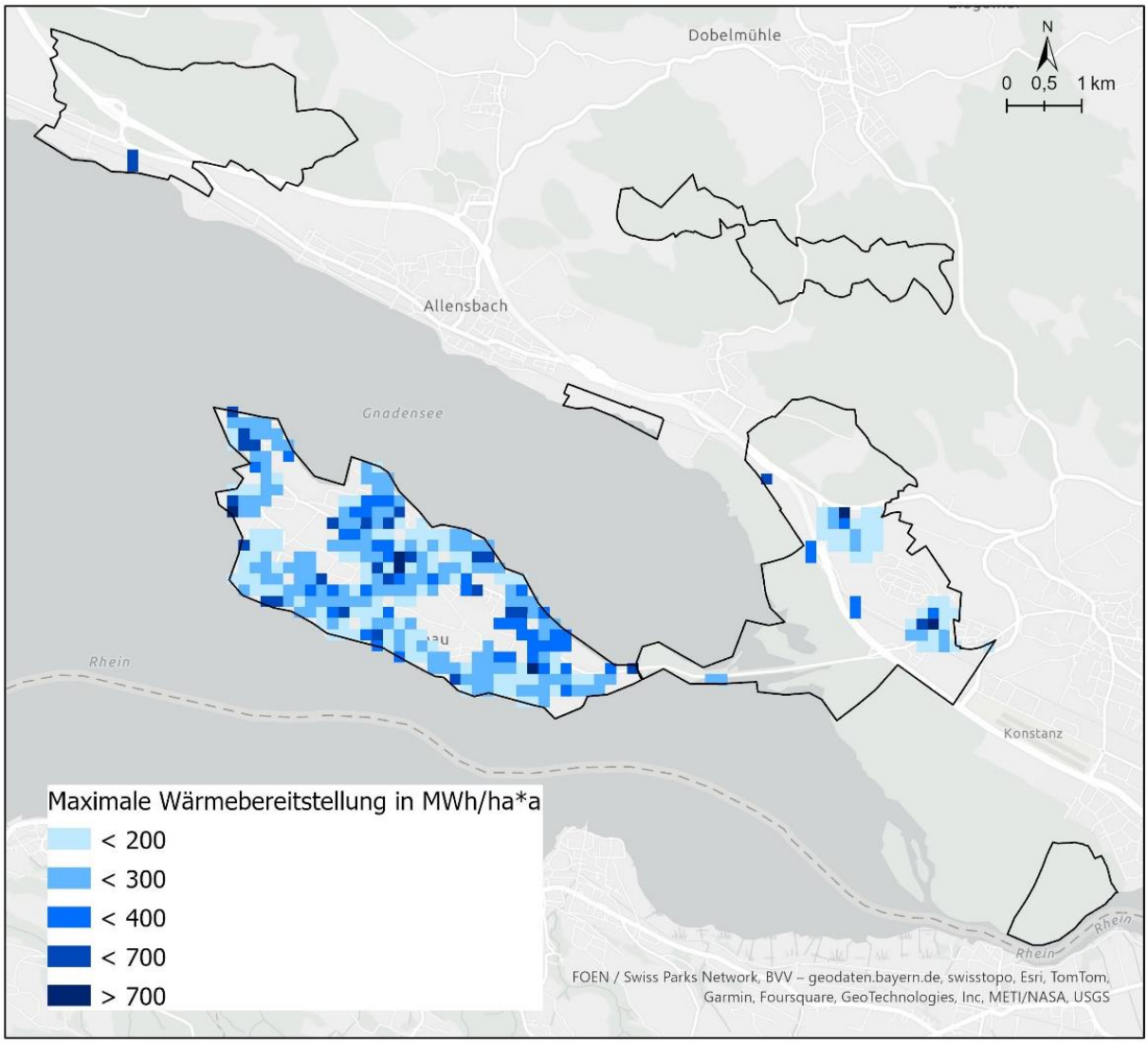


Abbildung 21: Potenzial oberflächennaher Geothermie - Entzugsleistung in kW/ha

Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren stellen eine Alternative zu Erdwärmesonden dar – sie werden typischerweise als horizontaler Wärmeüberträger in Tiefen von 1 – 1,5 m und damit unterhalb der Frostgrenze im Erdreich installiert. Diese Fläche darf im Anschluss nicht bebaut oder anderweitig versiegelt werden. Aufgrund der geringeren Umgebungstemperaturen in dieser Tiefe haben Erdwärmekollektoren einen deutlich höheren Platzbedarf als Erdwärmesonden, um den Wärmebedarf eines Gebäudes zu decken. Dieser variiert je nach Bodentyp und seiner Beschaffenheit [22]. Das Potenzial von Erdwärmekollektoren lässt sich deshalb nicht genau beziffern und erfordert eine Einzelfallprüfung.

Grundwasser

Grundwasser stellt aufgrund seines ganzjährig gleichbleibenden Temperaturniveaus ein effizientes Potenzial zur Gebäudebeheizung dar. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung kann dieses aber nicht gesamtheitlich für die Gemeinde Reichenau betrachtet werden. Stattdessen bedarf es punktueller Untersuchungen und hydrogeologischer Gutachten, in welchen die möglichen Auswirkungen von zu erbauenden Grundwasserbrunnen auf das umgebende Ökosystem oder bestehende Anlagen erörtert werden.

6.7 Außenluft

Die Umgebungsluft stellt eine grundsätzlich ortsunabhängig verfügbare Quelle für Umweltwärme dar, welche mittels einer Wärmepumpe einfach genutzt werden kann. Wärmepumpen mit der Wärmequelle Außenluft erfordern den geringsten technischen Aufwand und sind fast an jedem Standort einsetzbar. Bei diesen Systemen wird der Außenluft Wärme entzogen. Je niedriger die Wärmequellentemperatur, desto niedriger die Effizienz (d. h., die Arbeitszahl sinkt und der Strombedarf steigt), was im Winter öfter vorkommt.
Die KEA BW weist daher im Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung darauf hin, dass andere Quellen der Umweltwärme, wie z.B. Sole oder Wasser, deutlich effizienter zu nutzen sind. Luftwärmepumpen sollten also nur dort installiert werden, wo „keine netzgebundene Versorgung auf Basis erneuerbarer Energien technisch-wirtschaftlich realisierbar ist (Einzelversorgungsgebiete) und [...] keine oberflächennahe geothermische Wärmequelle erschlossen werden kann“ [2].
Weiterhin ist ein ausreichender Platzbedarf für die Aufstellung der Außeneinheit einer Wärmepumpe notwendig. Für Einfamilienhäuser kann von einem Platzbedarf von etwa 2 x 2 Meter ausgegangen werden. Ebenso spielen Anforderungen an den Lärmschutz und der Abstandhaltung zum Nachbargrundstücks bei der Aufstellung der Außeneinheit eine große Rolle.

6.8 Solarpotenziale auf Freiflächen

Mit Sonnenenergie lässt sich mittels Photovoltaikanlagen Strom bzw. mittels Solarthermieanlagen Wärme erzeugen. Im Folgenden wird das Potenzial der Solarenergie sowohl auf Freiflächen als auch auf Dachflächen dargestellt. Die Erfassung der Solarenergie basiert auf dem Handlungsleitfaden der KEA BW [2] und der Datengrundlage des Energieatlas der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) [23]. Zu berücksichtigen ist die Teilfortschreibung des Regionalplans des Regionalverbandes Hochrhein-Bodensee. Laut der Übersichtskarte (Stand 2024/03) ist kein Vorranggebiet für FF-PV für Reichenau vorgesehen [24].
Abbildung 22 stellt Potenzialflächen für die Solarenergie auf Seitenrandstreifen entlang von Bahnlinien dar. Das Potenzial kann weiter in Flächen mit oder ohne weiche Restriktionen eingeteilt werden. Weiche Restriktionen sind hier die FFH- und SPA-Gebiete sowie Landschaftsschutzgebiete und Biosphärengebiete. Aufgrund der Restriktionen ist eine Belegung mit Photovoltaik unwahrscheinlich, da diese naturschutzrechtliche Hürden überwinden müsste. Das außerhalb weicher Restriktionen erfasste Flächenpotenzial von etwa 2 ha liegt im Gebiet der geplanten Wohnbaufläche gem. des Flächennutzungsplans.
Vor diesem Hintergrund kann davon auszugegangen werden, dass unter den betrachteten Kriterien kein Flächenpotenzial für Solarenergie zu erschließen ist.

Abbildung 22 stellt das gesamte theoretische Potenzial für Freiflächen-PV-Anlagen sowie die gleichzeitige Belegung mit PV-Anlagen und Solarthermie auf Freiflächen dar.

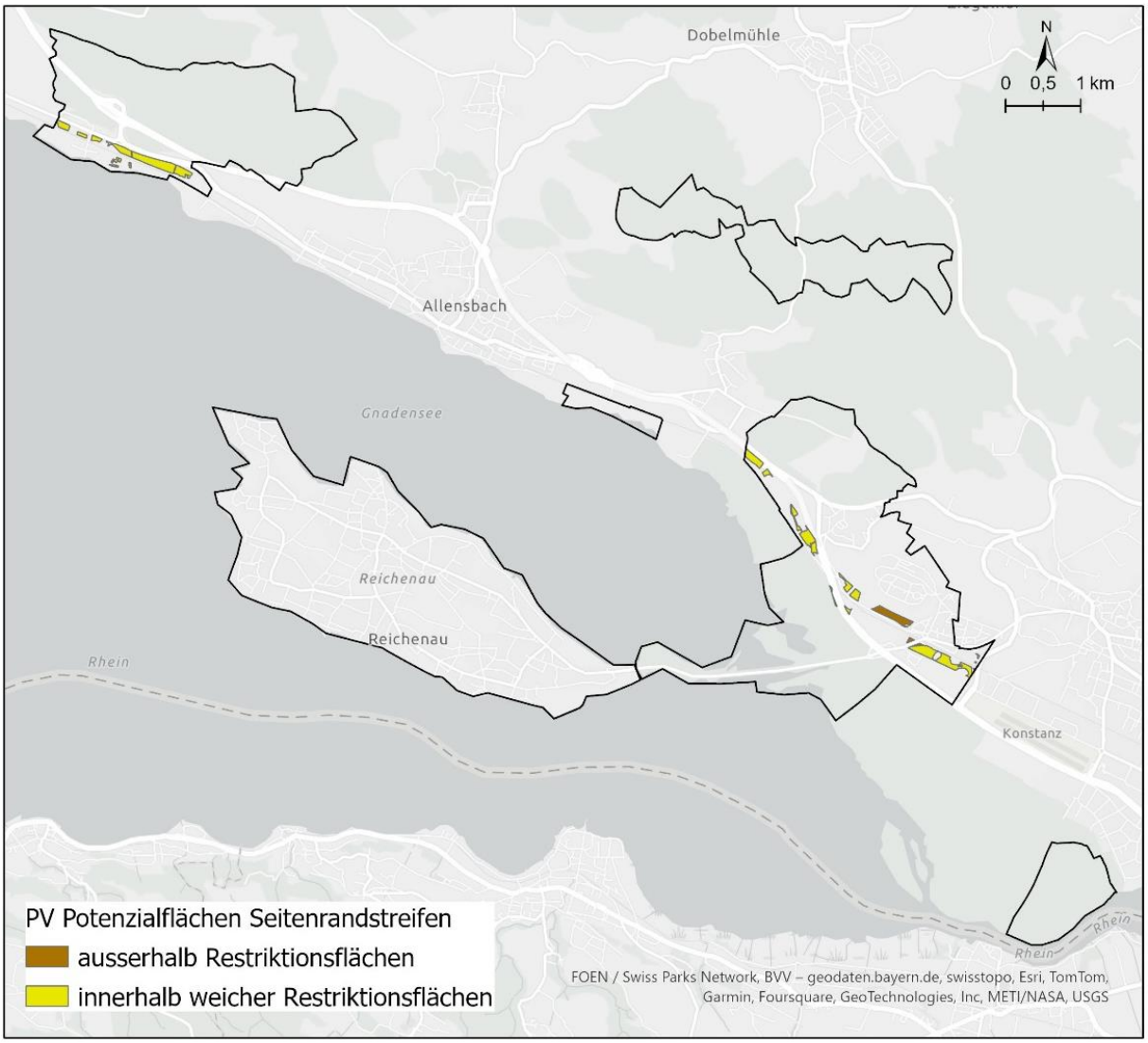


Abbildung 22: Freiflächenpotenzial für PV und -Solarthermie auf Seitenrandstreifen

6.9 Solarpotenziale Dachflächen

Das Dachflächenpotenzial in Reichenau wurde für Photovoltaik- und Solarthermie-Anlagen betrachtet. Die Erhebung der Solarpotenziale auf Dachflächen für die Gemeinde Reichenau stützt sich auf den Solardachkataster des Energieatlas Baden-Württemberg [25]. Im Rahmen einer Potenzialanalyse wurde unter Berücksichtigung der Neigung, Ausrichtung, Verschattung und solaren Einstrahlung von der LUBW das Dachflächenpotenzial ermittelt. Aspekte wie die Statik der Gebäude wurden nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse stellen eine Grundlage für die Ermittlung des Potenzials für Photovoltaikanlagen auf Gebäudedächern in Reichenau dar.
Abbildung 23 zeigt einen Ausschnitt der Dachflächenpotenziale nach unterschiedlicher Eignung anhand der Einstrahlung. Das theoretische Potenzial weist acht Eignungsklassen aus, berücksichtigt wurden für das technische Potenzial die Eignungsklassen 1 - 3.
Zudem ist entscheidend für die Solarthermie-Eignung eines Daches, ob in dem betreffenden Gebäude ein relevanter Warmwasserbedarf besteht. Dies ist meistens im Wohnsektor der Fall. Aufgrund des saisonal schwankenden Ertrags der Solarthermie ist eine Kombination mit anderen Energiesystemen oder die Integration saisonaler Speicher notwendig. Der durchschnittliche solare Deckungsgrad der Raumwärme im Wohnsektor beträgt ca. 10 bis 20 % [26].

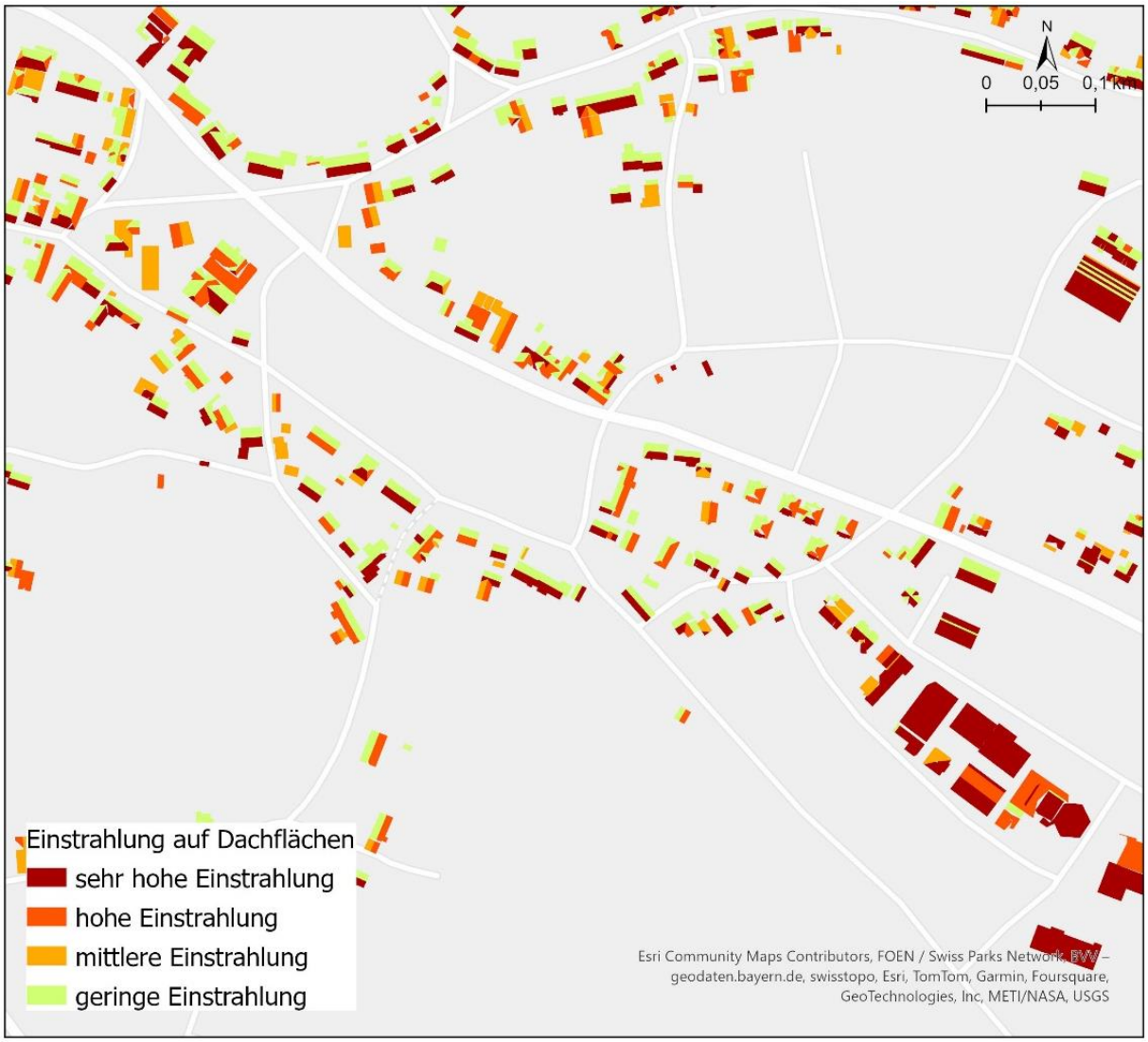


Abbildung 23: Solareinstrahlung auf Dachflächen. Eigene Darstellung nach [25]

Gemäß Handlungsleitfaden für die kommunale Wärmeplanung der KEA BW wurden „verfügbare Dachflächen nur auf Gebäuden mit einer Grundfläche grösser 50 m² berücksichtigt [2]. Unter Berücksichtigung der Dachflächenkonkurrenz geht KEA BW von einer Potenzialfläche für PV-Anlagen von 50 % der geeigneten Dachflächen und für Solarthermie-Anlagen von 25 % der geeigneten Dachflächen aus. Unter Berücksichtigung des Belegungsszenarios ergibt sich das technische Potenzial für die Nutzung der beiden Technologien, siehe Tabelle 9. Unter Berücksichtigung von 50 % aller geeigneten Dachflächen beträgt das gesamte technische Potenzial für PV-Anlagen 73 GWh. Auf den 25 % der geeigneten Dächer von Wohngebäuden ergibt sich das Solarthermie-Potenzial von 9,2 GWh.

Auf Basis des Auszugs aus dem Marktstammdatenregister wurde eine gesamte Anlagenleistung von 4,7 MW_p von Aufdach-PV-Anlagen erfasst [27]. Der hochgerechnete Stromertrag beträgt ca. 4.480 MWh und macht 17 % des gesamtes PV-Dachflächenpotenzials bzw. 33 % des Belegungsszenarios aus.

Tabelle 9: Potenzial der Solarenergie in MWh auf geeigneten Dachflächen

Energieträger	PV-Leistung* in MW_p/a	PV-Ertrag* in MWh/a	Solarthermie-Ertrag** in MWh/a
sehr hohe Einstrahlung	7	6.815	10.448
hohe Einstrahlung	4	3.830	4.988
mittlere Einstrahlung	3	2.031	2.289
Gesamtpotenzial	14	12.676	17.725
Aufdach-PV-Bestand	4,7	4.480	k. A.

*auf 50 % der Dachflächen
**auf 25 % der Dachflächen

6.10 Solarpotenziale Gewächshäuser

Die zahlreichen Gewächshäuser auf der Insel Reichenau benötigen einen hohen Anteil an Energie für die Belüftung, Beheizung und Bewässerung der Pflanzen. Dabei bieten diese riesigen Dachflächen von etwa 555.800 m² ein Potenzial für Errichtung von PV-Modulen. Allerdings müssen besondere Anforderungen an Lichtverhältnisse und Eigenschaften des Gewächshauses wie Tragfähigkeit geprüft werden. Eine qualitative Abschätzung des PV-Ertrags muss unter Berücksichtigung der spezifischen Anbaukulturen und Zustand der Gewächshäuser erfolgen. Daher wird eine Maßnahme vorgeschlagen, um die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit einer PV-Belegung zu bestimmen.

6.11 Windkraftpotenzial

Die Erfassung des Windenergiepotenzials stützt sich auf die Datengrundlage der Windflächenpotenziale des Energieatlas Baden-Württemberg [28] und der Teilfortschreibung des Regionalplans des Regionalverbandes Hochrhein-Bodensee [29]. Laut der Übersichtskarte der Vorranggebiete für Windenergie (Stand 2024/03) sind keine Windkraftstandorte auf dem Gemarkungsgebiet Reichenau vorgesehen. Aus diesem Grund ist in Reichenau mittelfristig keine Nutzung der Windkraft möglich.

6.12 Wasserkraftpotenzial

Zur Ermittlung des Wasserkraftpotenzials wurden die Potenzialdaten LUBW-Energieatlas herangezogen [30]. Aufgrund des geringen Gefälles der kleinen Flüsse und der flachen Topologie der Gemeinde sind keine technischen Wasserkraftpotenziale vorhanden.

6.13 Potenziale Biomasse

Biomasse umfasst alle organischen Stoffe, die für Energiegewinnung genutzt werden können. Die Stoffe stammen aus der Land-, Forst- oder Abfallwirtschaft. Die Biomasse kann je nach Technik vielseitig als Energieträger eingesetzt werden, um Biogas, Strom und Wärme zu erzeugen, oder sie kann in Kraftstoff umgewandelt werden.

Schwerpunkt der Potenzialanalyse der Biomasse ist die Ermittlung des Potenzials von Biomethan zur Strom- und Wärmeerzeugung sowohl in bestehenden Biogas- und KWK-Anlagen als auch aus in der Gemarkung anfallenden biogenen Reststoffen. Die Ermittlung des Potenzials der holzartigen, gasförmigen Biomasse und Abfälle orientiert sich am Handlungsleitfaden der kommunaler Wärmeplanung der KEA BW. Zunächst wurden die energetisch nutzbaren Biomassemengen je nach Art der Energieträger erhoben. Für jede anfallende Biomasseart wurde ein technisches Energiepotenzial bestimmt. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Verfügbarkeit und Mengen der Biomasse wurde das Potenzial als geeignet bzw. bedingt geeignet klassifiziert.

6.13.1 Feste Biomasse

Unter fester Biomasse können Potenziale des lokalen Energieholz- und Restholzaufkommens, beispielsweise aus Industrie oder Grüngutabfällen wie Landschaftspflegeholz, zusammengefasst werden.
Die Waldfläche in der Gemeinde Reichenau beträgt ca. 378 ha. Hiervon wurden 5 % im Zuge eines Förderprogramms aus der Nutzung genommen. Laut der Einschätzung des zuständigen Referenten von Mainau GmbH lassen sich pro Jahr bis zu 280 Festmeter (Fm) Energieholz aus dem Restholz (den leicht faulen Fichtenabschnitten sowie dem Gipfelholz inklusive Nadelmasse) gewinnen. Das entspricht einem Waldenergieholzpotenzial von etwa 300 MWh. Da Reichenau zu den waldärmsten Gemeinden in Baden-Württemberg gehört, kann die Gemeinde nur einen kleinen Anteil an Energieholz produzieren und daher von der Erschließung des Wertschöpfungspotenzial nur begrenzt profitieren.
Der Altholzaufkommen beträgt etwa 30 Tonnen pro Jahr und wird bereits thermisch verwertet.
In der Summe entspricht das Potenzial rund 416 MWh und damit weniger als 0,5 % des Gesamtwärmebedarfs.

Tabelle 10: Feste Biomassepotenzial in MWh/a

Holzartige Biomasse	Thermisches Potenzial in MWh/a
Waldrestholz	300
Altholz	116

6.13.2 Organische Abfälle und Grüngut

Unter organischen Abfällen fallen biogene Abfälle an wie beispielsweise in der Haushaltsbiotonne und biologische Grünabfälle wie Strauch- oder Grasschnitt. In einer Biomassevergärungsanlage kann aus organischen Abfällen Biogas erzeugt und in einem BHKW zu Wärme und Strom umgewandelt werden.
Das organische Abfallaufkommen wird aktuell von verschiedenen Firmen verwertet. Der Bioabfall wird von der RETERRA, Singen, energetisch zur Gaserzeugung, Verstromung sowie zur Kompostierung verwertet. Das Grüngut wird von der RETERRA, Singen, zu Grüngut-Kompost verarbeitet. Aufgrund der derzeitigen Verwertung der geringen Mengen wird das Potenzial als bedingt geeignet klassifiziert. Das Potenzial des Abfallstoffes bezieht sich auf die gesamte anfallende Menge und wird in Tabelle 11 aufgelistet. In der Summe entspricht das Potenzial rund 242 MWh und damit weniger als 0,3 % des Gesamtwärmebedarfs.

Tabelle 11: Bedingt geeignetes Potenzial von organischen Abfällen, Grüngut und Altholz in MWh

Energieträger	Menge in Tonnen/a	Wärmeerzeugung in MWh/a	Stromerzeugung in MWh/a
Biogener Abfall (Gemeinde)	560	169	145
Biogener Abfall (Reichenauer Gemüse eG)	202	61	52
Grüngutabfälle	17	12	10

6.13.3 Landwirtschaftliche Rohstoffe und Nebenprodukte

Die auf Grün- und Ackerflächen angebauten Substrate können in Biogasanlagen zur Energiegewinnung eingesetzt werden. Das Potenzial kann anhand der Ackerfläche und Viehbeständen abgeschätzt werden. Da in der Gemeinde Reichenau kein Getreide angebaut wird und es keine Viehbetriebe gibt, wurde das Potenzial zur Biogaserzeugung aus landwirtschaftlichen und tierhaltungsbezogenen Betrieben nicht erfasst.

Zusammenfassen stellt die thermische Verwertung der festen Biomasse aus Altholz und Waldrestholz sowie das Potenzial der Biomassevergärung von Bioabfällen ein geringes Potenzial dar. Die Potenziale werden bereits überregional verwertet.

6.14 Kraft-Wärmekopplungsanlagen

Kraft-Wärmekopplungsanlagen (KWK) stellen eine effiziente Methode zur Erzeugung von Wärme und Strom dar. In der Regel werden diese KWK-Anlagen mit Erdgas betrieben. Es wird empfohlen, KWK-Anlagen, die auf fossilen Energieträgern basieren, durch klimaneutrale Energieträger wie Biogas oder Klärgas zu ersetzen. Sind KWK-Anlagen in einem Wärmenetz als Erzeuger integriert, kann im Rahmen eines Transformationsplanes, der durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) gefördert wird, eine technische und wirtschaftliche Untersuchung zur klimaneutralen Wärmeerzeugung durchgeführt werden.
In der Gemeinde Reichenau versorgt eine KWK-Anlage das Zentrum für Psychiatrie Reichenau mit Wärme und Strom. Derzeit werden für den Standort klimafreundliche Versorgungsvarianten entwickelt. Weitere kleine BHKW-Anlagen befinden sich auf der Insel, wie in Abbildung 24 dargestellt.
Auf Basis der Datengrundlage aus dem Marktstammdatenregister wird die Wärmeerzeugung dieser Anlagen auf etwa 2.300 MWh geschätzt, was knapp 3 % des gesamten Wärmebedarfs ausmacht. Langfristig kann davon ausgegangen werden, dass die kleinen KWK-Anlagen einen sehr geringen Beitrag zur Wärmeversorgung leisten werden.

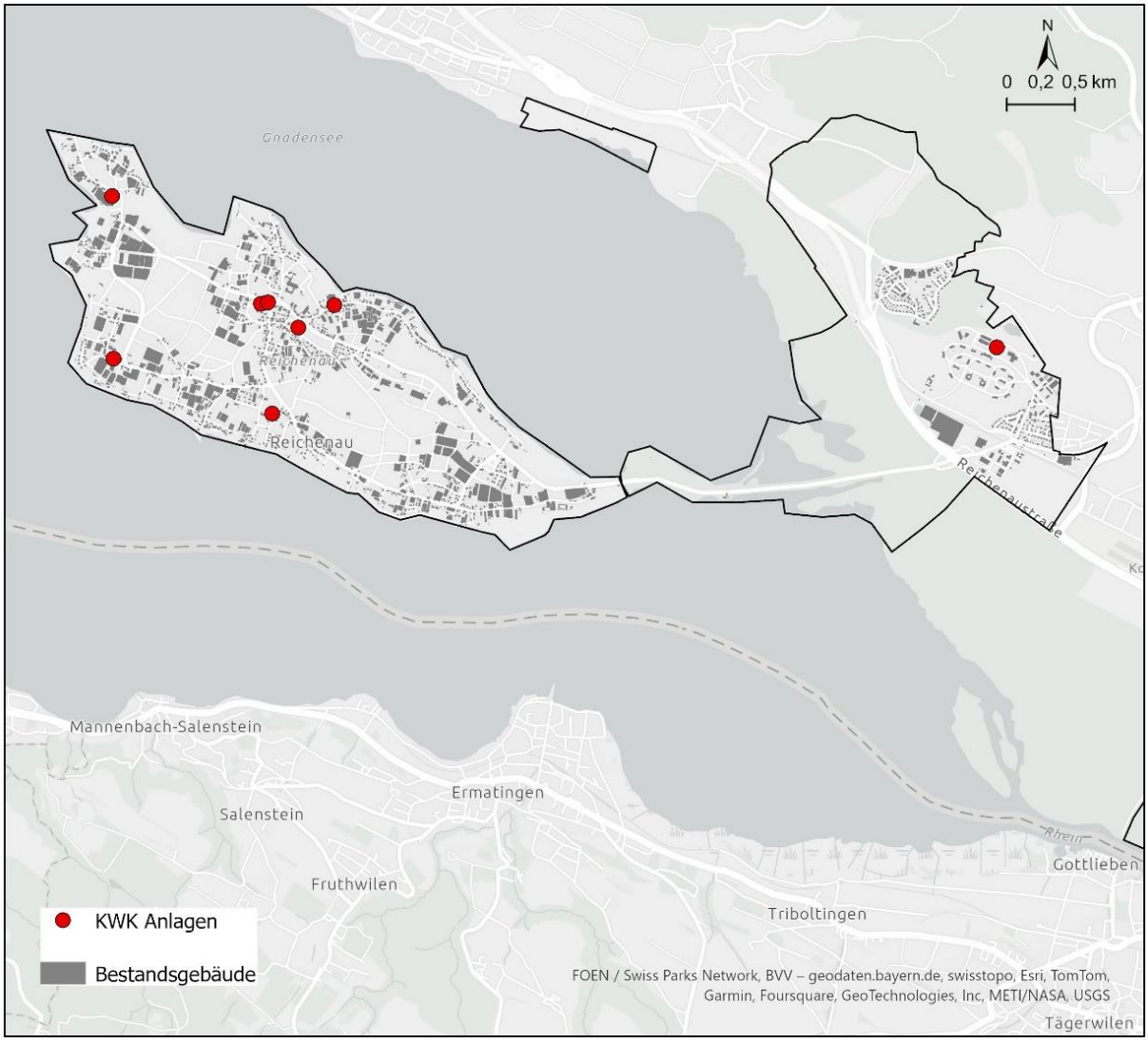


Abbildung 24: Bestehende KWK Anlagen

6.15 Wasserstoffpotenzial

Wasserstoff soll zukünftig ein wichtiger Baustein hinsichtlich der klimaneutralen Wärmeversorgung sein. Es wird davon ausgegangen, dass Wasserstoff einen Teil der fossilen Brennstoffe ersetzt. Die Anwendung des Wasserstoffs ist für Prozesse wie die Erzeugung von Hochtemperatur-Prozesswärme oder in der Schwerlastmobilität vorgesehen. Eine flächendeckende Verfügbarkeit von mit Wasserstoff betriebenen „H2-ready-Heizungen“ in privaten Haushalten ist nach heutigem Kenntnisstand vor dem Jahr 2040 unwahrscheinlich [31].

Aufgrund der verstärkten Elektrifizierung der Wärmeversorgung in den nächsten Jahren können witterungsbedingt gleichzeitig Spitzenlasten in der Wärmeversorgung auftreten, wenn der Ausbau der Übertragungskapazitäten des Stromnetzes nicht ausreichend vorangetrieben wird. In solchen Fällen kann Wasserstoff die Deckung der Spitzenlasten des Wärmenetzes im Bestand in den Wintermonaten sinnvoll eingesetzt werden.

Die Gasnetzbetreiber bereiten sich mit der Erstellung eines so genannten Gasnetzumbauplans auf eine Umstellung des bestehenden Gasnetzes auf den Betrieb mit Wasserstoff vor.

Aus diesem Grund sind die Gemeindewerke Bodanrück in Abstimmung mit den zuständigen Übertragung- und Verteilnetzbetreibern bestrebt, die Gemeinde Reichenaus mit leitungsgebundenem grünem Wasserstoff versorgen zu können.

6.16 Zwischenfazit Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse wurden verschiedene Potenziale zur Strom- und Wärmeversorgung untererfasst und gemeinsam betrachtet, da künftig mit einer stärkeren Elektrifizierung des Wärmesektors zu rechnen ist.

Die energetische Sanierung stellt einen ersten Baustein der Wärmewende dar. Komplementiert werden diese erzeugungsseitigen Potenziale durch die Möglichkeit der Wärmeeinsparung durch energetische Sanierungsmaßnahmen an den Bestandsgebäuden. Im gesamten Gemeindegebiet könnten im Jahr 2040 bei einer jährlichen Sanierungsquote von 1 % im Wohnsektor und kommunalen Liegenschaften sowie eine Energiereduktionsrate von 1 % in den Sektoren GHD und verarbeitendes Gewerbe rund 11 GWh weniger Wärmebedarf anfallen als im Basisjahr 2022. Dies entspricht einem Rückgang von ca. 13 % des derzeitigen Gesamtwärmebedarfs.

Die Abwärmepotenziale aus den gewerblichen Betrieben lassen sich nicht in ausreichender Tiefe quantifizieren. Die durchgeführte Unternehmensumfrage legt die Grundlage für Folgeschritte zur Quantifizierung des Abwärmepotenzials durch Beratung.

Eine quantifizierte Erfassung der Abwärmenutzung aus den Abwasserkanälen > DN 400 kann derzeit nicht erfolgen. Hierfür bieten sich beispielsweise eine Untersuchung der Temperatur- und Durchflussmessungen in geeigneten Abwasserkanälen an.

Die Wärmegewinnung durch Flussgewässer bietet aufgrund der natürlichen Gegebenheiten in Reichenau kein nennenswertes Potenzial. Im Untersuchungsgebiet weist der Bodensee mit einer ausreichenden Größe bzw. Tiefe ein theoretisches Potenzial zum Wärmeentzug auf – die technische Ausnutzung dieses Potenzials muss jedoch im Einzelfall betrachtet werden.

Das Erdwärmepotenzial liegt auf dem Gebiet nach Auswertung des Informationssystems oberflächennaher Geothermie großflächig vor. Ein verortetes Potenzial der Erdwärme in Wohngebieten auf Basis der Potenzialermittlung der KEA BW beläuft sich auf maximal 28 GWh. Somit lässt sich das Wärmeerzeugungspotenzial mittels Wärmepumpen von etwa 36 GWh abschätzen. Das entspricht 43 % des Wärmebedarfs im Bezugsjahr 2022. Die Umweltwärme aus der Luft wurde nicht quantifiziert, da diese Quelle praktisch unbegrenzt ist und Luft-Wärmepumpen überall betrieben werden können.

Die lokal anfallenden geringen Mengen an Biomasse in Reichenau spielen eine untergeordnete Rolle und werden derzeit bereits überregional genutzt.

Für die zukünftige Elektrifizierung des Wärmesektors ist zusätzlich grüner Strom aus regenerativen Energien notwendig. In der Gemarkung stellen die PV-Dachflächen ein erhebliches Potenzial zur Stromerzeugung dar. Die Stromerzeugung mittels einer PV-Anlage ist eine relativ einfach umsetzbare Alternative, um einen Teil des eigenen Strombedarfs teilweise zu decken.

In Anbetracht der örtlichen Bedingungen und Naturschutzgebiete spielen Flächenpotenziale für PV-Anlagen und Windenergie keine Rolle.

Die Zusammenführung der einzelnen regenerativen Energiequellen entscheiden über die Gestaltung des Wärmesektors.

7. ZIELSZENARIO

Auf Basis der Bestandsaufnahme, der Potenzialanalyse und der Entwicklung des Wärmebedarfes bis 2040 werden nun Zielszenarien entwickelt. Diese Szenarien beschreiben wie der verbleibende Wärmebedarf nach energetischen Sanierungsmaßnamen vollständig durch erneuerbare Energien und Abwärme gedeckt werden kann. Dafür werden die im Rahmen der Potenzialanalyse ermittelten Quellen für Wärme mit den verbliebenen Wärmebedarfen zusammengeführt. Darauf aufbauend werden die Eignungsgebiete für eine zentrale und dezentrale Wärmeversorgung ausgewiesen. Zudem werden die Auswirkungen der Transformation des Wärmesektors auf den Stromsektor und die Gasnetze skizziert.

7.1 Entwicklung des Wärmebedarfs

In Kapitel 6.1 wurde erläutert wie die zukünftige Wärmebedarfsentwicklung in Reichenau unter Berücksichtigung einer prozentualen Sanierungsquote abgebildet werden kann. Da die Gebäude in den Sektoren kommunale Gebäude, verarbeitendes Gewerbe sowie GHD & Sonstiges bezüglich ihrer typischen Größe, Nutzung und Wärmearten eine sehr inhomogene Zusammensetzung aufweisen und der KEA-Technikkatalog für diese Sektoren keine spezifischen Vorgaben enthält, wurden in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Reichenau plausible Reduktionsraten des Gesamtwärmebedarfs diskutiert und gemeinsam für das Zielszenario festgelegt (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Sanierungsrate der Sektoren bis 2040

Parameter	Angenommene Werte
Jährliche Reduktionsrate GHD & Sonstiges	1 %
Jährliche Reduktionsrate verarbeitendes Gewerbe	1 %
Jährliche Reduktionsrate kommunale Gebäude	1 %
Jährliche Sanierungsrate Wohngebäude	1 %

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 12 festgelegten Sanierungs- und Bedarfsreduktionsraten lässt sich ein möglicher Entwicklungspfad des Gesamtwärmebedarfs bis zum Jahr 2040 ableiten. In Abbildung 26 ist dieser mit den einzelnen Sektoren graphisch dargestellt. Dabei sind für die Entwicklung der Wärmebedarfe der Gewächshäuser zwei Szenarien gebildet. Diese Thematik wird im folgenden Kapitel genauer erläutert.

7.1.1 Gewächshaus Strukturentwicklung

Von den etwa 600 bestehenden Gewächshäusern auf der Insel Reichenau bleiben viele in den Wintermonaten unbeheizt. In den beizten Gewächshäusern werden unterschiedliche Fruchtfolgen gepflanzt, die sich auch auf den Wärmebedarf der Gewächshäuser auswirken. Beschränkt sich der Anbau von Fruchtgemüse auf die Sommermonate und in den Wintermonaten wird bspw. Salat angebaut liegt der Wärmebedarf eines Gewächshauses bei ca. 100 kWh/m²/a. Wird hingegen ganzjährig Fruchtgemüse angepflanzt, liegt der Wärmebedarf im Gewächshaus nach dem Stand der Technik bei ca. 300 kWh/m²/a.

Die Entwicklung des Wärmebedarfs in den Gewächshäusern ist schwer abzuschätzen. Aufgrund der Energiekosten und der Wettbewerbsfähigkeit wird von den Experten angenommen, dass eine energieintensive Fruchtfolge langfristig nur in größeren und modernen Gewächshäusern wirtschaftlich erfolgt. Der Wärmebedarf in den heute bestehenden Gewächshäusern wird somit in Zukunft tendenziell abnehmen.

Nach dem Entwicklungskonzept Reichenau sind vier Gebiete auf der Insel als Entwicklungsgebiete für den Ausbau von Gewächshäusern ausgewiesen, welche in Abbildung 25 dargestellt sind [31].

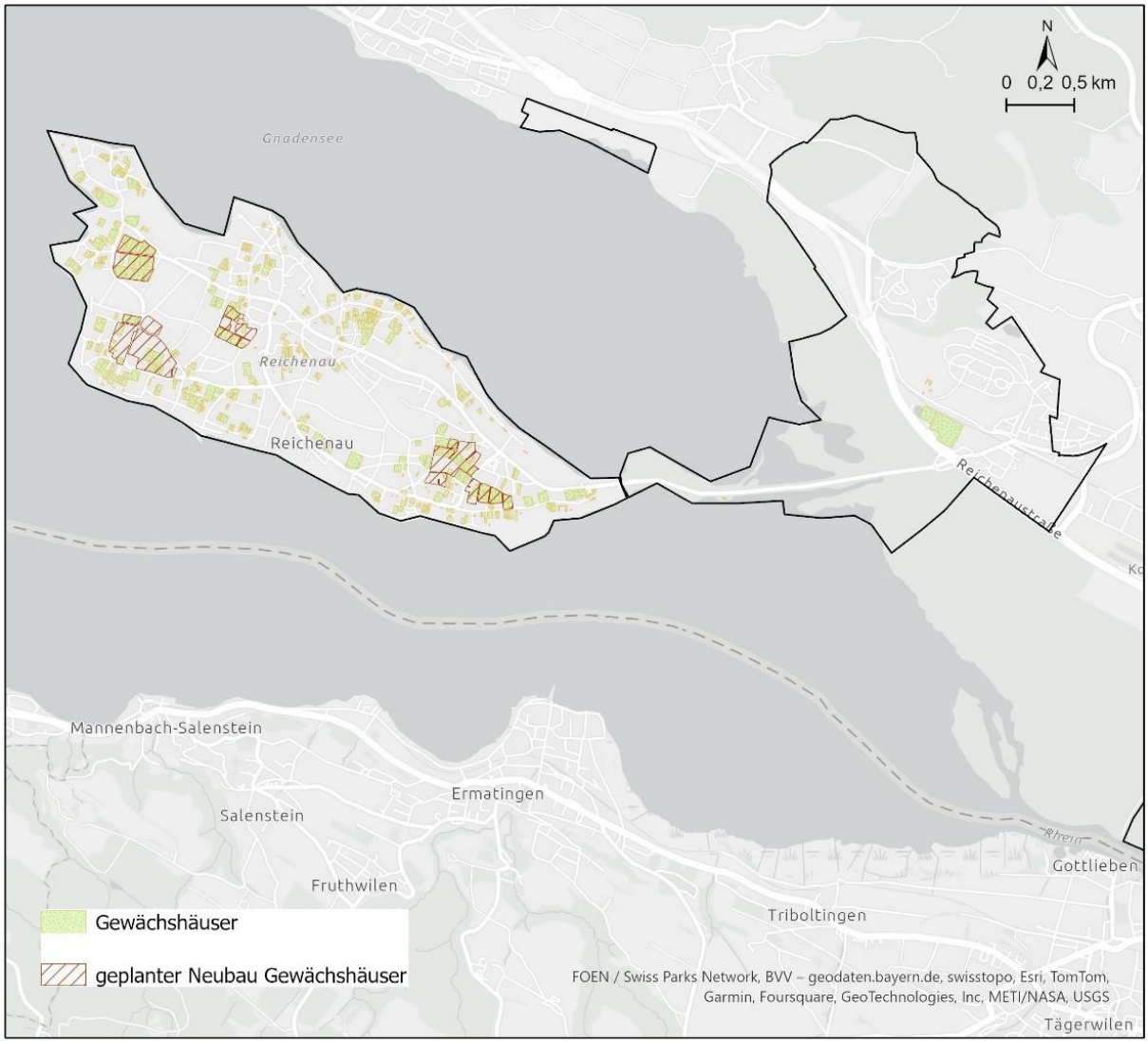


Abbildung 25: Gewächshäuserstruktur und die geplanten Konzentrationsstandorte für Neubau nach dem Entwicklungskonzept [31]

Aufgrund der erheblichen Investitionskosten des Gewächshausbaus wird angenommen, dass neue Gewächshäuser zum ganzjährigen Fruchtgemüse-Anbau genutzt werden. Ob und in welchem Umfang der Zubau von Gewächshäusern stattfindet, ist zum aktuellen Zeitpunkt noch offen und muss in der Fortschreibung der Wärmeplanung konkretisiert werden. Daher wurden im Rahmen dieser Wärmeplanung zwei Szenarien für die Entwicklung der Wärmebedarfe in den Entwicklungsgebieten betrachtet. Die dabei getroffenen Annahmen sind mit den Experten und der Gemeinde abgestimmt:

Szenario 1:

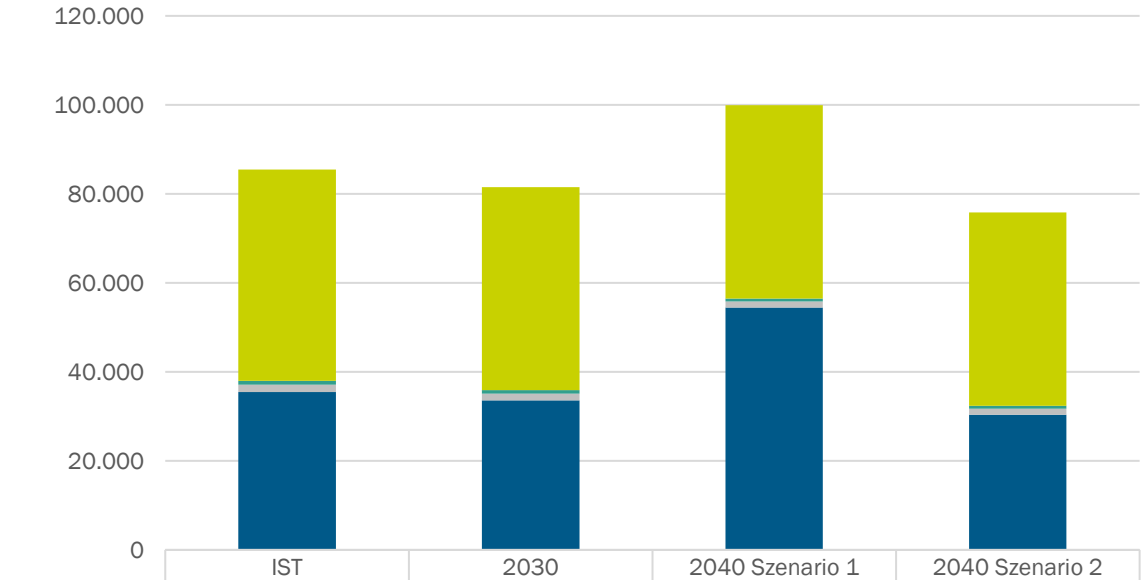
Bis 2040 werden die ausgewiesenen Entwicklungsgebiete für Gewächshäuser zu 70 % mit Gewächshäusern bebaut sein. Bereits bestehende Gewächshäuser in den Gebieten bleiben bestehen. Infolge dieser Annahmen steigt der Wärmebedarf in Gewächshäusern in der Gemeinde Reichenau von aktuell 17 GWh/a auf 39 GWh/a in 2040 an.

Szenario 2:

Bis 2040 werden in den ausgewiesenen Entwicklungsgebieten keine neuen Gewächshäuser errichtet. Bereits bestehende Gewächshäuser in den Gebieten bleiben bestehen. Infolge dieser Annahmen sinkt der Wärmebedarf in Gewächshäusern in der Gemeinde Reichenau von aktuell 17 GWh/a auf ca. 14,5 GWh/a in 2040.

Realistisch betrachtet werden jedoch erst in 10 - 15 Jahren neue Gewächshäuser entstehen, sodass die Szenarien im Zielszenario 2030 noch keine Berücksichtigung finden.

Um die Herausforderungen in der Wärmeversorgung, aber auch die entstehenden Synergieeffekte abschätzen zu können, wird in dieser Wärmeplanung mit Szenario 1 gerechnet.



	IST	2030	2040 Szenario 1	2040 Szenario 2
WOHN	47.500	45.600	43.400	43.400
VGEW	900	800	700	700
KOMG	1.600	1.500	1.300	1.300
GHD_SONST	35.500	33.600	54.500	30.400

Abbildung 26: Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs in MWh/a

7.1.2 Wärmebedarfsdichten 2030 und 2040

Basierend auf den angenommenen Sanierungsquoten und der daraus resultierenden Wärmebedarfsreduktion bzw. des -anstiegs in den 4 Schwergebieten für Gewächshäuser lässt sich die vorgestellte Wärmedichtekarte für die Jahre 2030 und 2040 prognostizieren. Dies dient in der nachfolgenden Festlegung der Eignungsgebiete dazu, bei der Empfehlung von Wärmenetzeignungsgebieten sicherzustellen, dass diese auch in Zukunft bei sinkendem Wärmeverbrauch wirtschaftlich betrieben werden können. Abbildung 27 und Abbildung 28 zeigen die Wärmebedarfsdichten im Gemeindegebiet für das Zieljahr 2030 und 2040. Es zeigt sich, dass bei fortgeschriebener Sanierung der Gebäude, die bereits für das Basisjahr ermittelten Schwerpunktgebiete bestehen bleiben.

Die 4 Konzentrationsstandorten für Gewächshäuser weisen im Jahr 2040 eine hohe Wärmebedarfsdichte auf, was auf ein geeignetes Wärmenetzgebiet hinweist.

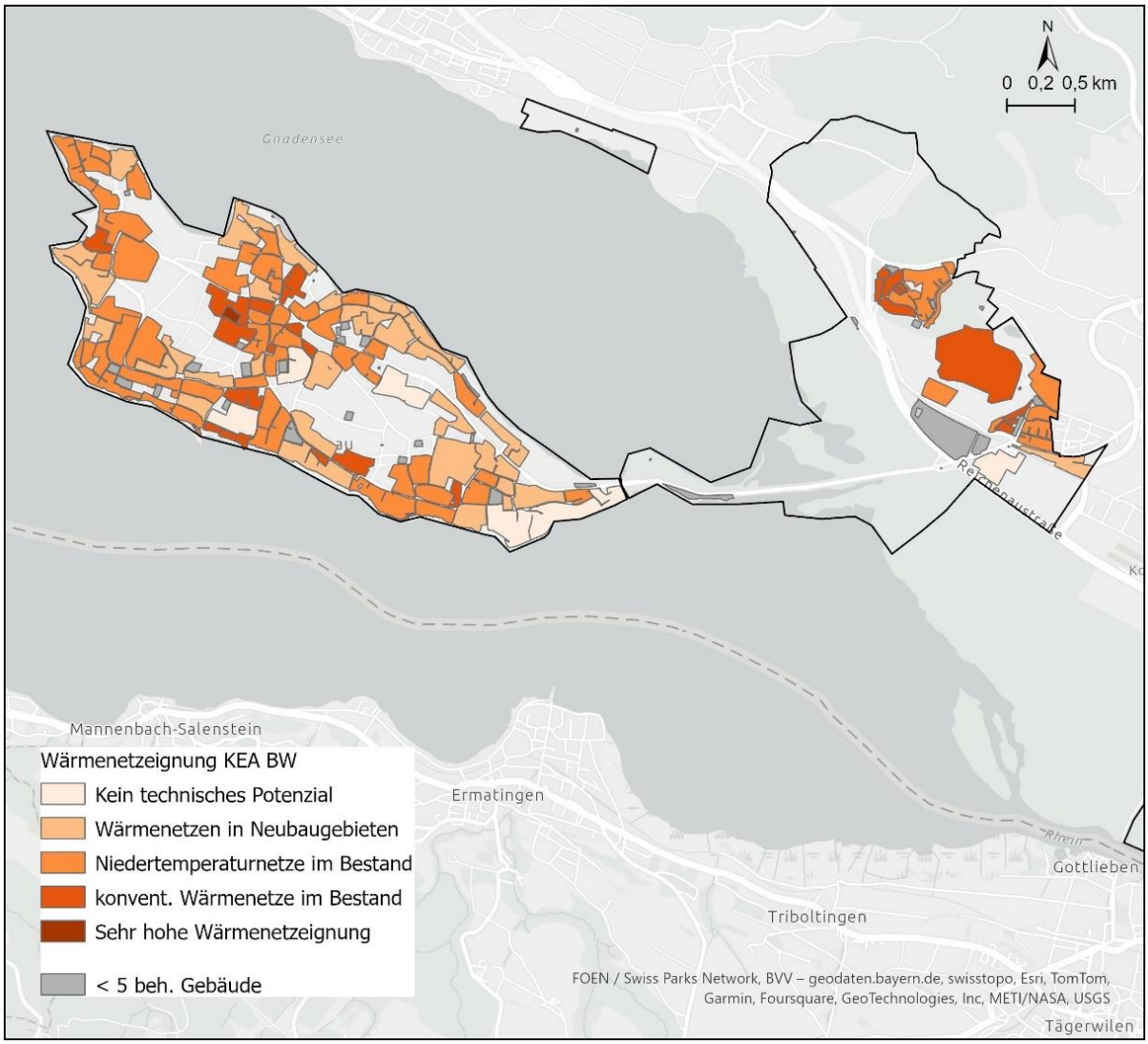


Abbildung 27: Wärmenetzeignung nach KEA BW im Jahr 2030

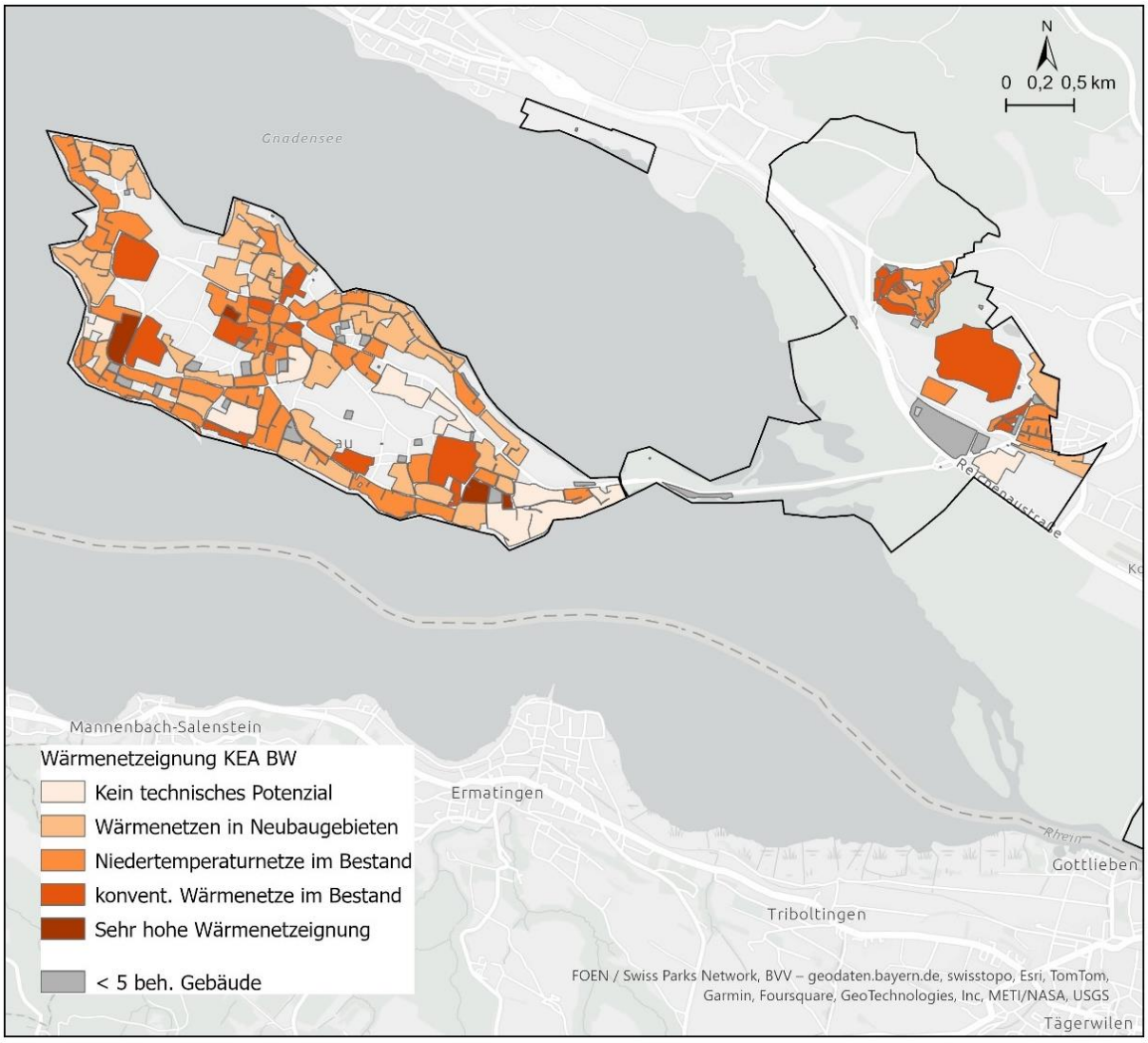


Abbildung 28: Wärmenetzeignung nach KEA BW im Jahr 2040

7.2 Klimaneutrales Szenario 2040 und Zwischenziel 2030

Die klimaneutrale Wärmeerzeugung 2040 wird sowohl durch die kontinuierliche Steigerung der Energieeffizienz, Umsetzung der Einsparpotenziale von Gebäuden als auch durch die Umstellung der fossilen Wärmerzeuger auf regenerative Energieerzeugung erreicht.
Für die Wärmebereitstellung 2030 und 2040 werden die technischen Potenziale der regenerativen Energien ausgewertet und räumlich in Fokusgebieten mit den Wärmesenken systematisch zusammengeführt.
Die Entwicklung der Versorgungsstrukturszenarien zur Erreichung der Klimaneutralität 2040 in Reichenau basiert sowohl auf der Bestands- und Potenzialanalyse, örtlichen Gegebenheiten als auch auf den bundesweiten und landesweiten Szenarioanalysen. Die sektoralen Transformationspfade von den Studien „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“ [16] und „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ [32] bilden einen Rahmen zur Gestaltung der Versorgungsstrukturszenarien für das Gemeindegebiet und für die einzelnen Eignungsgebiete. Auf dieser Basis wurden folgende Leitplanken für die Entwicklung der Versorgungsszenarien gebildet:

- Die zentralen Energieträger in dem klimaneutralen Zielszenario sind erneuerbarer Strom, Umweltwärme, grüner Wasserstoff und nachhaltig erzeugte Biomasse (inkl. Biogas).

- Zur bilanziellen Deckung des Bedarfs an grünem Strom und zur Elektrifizierung der Wärmeerzeugung wird Photovoltaik und nach Möglichkeit Windenergie überregional ausgebaut.
- Aufgrund des abnehmenden Potenzials holzartiger Biomasse geht der Einsatz der Biomasse für die Wärmeversorgung im Wohnsektor langfristig zurück. In Gebäuden, in denen Wärmepumpen weniger geeignet sind und die nicht in absehbarer Zeit ans Wärmenetz angeschlossen werden können, kann das regional bezogene Holz sinnvoll eingesetzt werden.
- Die Wärme im Wärmenetz wird zum Großteil über grüne Gase, Holzheizwerke und Großwärmepumpen gedeckt.
- Biogas und grüner Wasserstoff werden als hochwertige und in begrenzter Menge verfügbare Energieträger in alternativlosen Prozessen (z.B. Anforderungen an sehr hohen Temperaturprozessen, Nahwärme) genutzt.

7.2.1 Klimaneutrales Zielfoto und Ausweisung von Eignungsgebieten

Die Wärmeversorgung aus den erneuerbaren Energiequellen kann sowohl dezentral über Einzelheizungen als auch über Wärmenetze erfolgen. Laut dem Handlungsleitfaden zur kommunalen Wärmeplanung bieten Wärmenetze eine wichtige Systemdienstleistung für ein integriertes Energiesystem, da sie die flexible Integration vielfältiger regenerativer Energien und Abwärme ermöglichen. Darüber hinaus können Spitzenlasten im Strom- und Wärmebedarf durch den flexiblen Betrieb von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in den Heizzentralen sowie durch die Einbindung großer Wärmespeicher abgefangen werden.

Unter oben beschriebenen Rahmenbedingungen wird die gebietsspezifische Entwicklung der Wärmeversorgung simuliert. Für die Einteilung in dezentrale und zentrale Wärmeversorgungsgebiete werden folgende Einflussgrößen herangezogen:

- Wärmebedarfsdichte
- Ankerkunden (große Wärmeverbraucher)
- Siedlungsstruktur und Wärmeverbrauchstruktur
- Gebäudetypologie und -alter
- Alter und Betriebsdauer der bestehenden Heizungen
- Bestehende Wärmeversorgungsinfrastruktur
- Potenzial regenerativer Energien

Die mit der Gemeindeverwaltung abgestimmten Annahmen sind aus der Tabelle 13 zu entnehmen.

Tabelle 13: Eingabegrößen für die Zielszenarien 2030 und 2040

Eingabegröße	Wert
Betriebsdauer der bestehenden Heizungen	20 Jahre gem. KEA BW [1]
Zulässige Folgeheizungen	Anteil 65 % der erneuerbaren Energie bzw. Abwärme an Wärmenutzung gem. GEG
Einzugsgebiete Wärmenetze	Grenzwerte Wärmebedarfsdichte gem. KEA BW [1]
Anschlussquote	2030: 60 % 2040: 80 % (100 % in Gewächshäusergebiete)

Wie im Kapitel 7.1.2 erläutert ist ein wesentliches Kriterium für die Ausweisung von Wärmenetz-Eignungsgebieten die Wärmedichte, die einen wirtschaftlichen Betrieb der Wärmenetze voraussetzt. Die Einteilung des Gebiets in dezentrale und zentrale Wärmeversorgungsgebiete erfolgt gemäß dem Handlungsleitfaden der KEA BW.

Die Ergebnisse des Zonierungsverfahrens, die die Fokusgebiete für verschiedene Wärmeversorgungsszenarien darstellen, sind in Abbildung 29 dargestellt. Eine Übersicht der Hauptenergieträger im Jahr 2040 für alle Gebiete ist dem Zielfoto in Abbildung 30 zu entnehmen.

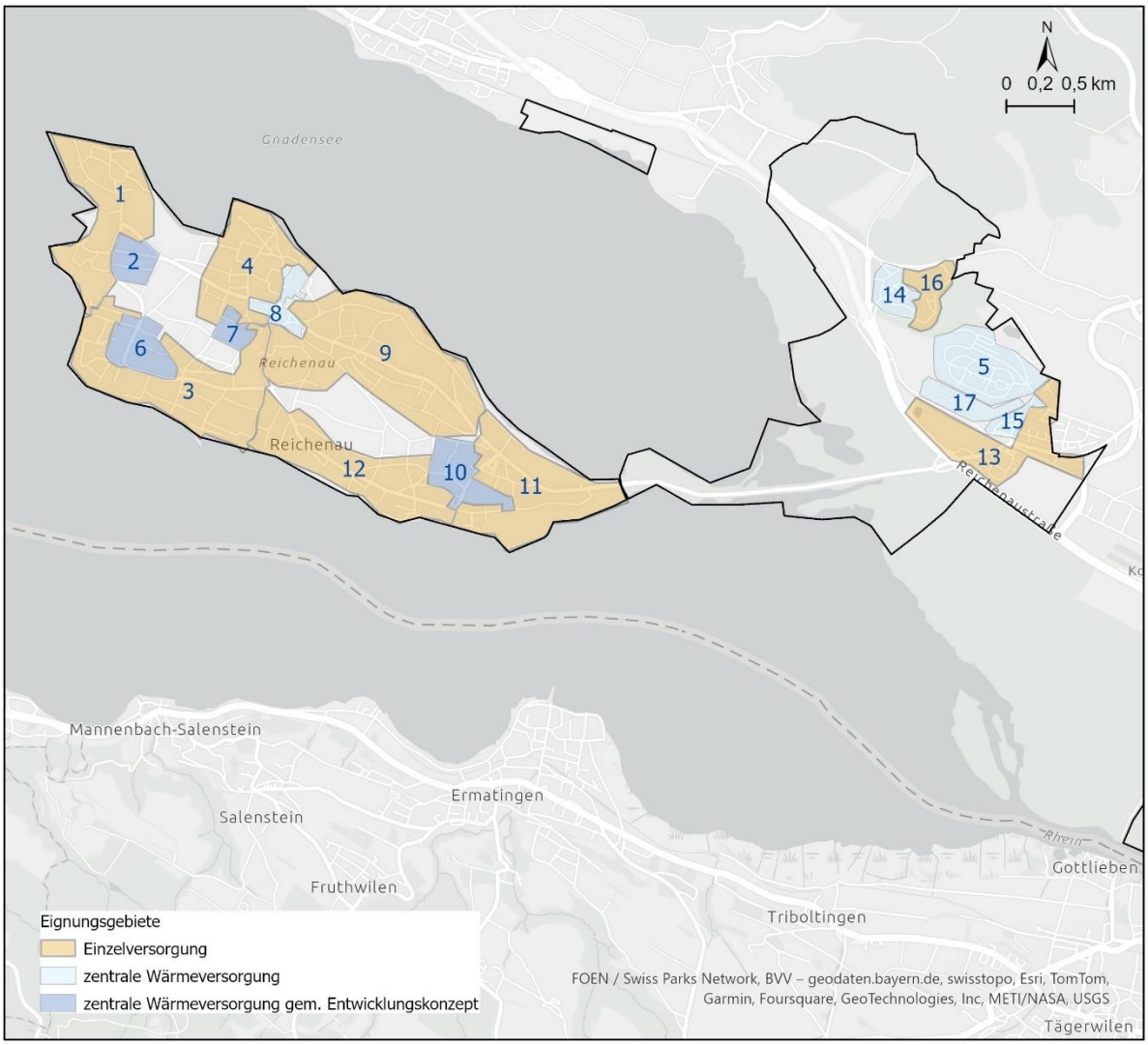


Abbildung 29: Eignungsgebiete für zentrale und dezentrale Wärmeversorgung

Vier Eignungsgebiete für zentrale Wärmeversorgung (nummeriert 8, 14, 15 und 17, siehe Abbildung 29) wurden für Wärmenetze identifiziert. In Eignungsgebiet 5 gibt es bereits ein kleines Wärmenetz, das aufgrund der hohen Wärmedichte in benachbarten Quartieren ausgebaut werden kann. Ein Teil des als Eignungsgebiet 17 ausgewiesenen Neubaugebiets Lindenbühl wird voraussichtlich bis 2030 entwickelt sein. In den Wärmenetzgebieten wird, abhängig von den lokalen Gegebenheiten und dem verfügbaren Potenzial, bis 2040 ein Mix aus Erdwärme, Holz, Biogas und Erdgas als redundante Quelle eingesetzt.

Bei den Eignungsgebieten 2, 6, 7 und 10 handelt es sich um potenzielle zentrale Wärmeversorgungsgebiete in Verbindung mit der zukünftigen Wärmebedarfsentwicklung für Gewächshäuser.

Für sowohl zentrale als auch dezentrale Wärmeversorgung wird Erdwärme im Jahr 2040 voraussichtlich die am häufigsten genutzte Wärmequelle sein. In Wärmenetzgebieten auf der Insel bietet sich zusätzlich an, das Potenzial des Seewassers über Wärmepumpen zu erschließen. Bei der Umsetzung ist eine Entscheidung zwischen Erdwärme oder Seewasser zu treffen. Dies ist eine Einzelfallprüfung und muss in Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht werden.
Die Nutzung der Solarthermie auf Dachflächen wird aufgrund der Saisonalität nur punktuell erfolgen und überwiegend in Kombination mit dezentralen Holzhackschnitzelkessel sowie bestehenden Heizöl- oder Gaskesseln. Die Dachflächen werden überwiegend für PV-Anlagen eingesetzt, da der Strom flexibler zur Wärmeerzeugung über Wärmepumpen eingesetzt werden kann.

Da die Gemeinde über ein marginales Potenzial des lokalen Waldrestholzes verfügt, muss der Holzbedarf aus regionalen Quellen gedeckt werden. Das Holz wird in der Nahwärmeversorgung zur Spitzenlastabdeckung benötigt. In Gebäuden, in denen Wärmepumpen weniger geeignet sind und die nicht in absehbarer Zeit ans Wärmenetz angeschlossen werden können, kann das regional bezogene Holz sinnvoll eingesetzt werden.

In der Zukunft werden grüne gasförmige Brennstoffe in zentralen Wärmeversorgungsgebieten und in den Gewerbe- und Industriebetrieben eingesetzt. Zudem besteht der Bedarf an grünen Gasen in zentralen Wärmeversorgungsgebieten. Der Anteil des grünen Gases könnte grundsätzlich auch anteilig durch Biomasse ersetzt werden.

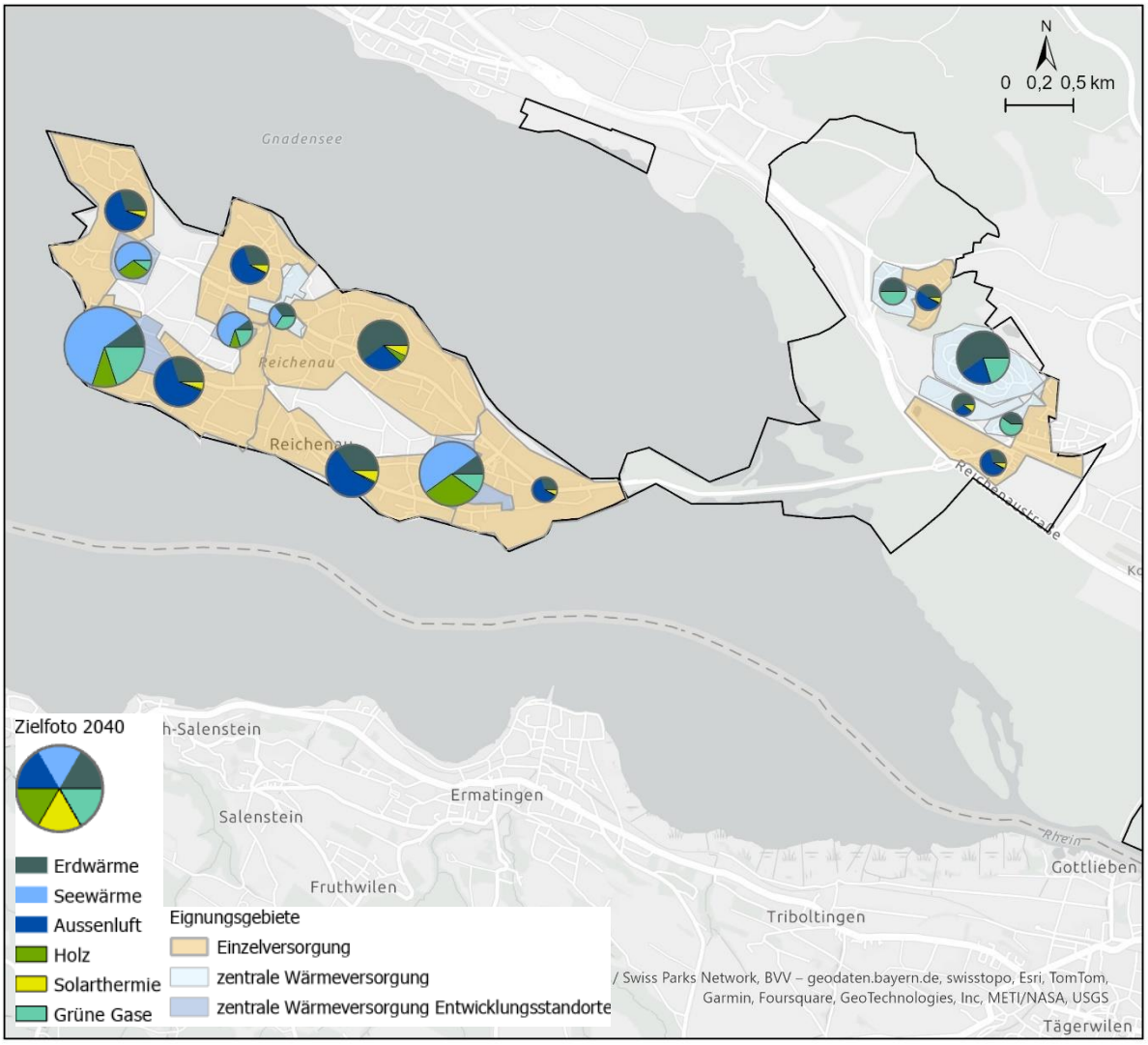


Abbildung 30: Zielfoto 2040

Die Energie- und CO_2-Bilanz nach Sektoren und Energieträgern wird in Kapitel 7.2.2 detaillierter dargestellt. Die Grundlage und Ergebnisse dieser Gebietseinteilung werden in den Teilgebietssteckbriefen zusammengefasst und aus Gründen der Übersichtlichkeit in einem separaten Dokument dargestellt.

7.2.2 Wärmegestehungskosten

Basierend auf den Vorgaben des Technikkatalogs der KEA-BW wurden für die oben genannten Eignungsgebiete Wärmegestehungskosten ermittelt, welche die Summe der Verteil- und Wärmeerzeugungskosten für potenzielle Wärmeerzeugungslösungen umfassen. Die Kosten für die Versorgung mit Wärmenetzen variieren je nach den örtlichen Gegebenheiten. Einen wesentlichen Einflussfaktor auf die Vollkosten bzw. die Verteilkosten hat die Entwicklung der Wärmebedarfsdichte und Anschlussrate der Gebäude im Wärmenetz.

Die Verteilkosten setzen sich aus den Investitionskosten für die Hauptleitung, die Hausanschlussleitungen und die Übergabestationen zusammen. Diese Kosten wurden unter Berücksichtigung pauschaler Anschlussraten (100 % der Gewächshäuser in 2040 und 60 % in 2030, 80 % in 2040 der sonstigen Gebäude) und der Reduktion des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungen ermittelt. Bei der Betrachtung der Wärmeerzeugung wurden die Investitionskosten für Heizungsanlagen, die Erschließung von Wärmequellen sowie die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten berücksichtigt. Als Grundlage für die Berechnung der Gesamtkosten diente der Technikkatalog der KEA-BW. Da viele der zugrunde liegenden Parameter, wie Wärmebedarf, Anschlussrate, Investitionen sowie Betriebs- und Verbrauchskosten auf Annahmen basieren, ist eine genaue Bestimmung der Wärmegestehungskosten zu diesem Zeitpunkt nicht möglich, weshalb lediglich eine grobe Schätzung vorgenommen werden kann. Diese ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 14: Dezentrale und zentrale Wärmegestehungskosten für 2030 und 2040

Kosten	2030	2040
dezentral	12-16 ct/kWh	10-14 ct/kWh
zentral	16-18 ct/kWh	10-16 ct/kWh

Ein Vergleich der Wärmekosten deutet darauf hin, dass die Kosten eines Nahwärmenetzes ab einer Anschlussrate von mindestens 80 % im Vergleich zu einer dezentralen Versorgung wettbewerbsfähig sind. Bis 2040 nähern sich die Wärmegestehungskosten für die dezentrale und zentrale Wärmeversorgung stark an. Insbesondere in Wärmenetzen, die die Entwicklungsgebiete für Gewächshäuser ab 2040 versorgen, können aufgrund der hohen Energiedichte auch vergleichsweise niedrige Wärmekosten erreicht werden.

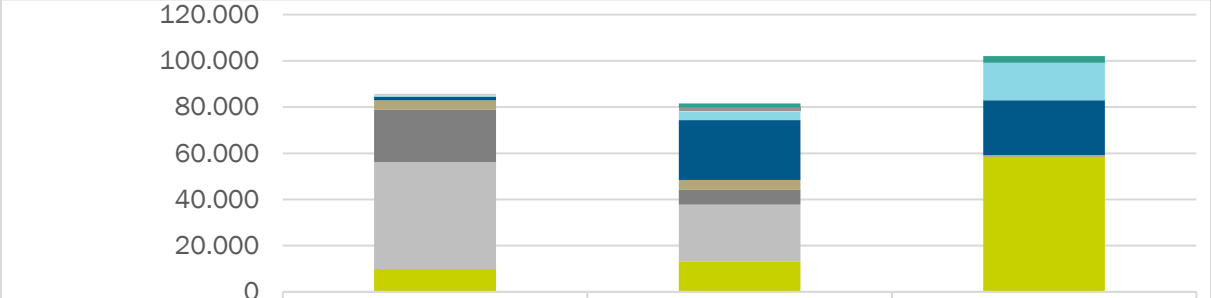
Da etwa 70 % der fossilen Heizungen in den Wärmenetzgebieten vor 2010 installiert wurden, steht ein baldiger Austausch an. Dies bietet eine Gelegenheit für den Umstieg auf eine Nahwärmenetzversorgung. Um Lock-in-Effekte zu vermeiden und hohe Anschlussquoten sicherzustellen, ist eine zügige Planung der Netze erforderlich. Die Potenziale und die Realisierbarkeit des Nahwärmenetzes sollten daher im Rahmen einer Machbarkeitsstudie, beispielsweise im Rahmen des BEW, vertieft untersucht werden. Dabei ist es entscheidend, dass die Gemeinde die Bürgerinnen und Bürger frühzeitig und umfassend über den geplanten Ausbau der Wärmenetze informiert (siehe Kap. 8.1.1).

7.2.3 Energie- und Treibhausgas-Bilanz 2030 und 2040

Für das festgelegte Zielszenario 2040 und Zwischenszenario 2030 wird eine Energie- und CO_2-Bilanz erfasst. Der gesamte Wärmebedarf sowie der Endenergiebedarf nach Energieträgern für die Jahre 2022 (Ist-Zustand), 2030 und 2040 werden in Abbildung 31 dargestellt.
Es zeigt sich, dass der Bedarf an fossilen Brennstoffen wie Heizöl und Erdgas kontinuierlich abnimmt und bis 2040 vollständig durch regenerative Energien ersetzt wird.

Es ist ersichtlich, dass Luft- und Sole-Wasser-Wärmepumpen in den Einzelversorgungsgebieten eine zentrale Rolle einnehmen werden. Ausgehend aus dem prognostizierten Anstieg an Wärmebedarf für Gewächshäuser steigt der Wärmebedarf in den Wärmenetzen von 9.9 GWh auf 58 GWh an. In 4 Wärmenetzgebieten für Gewächshäuser beträgt der Wärmebedarf 40 GWh, was 40 % des gesamten Wärmebedarfs ausmacht.

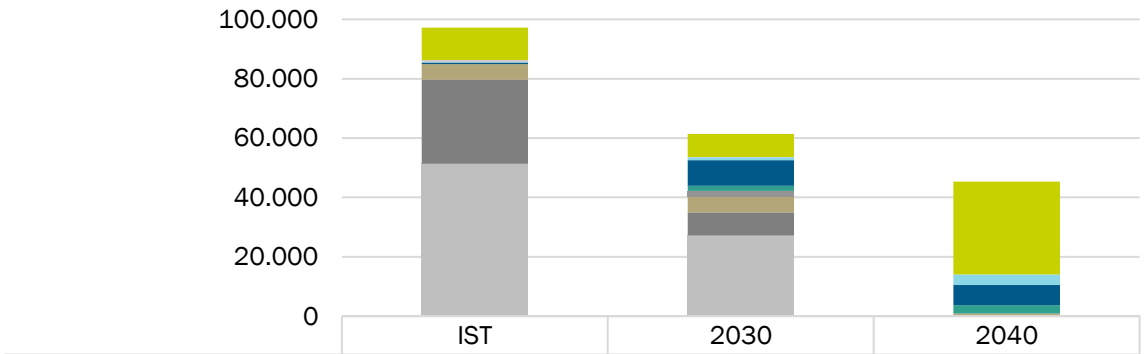
Der Einsatz von Holz in dezentralen Holzkesseln wird teilweise reduziert, da ein Teil der Wärmeenergie im Sommer und in Übergangszeiten von Solarthermie (in hybriden Wärmeversorgungslösungen) gedeckt werden kann.
Da zum Zeitpunkt der Erstellung des Zielszenarios die Potenziale der Abwärme aus Gewerbeprozessen und Abwasserkanälen noch nicht in ausreichender Tiefe quantifiziert werden konnten, wurden diese Potenziale bei Wärmeversorgungszenarien und Energiebilanz nicht mitberücksichtigt.



	IST	2030	2040
Solarthermie	0	1.700	2.800
Biomethan	0	1.700	0
Wasserstoff	0	0	0
Direktstrom	700	100	0
Sole-Wärmepumpe	600	3.800	16.200
Luft-Wärmepumpe	1.400	25.900	23.800
Holz	4.100	4.300	800
Heizöl	22.700	6.300	0
Erdgas	46.300	24.500	0
Nahwärme	9.900	13.300	58.400

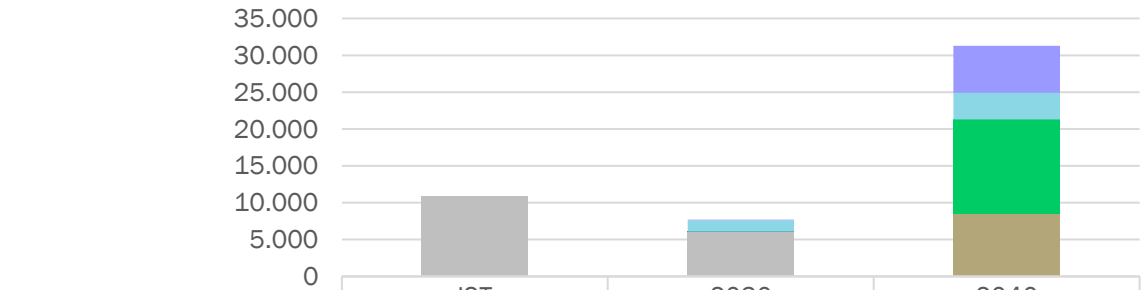
Abbildung 31: Wärmebedarf in MWh/a nach Energieträger für IST, 2030 und 2040

Der Endenergiebedarf für die gesamte Wärmebereitstellung ist in Abbildung 32 abgebildet. Der gesamte Energiebedarf sinkt bis 2040 um etwa 55 %, was in absoluten Zahlen einem Endenergiebedarf von 97 GWh und 45 GWh entspricht. Die sinkende Entwicklung des Energiebedarfs lässt sich in erster Linie dadurch erklären, dass die Wärmepumpen Wärme mit einer hohen Effizienz aus Strom bereitstellen.



	IST	2030	2040
Nahwärme	10.900	7.800	31.300
Direktstrom	700	100	0
Strom - Sole-Wärmepumpe	200	1.000	3.500
Strom - Luft-Wärmepumpe	500	8.600	6.800
Solarthermie	0	1.700	2.800
Biomethan	0	1.800	0
Wasserstoff	0	0	0
Holz	5.200	5.400	900
Heizöl	28.300	7.800	0
Erdgas	51.400	27.200	0

Abbildung 32: Endenergiebedarf für Wärmeerzeugung in MWh/a nach Energieträger für IST, 2030 und 2040



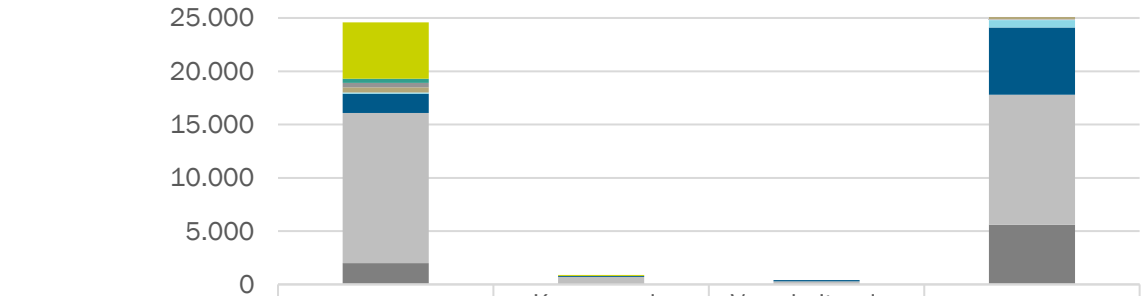
	IST	2030	2040
Strom - See-Wärmepumpe	0	100	6.400
Strom - Luft-Wärmepumpe	0	0	0
Strom - Sole-Wärmepumpe	0	1.500	3.600
Solarthermie	0	100	0
Biomethan	0	0	0
Wasserstoff	0	0	12.800
Holz	0	0	8.500
Heizöl	0	0	0
Erdgas	10.900	6.000	0

Abbildung 33: Endenergiebedarf nach Energieträger im Nahwärmeversorgungsnetz in MWh/a für IST, 2030 und 2040

Der Bedarf an regenerativen Energieträgern in den Nahwärmenetzgebieten wächst bis 2040 wie in Abbildung 33 dargestellt ist. Als häufigster Energieträger kommt im Zieljahr Strom für Wärmepumpen zum Einsatz. Wasserstoff und Holz werden für die Abdeckung der Spitzenlast benötigt, um einen Teil der Nahwärme besonders in den Wintermonaten bereitzustellen. Zusätzlich ist für den

Betrieb der Gewächshäuser eine CO_2-Quelle erforderlich, um die Pflanzen im Gewächshaus ausreichend mit CO_2 versorgen zu können. Daher kann in den Entwicklungsgebieten von Gewächshäusern nicht vollständig auf emissionsfreie Energieträger gesetzt werden, da sonst CO_2 als technisches Gas zugekauft werden müsste, was als unwirtschaftlich zu bewerten ist.

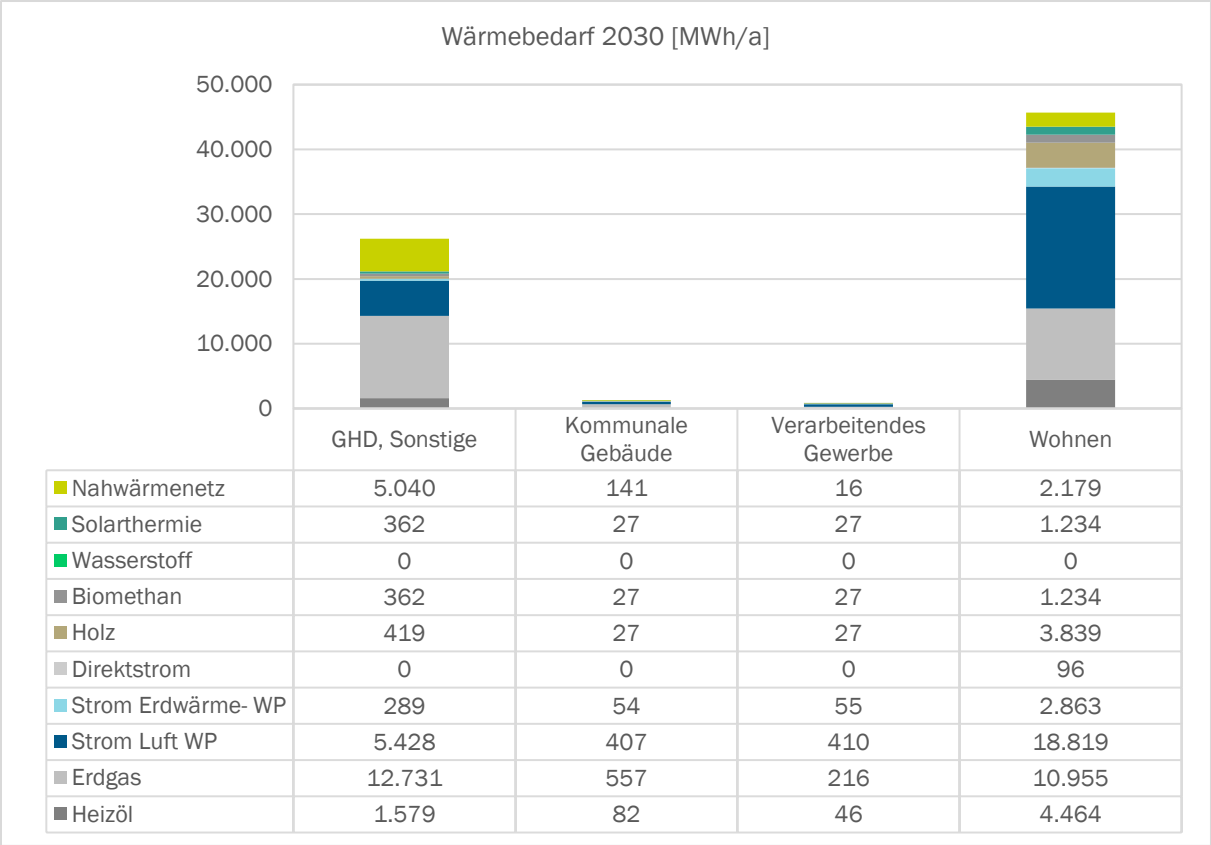
Abbildung 34 und Abbildung 35 zeigen den Bedarf an Energieträgern und den Wärmebedarf 2030. Es ist ersichtlich, dass der Wärmebedarf besonders in den beiden Sektoren Wohnen und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) hoch ist. 2030 wird Erdgas und Heizöl zum Großteil der Wärmeerzeugung decken. Wärmepumpen kommen als Folge der Heizungstausche kontinuierlich zum Einsatz.



	GHD, Sonstige	Kommunale Gebäude	Verarbeitendes Gewerbe	Wohnen
Nahwärmenetz	5.300	100	0	2.300
Solarthermie	400	0	0	1.200
Wasserstoff	0	0	0	0
Biomethan	400	0	0	1.400
Holz	500	0	0	4.800
Direktstrom	0	0	0	100
Strom Erdwärme- WP	100	0	0	700
Strom Luft WP	1.800	100	100	6.300
Erdgas	14.100	600	200	12.200
Heizöl	2.000	100	100	5.600

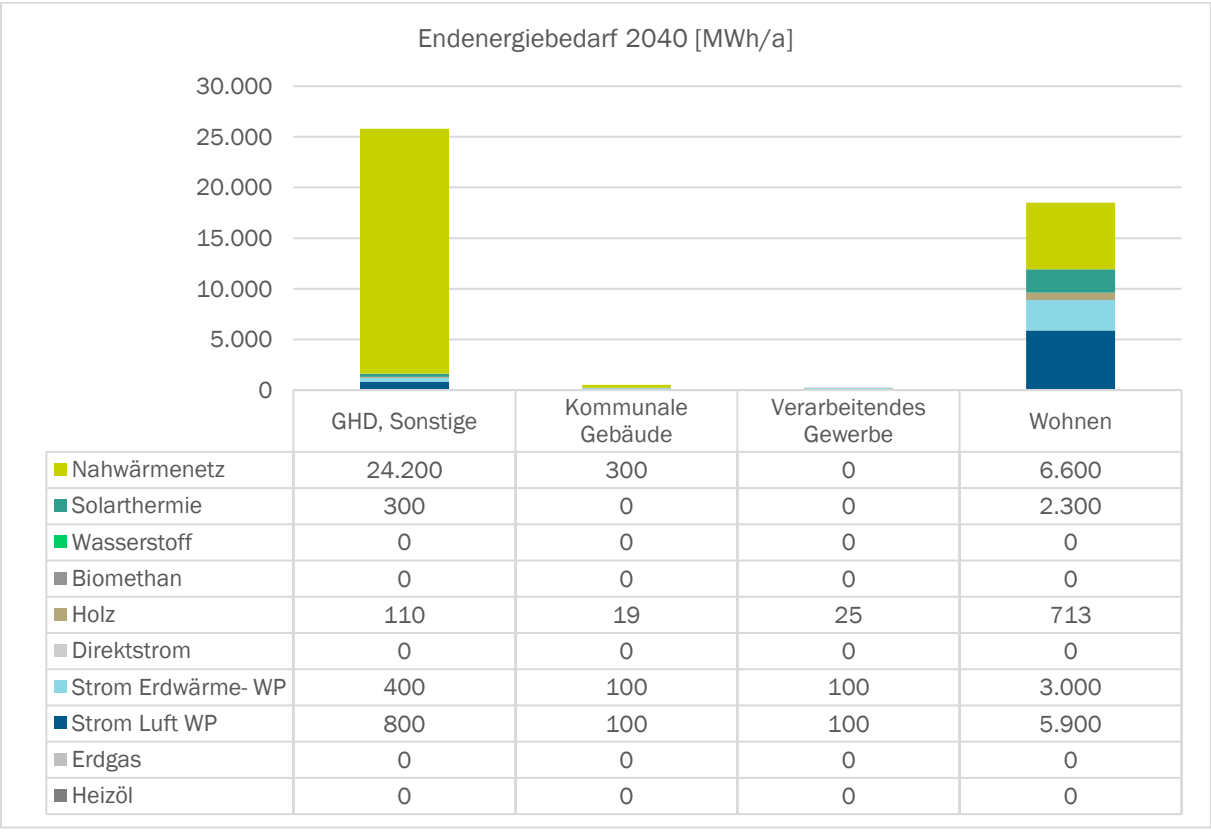
Abbildung 34: Endenergiebedarf nach Energieträger in MWh/a und Sektoren 2030

Abbildung 36 und Abbildung 37 stellen den Bedarf an Energieträgern und den Wärmebedarf 2040 aufgeschlüsselt nach Sektoren dar. Im Jahr 2040 ist der Anstieg des Wärmebedarfs für Gewächshäuser ersichtlich, der überwiegend über zentrale Wärmeversorgung gedeckt wird.
Im Zieljahr werden 36 % des Wärmebedarfs über Wärmenetze, 32 % über Luft-Wärmepumpen und 16 % über Erdwärme-Wärmepumpen gedeckt. Der sektorspezifischer Anteil der zentralen Wärmeversorgung am Wärmebedarf 2040 beträgt 91 % in GHD, 47 % in kommunalen Liegenschaften, 11 % in verbietenden Gewerben und 25 % in Wohnsektor. Die detaillierte Entwicklung des Wärmebedarfs ist Abbildung 37 zu entnehmen.



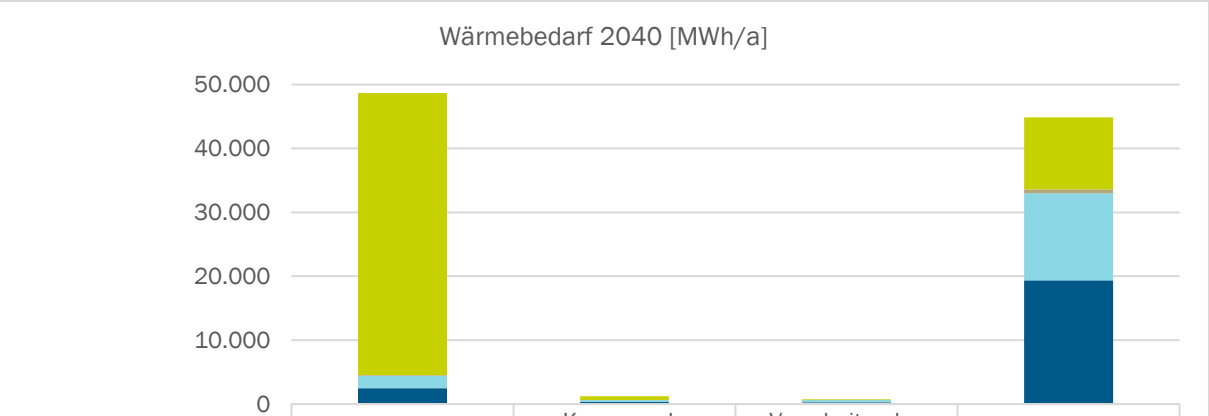
	GHD, Sonstige	Kommunale Gebäude	Verarbeitendes Gewerbe	Wohnen
Nahwärmenetz	5.040	141	16	2.179
Solarthermie	362	27	27	1.234
Wasserstoff	0	0	0	0
Biomethan	362	27	27	1.234
Holz	419	27	27	3.839
Direktstrom	0	0	0	96
Strom Erdwärme- WP	289	54	55	2.863
Strom Luft WP	5.428	407	410	18.819
Erdgas	12.731	557	216	10.955
Heizöl	1.579	82	46	4.464

Abbildung 35: Wärmebedarf nach Energieträger in MWh und Sektoren 2030



	GHD, Sonstige	Kommunale Gebäude	Verarbeitendes Gewerbe	Wohnen
Nahwärmenetz	24.200	300	0	6.600
Solarthermie	300	0	0	2.300
Wasserstoff	0	0	0	0
Biomethan	0	0	0	0
Holz	110	19	25	713
Direktstrom	0	0	0	0
Strom Erdwärme- WP	400	100	100	3.000
Strom Luft WP	800	100	100	5.900
Erdgas	0	0	0	0
Heizöl	0	0	0	0

Abbildung 36: Endenergiebedarf nach Energieträger in MWh und Sektoren 2040



	GHD, Sonstige	Kommunale Gebäude	Verarbeitendes Gewerbe	Wohnen
Nahwärmenetz	44.133	568	79	11.253
Solarthermie		0	0	0
Wasserstoff	0	0	0	0
Biomethan	0	0	0	0
Holz	96	17	22	627
Direktstrom	0	0	0	0
Strom Erdwärme- WP	1.940	295	333	13.607
Strom Luft WP	2.491	328	282	19.372
Erdgas	0	0	0	0
Heizöl	0	0	0	0

Abbildung 37: Wärmebedarf nach Energieträger in MWh und Sektoren 2040

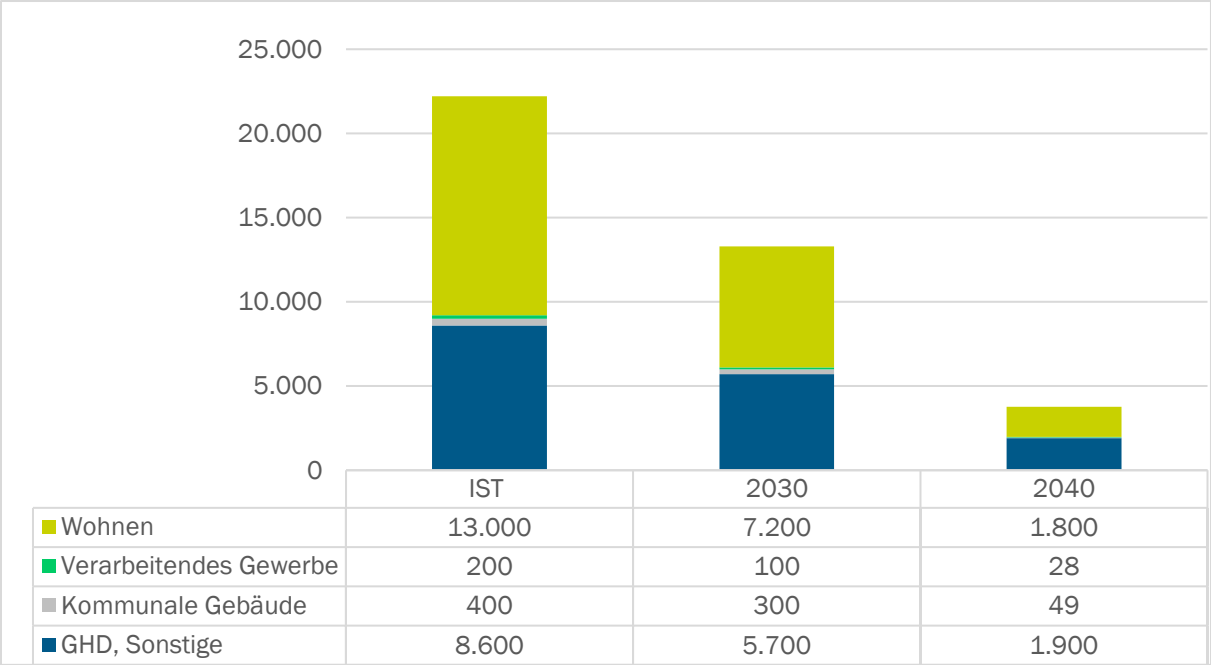
Bilanziell betrachtet ist die Nutzung regenerativer Energien 2040 mit geringen Mengen an Treibhausgasemissionen verbunden.

Wie in Abbildung 38 ersichtlich, kann unter den angenommenen Rahmenbedingungen über alle Sektoren eine Minderung von rund 90 % der ursprünglichen Emissionen erreicht werden, sodass die Gesamtemissionen des Wärmesektors im Jahr 2040 noch rund 3.800 Tonnen CO_2[1] betragen.

Im Jahr 2040 fallen 48 % der gesamten CO_2-Emissionen auf den Sektor Wohnen an. 50 % der Emissionen lassen sich dem Sektor GHD & Sonstiges, 1 % dem Sektor verarbeitendes Gewerbe zuordnen. Auf die kommunalen Liegenschaften lassen sich ebenfalls 1 % der CO_2-Emissionen zurückführen.

Die verbleibenden Emissionen, die sich nicht vermeiden lassen, können ggf. durch Ausgleichsmaßnahmen kompensiert werden. Dies ist in der Fortschreibung des Wärmeplanes tiefer zu betrachten.

[1] Die Emissionen entstehen durch die vor- und nachgelagerten Ketten z.B. Abholzung, Holzbearbeitung, Transport, Installation und Entsorgung der Anlagen, des Betriebs von Anlagen. Darüber hinaus haben regenerative Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen im Laufe ihrer Lebensdauer eine viel geringere Treibhausgasemission pro Einheit erzeugter Energie als herkömmliche fossilbetriebene Anlagen.



	IST	2030	2040
Wohnen	13.000	7.200	1.800
Verarbeitendes Gewerbe	200	100	28
Kommunale Gebäude	400	300	49
GHD, Sonstige	8.600	5.700	1.900

Abbildung 38: THG-Emissionen nach Sektoren in Tonnen CO_2 IST, 2030 und 2040

7.3 Auswirkungen der Wärmewendestrategie auf den Stromsektor

Der Übergang von fossilen Brennstoffen wie Öl und Erdgas hin zu elektrifizierten Wärmeversorgungssystemen führt zu einem erheblichen Anstieg des Strombedarfs.
Besonders in den kalten Wintermonaten, wenn der Heizbedarf am höchsten ist, steigt die Stromnachfrage durch den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen deutlich an. Die Entwicklung erfordert dabei eine erhebliche Erweiterung und Modernisierung der Stromnetze, besonders auf der Verteilnetzebene. Intelligente Steuerungssysteme sind notwendig, um Lastspitzen zu vermeiden und die Netzstabilität zu gewährleisten.
Im Jahr 2022 lag der Stromverbrauch für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen bei etwa 0,6 GWh. Durch den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen in Reichenau kann dieser Wert bis zum Jahr 2040 auf etwa 20 GWh ansteigen. Zusätzlich wird für die überregionale Bilanzierung des Wasserstoffbedarfs von 13 GWh grüner Strom aus erneuerbaren Energien benötigt, siehe Abbildung 39.

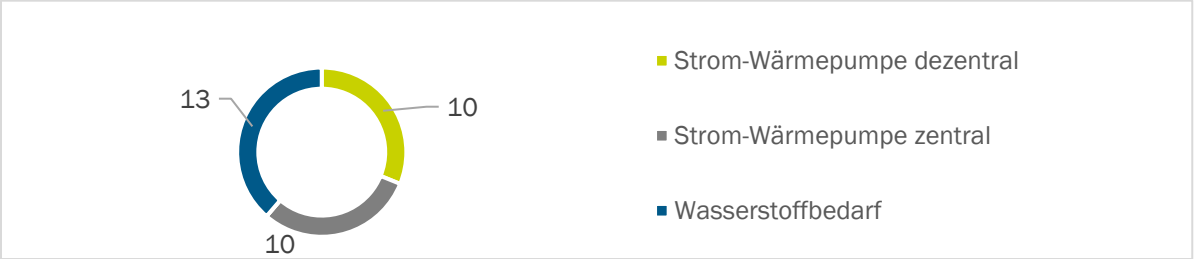


Abbildung 39: Bedarf an regenerativen Energien für Deckung der elektrifizierten Wärmeerzeugung in GWh im Zielfoto 2040

Um den zusätzlichen Strombedarf umweltfreundlich zu decken, wird der Ausbau von erneuerbaren Energien intensiviert. Wärmepumpen können teilweise mit Photovoltaik-Dachflächenanlagen kombiniert werden, um eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung zu gewährleisten. Zusätzlich

können innovative Speichertechnologien eingesetzt werden, um überschüssige Energie zu speichern und bei Bedarf abzurufen. Dies trägt nicht nur zur Reduzierung der CO_2-Emissionen bei, sondern entlastet die Stromnetze.

7.4 Auswirkungen der Wärmewendestrategie auf die Gasnetze

Im vorherigen Kapitel wurden die örtlichen Gegebenheiten und Handlungsmöglichkeiten zur Transformation der Wärmeversorgung aufgezeigt. Die für Reichenau entwickelten Zielszenarien sehen dabei bis 2030 einen sinkenden Gasverbrauch vor. Allerdings wird es 2030 eher noch keine Gebiete geben, in denen die Gasversorgung vollständig substituiert sein wird. Damit wird die Gasversorgungs-Infrastruktur bis dahin weiter bestehen bleiben, auch wenn in einigen Eignungsgebieten bereits Nahwärmenetze eingesetzt werden.
Laut der Studie „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ [32] ist „eine Umstellung breiter Teile der Gasnetze für die Gebäudeversorgung auf synthetische Energieträger (insbesondere Wasserstoff) mit einem hohen organisatorischen und zeitlichen Aufwand verbunden, der angesichts des absehbaren Auslaufens des Bedarfs kaum zu rechtfertigen ist“ [32]. Wasserstoff kann hingegen einen Beitrag in Wärmenetzen leisten und dadurch indirekt zur Gebäudeversorgung beitragen. Zur Versorgung von Gewerbe, Industrie und Nahwärmenetzen bei alternativlosen Anwendungen kann weiterhin Gas erforderlich sein. Um die Klimaneutralitätsziele dabei einzuhalten, muss es sich hierbei um klimaneutrales Gas wie Biogas, Biomethan oder Wasserstoff handeln.
Der Einsatz von Biomethan und Wasserstoff als Erdgas-Ersatz wird derzeit politisch und wissenschaftlich noch stark diskutiert. Umstritten ist beispielsweise, wie knapp Biomethan und Wasserstoff künftig sein werden und ob sie auch im Wärmemarkt eingesetzt werden sollen. Die Nationale Wasserstoffstrategie stellt Ziele und Rahmen für den bundesweiten Aufbau einer Netz- und Speicherinfrastruktur für Wasserstoff dar [35]. Unter anderem soll ein Teil der bestehenden Verteilerdgasleitungen umgerüstet werden. Unter technischer und wirtschaftlicher Betrachtung kann davon ausgegangen werden, dass die Umrüstung bestehender Erdgasnetze für den Transport von reinem Wasserstoff nur unter hohem Aufwand möglich wäre. Für die Entwicklung des H2-Netzes ist zusätzlich die Beschaffenheit des grünen Wasserstoffes ausschlaggebend [34].

Die Gasnetzbetreiber bereiten sich mit der Erstellung eines so genannten Gasnetzumbauplans auf eine Umstellung des bestehenden Gasnetzes auf den Betrieb mit Wasserstoff vor. Aus diesem Grund sind die Gemeindewerke Bodanrück in Abstimmung mit den zuständigen Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern bestrebt, die Gemeinde Reichenaus mit leitungsgebundenem grünem Wasserstoff versorgen zu können.
Derzeit kann aber keine validierbare Aussage auf die Frage getroffen werden, ob und in welchem Ausmaß die Erdgasnetze in Reichenau mit Wasserstoff technisch und wirtschaftlich betrieben werden können.

Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die zukünftige Entwicklung der Gasnetze von vielen Faktoren abhängt einschließlich politischer Entscheidungen, Technologieentwicklungen und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen. In jedem Fall wird die Umstellung auf erneuerbare Energien und eine Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung eine große Herausforderung darstellen und erfordert eine umfassende Strategie, die auch den Umgang mit bestehenden Gasnetzen einschließt.

7.5 Zwischenfazit Zielszenario

Das Zielbild zeigt, dass ein klimaneutraler Gebäudebestand bis 2040 durch die Reduktion des Wärmebedarfs und die Umstellung der Wärmeerzeugung auf alternative Energieträger erreicht werden kann. Klimaneutralität bedeutet, dass im Jahr 2040 Einzelheizungen und Wärmenetze ausschließlich mit erneuerbaren Energien betrieben werden.

In Reichenau kann der Wärmebedarf größtenteils durch Wärmepumpen gedeckt werden. Aufgrund des verfügbaren technischen Potenzials wird Erdwärme in der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung die am häufigsten genutzte Wärmequelle sein und etwa 30 % des gesamten Wärmebedarfs decken. Der Anteil der Luft-Wärmepumpen an der dezentralen Wärmeerzeugung wird im Zieljahr 26 % betragen. Je nach energetischem Gebäudezustand werden punktuell auch andere dezentrale regenerative Wärmeerzeuger wie Holzkessel mit Solarthermie eingesetzt.

Der Ausbau von Wärmenetzen ist entscheidend, um den prognostizierten Anstieg des Wärmebedarfs für Gewächshäuser zu decken. Dadurch können etwa 40 % der gesamten Wärmeversorgung umweltfreundlich gedeckt werden. Zusätzlich verteilen sich 18 % des gesamten Wärmebedarfs in Wärmenetzgebieten für den Bestand und Neubau.

Der Wasserstoffeinsatz ist vor dem Jahr 2040 zur großflächigen Gebäudebeheizung privater Haushalte nicht absehbar. Wasserstoff kann jedoch zur Deckung der Spitzenlasten des Wärmenetzes im Bestand in den Wintermonaten sinnvoll eingesetzt werden. Die Entwicklung des Gasnetzes hängt vom zukünftigen Wasserstoffbedarf und den Ergebnissen des Gasnetztransformationsplans ab, der die Umstellung des bestehenden Gasnetzes auf Wasserstoff untersucht. Derzeit ist jedoch unklar, ob und in welchem Ausmaß die Erdgasnetze in Reichenau technisch und wirtschaftlich mit Wasserstoff betrieben werden können.

Ein wichtiger Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität ist die energetische Gebäudesanierung. Diese senkt den Wärmebedarf und bereitet viele unsanierte Gebäude für einen effizienten Betrieb von Wärmepumpen vor. Dadurch lässt sich der Gesamtwärmebedarf bis 2040 um 13 % gegenüber dem Basisjahr 2022 senken.

Die Umsetzung des Zielszenarios bis 2040 führt zu einer erheblichen Reduzierung der Treibhausgasemissionen um rund 90 % gegenüber dem Basisjahr 2022.

Im Rahmen der groben Wärmekostenanalyse kann lediglich die Aussage getroffen werden, dass in den Nahwärmeversorgungsgebieten für eine ausreichend hohe Anschlussrate der Gebäude an das Wärmenetz gesorgt werden muss, damit die Investitionen in Wärmenetzinfrastruktur und Wärmeerzeuger kosteneffizient werden.

Darüber hinaus wurde dargestellt, wie sich die Transformation der Wärmeversorgung auf den Strombedarf und die Stromnetze auswirken kann. Der verstärkte Einsatz von Wärmepumpen erfordert eine erhebliche Erweiterung und Modernisierung der Stromnetze, besonders auf der Verteilnetzebene.

Das klimaneutrale Zielszenario für Reichenau wurde für 17 Teilgebiete auf der Basis der ermittelten Kenngrößen ausgearbeitet. Dabei wurden Empfehlungen über Energieversorgungssysteme und Energieträger zur Erreichung der Klimaneutralitätsziele gegeben.

8. WÄRMEWENDESTRATEGIE UND MAßNAHMENKATALOG

Im Rahmen der Wärmewendestrategie wird ein Transformationspfad für die Erreichung des Zielfotos erläutert. Dabei wurden Maßnahmen aus der Analyse des Zielfotos und in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung und lokalen Akuteren entwickelt, und im Anschluss wurden fünf Maßnahmen priorisiert.
Mit der Umsetzung der als prioritär eingestuften Maßnahmen soll gem. §27 KlimaG BW innerhalb der nächsten fünf Jahre nach Veröffentlichung des Wärmeplans begonnen werden, weshalb diese bereits in einem hohen Detaillierungsgrad ausgearbeitet wurden. Die definierten Maßnahmen stellen einen möglichen Weg dar, wie der Weg zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung erreicht werden kann. Bei der Fortschreibung der Wärmeplanung können bei Bedarf Maßnahmen angepasst oder neu entwickelt werden, sodass die Wärmeplanung weiterhin den aktuellen Rahmenbedingungen entspricht.
Im Folgenden wird auf die konkreten Maßnahmen im Rahmen der Wärmeplanung eingegangen.

8.1 Transformationspfad und Maßnahmen

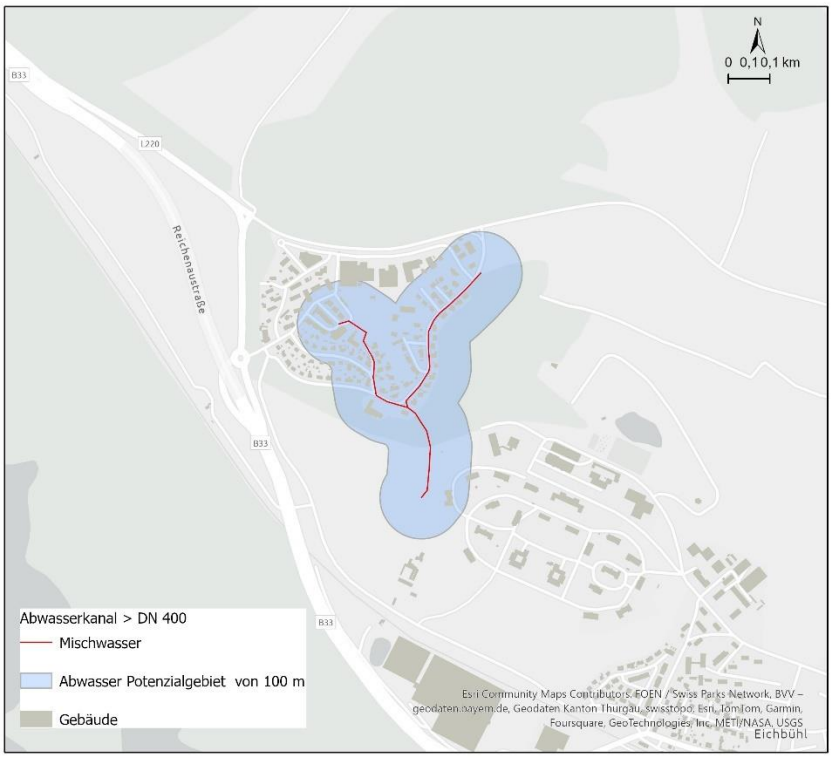
Der Transformationspfad beschreibt den konkreten Pfad für die schrittweise Umsetzung der Wärmewendestrategie. Die in diesem Zusammenhang erarbeiteten Maßnahmen sind die Grundlage für die weitere Ausarbeitung von konkreten Quartiers- bzw. Infrastrukturprojekten, wie z.B. den Ausbau von Wärmenetzen.
In Zusammenarbeit mit den Vertretern der Kommunalverwaltung und in Abstimmung der relevanten Akteure wurden Maßnahmen ausgearbeitet und anschließend priorisiert.
Die Gemeinde Reichenau hat in der kommunalen Wärmeplanung eine Sonderstellung. Um mit gutem Beispiel voranzugehen, startet die Transformation mit der Prüfung möglicher Photovoltaik-Anlagen auf kommunalen Gebäuden zur Verbesserung der gemeindeeigenen CO_2-Bilanz durch erneuerbar erzeugten Strom. So wird die Gemeinde ihrer Vorbildfunktion als Kommune gerecht.
Eine weitere Maßnahme ist die Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur nachhaltigen Wärmeversorgung der Eignungsgebiete für Nahwärmenetze. Nach erfolgter Konzeption ist mittelfristig die Umsetzung der erstellten Studie vorgesehen. Da in der Waldsiedlung möglicherweise das Potenzial zur Wärmegewinnung aus Abwasser gegeben ist, sollte in diesem Bereich kurzfristig eine Messung der Abwassermengen und -temperaturen erfolgen, um diese Ergebnisse in einer Machbarkeitsstudie berücksichtigen zu können.
Zusätzlich ist die bestehende Heizzentrale zu dekarbonisieren. Dazu kann ein Transformationsplan im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) erarbeitet werden.
Eine weitere fortlaufende Maßnahme ist die Ausarbeitung eines Sanierungskonzeptes zur energetischen Verbesserung der kommunalen Gebäude inkl. einzuführendem Energiemanagement. Auf Basis dieses konkreten Fahrplans werden Energie- und CO_2-Einsparpotenziale mit anschließender Priorisierung der Sanierungsmaßnahmen abgeleitet und realisiert.

Die Maßnahmen mit einem kurzem und mittelfristigen Umsetzungshorizont werden im Kap. 8.1.1 in Steckbrief-Form dargestellt. Diese Maßnahmen werden durch eine Reihe von weiteren Maßnahmen begleitet. Es handelt sich hierbei um Maßnahmen, für die eine detaillierte Planung noch aussteht, siehe Kap. 8.1.2.

8.1.1 Prioritäre Maßnahmen

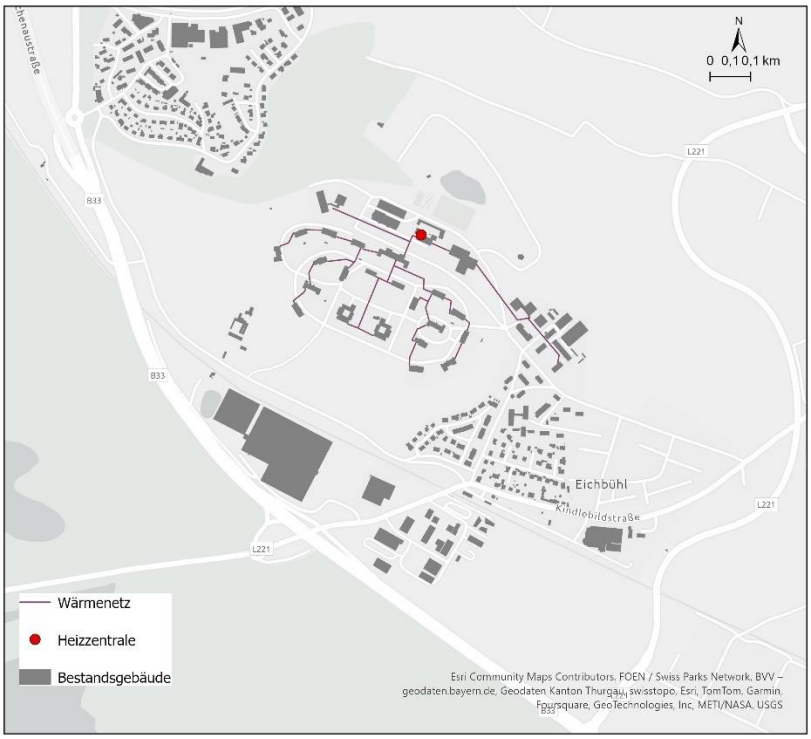
Im folgenden Kapitel sind Maßnahmen ausgearbeitet, die hohe oder mittlere Priorität haben.

Die mittel priorisierten Maßnahmen werden nachträglich spätestens bei der Fortschreibung der Wärmeplanung betrachtet. Die fünf prioritären Maßnahmen werden fortlaufend bzw. zeitnah umgesetzt.

Potenzialermittlung Abwasserwärme	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	In geeigneten Abwassersammlern sollen Messungen vorgenommen werden, um das Abwärmepotenzial genauer quantifizieren zu können. Um das Potenzial genauer bewerten zu können, sollten in geeigneten Abwassersammlern Temperatur- und Durchflussmessungen vorgenommen werden.
Lageplan	
Geplantes Ergebnis	Auswahl von Abwassersammlern, die für den Einbau eines Abwasserwärmetauschers geeignet sind und in räumlicher Nähe zu passenden Wärmeabnehmern installiert sind.
Mögliche Akteure / Initiatoren	Gemeinde Reichenau
Nächste Schritte	• Ermittlung relevanter Standorte zur repräsentativen Messung des Abwärmepotenzials. • Durchführung der Messung und Dokumentation der Ergebnisse
Energieeinsparung	-
CO_2-Einsparung	-
Förderungen	-
Kosten	Ca. 20.000 €
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/CO_2)	-
Priorität	hoch
Umsetzungszeitraum	ab 2025

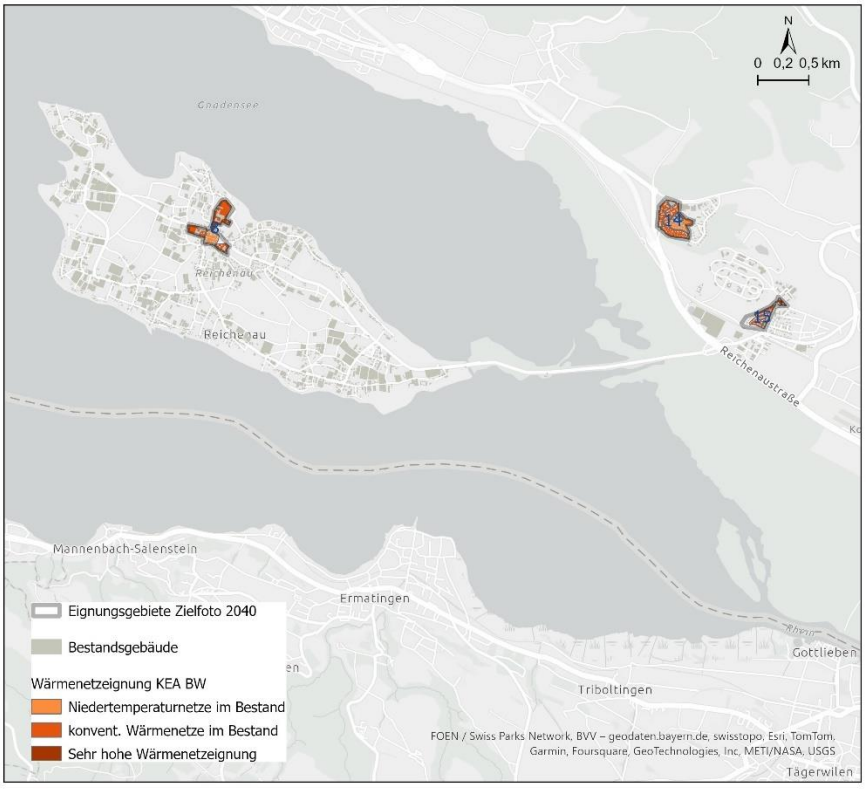
Photovoltaik auf kommunalen Liegenschaften ausbauen	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	Die kommunalen Liegenschaften sind im Rahmen der jeweiligen Möglichkeiten zur Erzeugung von Erneuerbarer Energie zu nutzen. Die Eignung der einzelnen Liegenschaften lässt sich mit Hilfe des Solaratlas der Energieagentur und den Daten des Amtes für Bautechnik abschätzen. Es wird empfohlen, eine Reihenfolge für die Umsetzung an den geeigneten Standorten unter Berücksichtigung der mittelfristig geplanten Sanierungs-, Umbau- und Neubauvorhaben aufzustellen. Ergebnis soll ein Fahrplan zur schrittweisen Realisierung der Potenziale sein. Anschließend sind die Potenziale gemäß Fahrplan zu realisieren.
Geplantes Ergebnis	Umfassende Planung von PV-Anlagen auf den kommunalen Liegenschaften. Anschließend schrittweise Realisierung der Anlag
Mögliche Akteure / Initiatoren	Amt für Bautechnik, ggf. eine Bürgerenergiegenossenschaft als Investor
Nächste Schritte	• Auswahl der geeigneten Liegenschaften • Erstellung eines Fahrplanes für die Reihenfolge der Umsetzung • Erstellung bepreister Leistungsverzeichnisse zur Ausschreibung der einzelnen Teilmaßnahme
Energieeinsparung	-
CO_2-Einsparung	Beim Einsatz von PV-Anlagen können CO_2-Einsparungen stromseitig erreicht werden
Förderungen	Fürs ins öffentliche Netz eingespeiste Strommengen wird eine EEG-Vergütung gezahlt. Diese variiert je nach Größe der Anlage.
Kosten	Abhängig von Standort und Ausführung weiteres Invest für Anlagen abhängig vom Ergebnis der Potenzialanalyse
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/ CO_2)	Abhängig von den Standortbedingungen. Zu erwarten sind niedrige Vermeidungskosten, da PV-Anlagen in der Regel eine Amortisation aufweisen und somit CO_2-Emissionen und Energiekosten einsparen.
Priorität	hoch
Umsetzungszeitraum	ab 2025

Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im bestehenden Wärmenetz	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	Die Wärmeversorgung im bestehenden Nahwärmenetz im Zentrum für Psychiatrie Reichenau basiert überwiegend auf Erdgas. Empfohlen wird, die auf fossilen Energieträgern basierende Wärmeversorgung der bestehenden Heizzentrale und KWK-Anlage durch Formen der klimaneutralen Wärmeversorgung zu ersetzen. Dazu gilt es, für die entsprechenden Heizzentralen jeweils detailliert zu untersuchen, welche Art der Wärmeversorgung möglich, klimaneutral und wirtschaftlich attraktiv ist. Dies kann ggf. im Rahmen eines durch die Bundesförderung Effiziente Wärmenetze (BEW) geförderten Transformationsplans erfolgen. Die Förderbedingungen sind im Einzelfall zu prüfen. Die Ergebnisse dieses Transformationsplans sind entsprechend zu realisieren.

Lageplan	
Geplantes Ergebnis	Bestehende Heizzentrale erzeugt Wärme auf Basis regenerativen Energien.
Mögliche Akteure / Initiatoren	Zentrum für Psychiatrie Reichenau
Nächste Schritte	• Kostenschätzung für Transformationsplan einholen • Förderbedingungen im Einzelfall prüfen • Fördermittel für Transformationsplan im Rahmen des BEW beantragen • Nach positivem Förderbescheid: Ausschreibung und Vergabe des Transformationsplans • Nach negativem Förderbescheid: Ausschreibung und Vergabe vergleichbarer Leistung ohne Förderung
Energieeinsparung	-
CO_2-Einsparung	2.400 t-
Förderungen	50 % Förderung über einen Transformationsplan nach BEW (Förderbedingungen im Einzelfall zu prüfen)
Kosten	Ca. 100.000 €
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/ CO_2)	-
Priorität	hoch
Umsetzungszeitraum	ab 2025

Informationsveranstaltung Photovoltaik für Bürger	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	Im Rahmen einer Informationsveranstaltung sollen die Möglichkeiten für die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen für private Haushalte vorgestellt werden. Hierzu zählen auch Förderprogramme.
Geplantes Ergebnis	Durchführung einer Informationsveranstaltung, um für das Thema nachhaltige Energieerzeugung zu sensibilisieren.
Mögliche Akteure / Initiatoren	Gemeinde Reichenau Ggf. Energieagentur
Nächste Schritte	Abstimmung mit Energieagentur ggf. lokalen Stadtwerken und Organisation Informationsveranstaltung
Energieeinsparung	-
CO_2-Einsparung	-
Förderungen	-

Kosten	-
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/ CO_2)	-
Priorität	hoch
Umsetzungszeitraum	ab 2025

Ausbau Wärmenetze planen	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden Eignungsgebiete für den Bau oder Ausbau von Nahwärmenetzen identifiziert. Diese Gebiete sind detaillierter auf Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit zu untersuchen. Empfohlen wird die Durchführung einer geförderten Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundeförderung Effiziente Wärmenetze (BEW). Im Rahmen dieser sind sinnvolle Ausdehnung und Art der klimaneutralen Wärmeversorgung genauer zu beleuchten. Wo sinnvoll, sind die Wärmenetze gefördert durch das BEW zu errichten und zu betreiben. Parallel sind Maßnahmen zu ergreifen, um eine möglichst hohe Anschlussquote im Nahwärmenetz zu erreichen. Dazu ist bspw. frühzeitig eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit notwendig, um Log-In-Effekte zu vermeiden. Zu diesem Zweck können auch Gebiete zum Neu- oder Ausbau eines Wärmenetzes gemäß Gebäudeenergiegesetz ausgewiesen werden.
Lageplan	
Geplantes Ergebnis	Bau von klimaneutrale Nahwärmenetzen mit hohen Anschlussquoten in den Eignungsgebieten
Mögliche Akteure / Initiatoren	Amt für Tiefbau, Dritte
Nächste Schritte	• Kostenschätzung für Machbarkeitsstudie einholen • Fördermittel für Machbarkeitsstudie im Rahmen des BEW beantragen • Nach positivem Förderbescheid: Ausschreibung und Vergabe der Machbarkeitsstudie
Energieeinsparung	-
CO_2-Einsparung	Bei Einsatz erneuerbarer Energieträger im Wärmenetzen können massive CO_2-Einsparungen erreicht werden

Förderungen	Machbarkeitsstudien für neue Wärmenetze und Transformationspläne für bestehende Netze sind im Rahmen des BEW förderfähig.
Kosten	Die Kosten einer Machbarkeitsstudie liegen je nach Größe im Bereich von ca. 100.000 € -120.000 € und werden mit 50 % gefördert.
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/ CO_2)	-
Priorität	hoch
Umsetzungszeitraum	ab 2025

Potenzialanalyse zur Abwärmenutzung der Reichenau-Gemüse eG	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	Durchführung einer Analyse zur Bestimmung des Abwärmepotenzials der Kälteerzeugung bei der Reichenau-Gemüse eG; Marktstraße 1; 78479 Insel Reichenau.
Lageplan	
Geplantes Ergebnis	Bestimmung der nutzbaren Abwärmemenge, des zeitlichen Verlaufs des Abwärmepotenzials, des verfügbaren Temperaturniveaus und ggf. die Identifizierung von Möglichkeiten zur Temperaturanhebung. Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten zur Abwärmenutzung.
Mögliche Akteure / Initiatoren	Reichenau-Gemüse eG ggf. unterstützt durch Dritte
Nächste Schritte	Vergabe einer Potenzialanalyse
Energieeinsparung	-
CO_2-Einsparung	-
Förderungen	Erstberatung zur Abwärmenutzung im Rahmen des Klimaschutz Plus mit bis zu 18.000 € förderfähig (Förderprogramm aktuell ausgelaufen – soll aber verlängert werden – wann ist aber unbekannt)
Kosten	30.000 - 45.000 €
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/ CO_2)	-
Priorität	hoch
Umsetzungszeitraum	ab 2025

Kommunales Gebäudeenergiemanagement aufbauen	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	Empfohlen wird die Durchführung einer Bestandsaufnahme inkl. Ausarbeitung eines Konzeptes zur schrittweisen Einführung eines kommunalen Gebäudeenergiemanagements (KEM). Dabei sollten die Liegenschaften auf Basis der Verbrauchswerte und Energiekosten priorisiert werden. Anschließend ist das KEM schrittweise einzuführen.
Geplantes Ergebnis	Digitalisierung der Energieverbräuche der kommunalen Liegenschaften und Steigerung der Transparenz, wo wieviel Energie benötigt wird und welcher Effekt durch die Umsetzung von Maßnahmen erreicht wurde.
Mögliche Akteure / Initiatoren	Amt für Bautechnik
Nächste Schritte	• Ausarbeitung eines Konzeptes zur schrittweisen Einführung eines KEM • Beantragung Fördermitteln (Personalkosten, Software, Hardware, Vorbildung, Gebäudebewertung)
Energieeinsparung	10 - 20 % aus Erfahrungswerten zu erwarten
CO_2-Einsparung	10 - 20 % aus Erfahrungswerten zu erwarten
Förderungen	Kommunalrichtlinie
Kosten	-
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/ CO_2)	-
Priorität	Mittel bis hoch
Umsetzungszeitraum	ab 2025

Potenzialanalyse zum Einsatz von PV-Anlagen auf Gewächshausneubauten	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	Durchführung einer Analyse zur Bestimmung des Photovoltaik-Potenzials auf Gewächshausneubauten.
Lageplan	
Geplantes Ergebnis	Bestimmung des möglichen Ertrags aus Photovoltaik-Anlagen auf Gewächshäusern inkl. Kostenermittlung und Diskussion von Auswirkungen auf den Gemüseanbau.

	Basierend auf den Ergebnissen könnte die Gemeinde bspw. über die Bebauungspläne eine PV-Pflicht für Gewächshausneubauten erlassen.
Mögliche Akteure / Initiatoren	Gemeinde Reichenau
Nächste Schritte	Vergabe einer Potenzialanalyse
Energieeinsparung	-
CO_2-Einsparung	-
Förderungen	Einspeisevergütung gem. EEG Ggf. Investitionsförderungen auf Bundes- oder Landesebene je nach Planungsvorhaben
Kosten	30.000 - 40.000 €
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/ CO_2)	-
Priorität	mittel
Umsetzungszeitraum	ab 2030

Kostenfreier „Abwärmecheck“ für Unternehmen bewerben	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	Die Gemeinde Reichenau informiert ansässige Unternehmen über die Angebote der Umwelttechnik BW für einen kostenkosten Abwärmecheck.
Geplantes Ergebnis	Unternehmen sind über den kostenlosen Abwärmecheck der Umwelttechnik BW informiert.
Mögliche Akteure / Initiatoren	Gemeinde Reichenau
Nächste Schritte	Informationsschreiben oder Informationsveranstaltung für Unternehmen
Energieeinsparung	-
CO_2-Einsparung	-
Förderungen	-
Kosten	kostenfrei
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/ CO_2)	-
Priorität	mittel
Umsetzungszeitraum	2025 - 2027

Sanierungsquote kommunaler Liegenschaften anheben	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	Empfohlen wird eine Bestandsanalyse der Bestandsgebäude auf Basis der gesetzlich notwendigen Energieausweise zusammen mit der durch das einzuführende Energiemanagement geförderten Gebäudebewertungen. Anschließend Erarbeitung von Kosten-Nutzen-Vergleichen bezüglich Energie- und CO_2-Einsparpotenzialen mit anschließender Priorisierung der Sanierungsmaßnahmen. Der Fokus wird auf die „worst performance building“ gelegt und muss mit den geltenden gesetzlichen Regelungen (national und EU-weit) abgeglichen werden.
Geplantes Ergebnis	Priorisierung von Sanierungsmaßnahmen zur energetischen Verbesserung der Gebäudehülle der kommunalen Liegenschaften mit anschließender Umsetzung.
Mögliche Akteure / Initiatoren	Amt für Bautechnik
Nächste Schritte	• Analyse der Bestandsgebäude (Energiemanager) und Aufarbeitung der Energieausweise (Gebäudemanager) • Kostenschätzungen erstellen (EM, GM, Hochbau), Priorisierung der Maßnahmen wie dargestellt

	• Fördermittel klären, Gremienbeschlüsse einholen, Haushaltsmittel bereitstellen, schrittweise Umsetzung der Maßnahmen
Energieeinsparung	Reduzierung des Energiebedarfs hängt von umgesetzten Sanierungsmaßnahmen ab
CO_2-Einsparung	CO_2-Einsparung hängt von umgesetzten Sanierungsmaßnahmen ab
Förderungen	Das BAFA fördert die Energieberatung nach DIN 18599 für Nichtwohngebäude zur Ermittlung von Effizienzpotenzialen unter anderem an der Gebäudehülle mit bis 8.000 € pro Gebäude .
Kosten	Für die Bestandsanalyse ein Betrag im 5stelligen Bereich. Die Sanierung wird je nach Ergebnis im Millionenbereich liegen.
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/ CO_2)	Die CO_2-Vermeidungskosten werden vermutlich vergleichsweise hoch ausfallen, da die Maßnahmen vergleichsweise kostenintensiv sind. Zusätzlich wird das Emissionsreduktionspotenzial durch Maßnahmen an der Gebäudehülle durch eine parallel stattfindende Dekarbonisierung der Wärmeversorgung reduziert.
Priorität	Mittel
Umsetzungszeitraum	ab 2026

Dekarbonisierung der Wärmeversorgung kommunaler Liegenschaften	
Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung	Die kommunalen Liegenschaften werden aktuell überwiegend erdgasbasiert mit Wärme versorgt. Empfohlen wird, die auf fossilen Energieträgern basierende Wärmeversorgung durch Formen der klimaneutralen Wärmeversorgung zu ersetzen. Dazu gilt es, für die entsprechenden Liegenschaften detailliert zu untersuchen, welche Art der Wärmeversorgung möglich, klimaneutral und wirtschaftlich attraktiv ist. Diese Maßnahme kann mit Maßnahme 6 kombiniert werden. Die Ergebnisse dieser Energieberatung sind entsprechend zu realisieren.
Geplantes Ergebnis	Kommunale Liegenschaften sind auf klimaneutrale Wärmeversorgung umgestellt.
Mögliche Akteure / Initiatoren	Amt für Bautechnik
Nächste Schritte	• Kostenschätzung für Energieberatung einholen • Fördermittel für Energieberatung • Vergabe der Energieberatung
Energieeinsparung	-
CO_2-Einsparung	330 t
Förderungen	Das BAFA fördert die Energieberatung nach DIN 18599 für Nichtgebäude zur Ermittlung von Effizienzpotenzialen mit bis 8.000 € pro Gebäude .
Kosten	Für die Bestandsanalyse ein Betrag im 5stelligen Bereich. Die Sanierung wird je nach Ergebnis im Millionenbereich liegen.
CO_2-Vermeidungskosten (Kosten/ CO_2)	-
Priorität	Mittel
Umsetzungszeitraum	ab 2026

8.1.2 Ergänzende Maßnahmen

Im folgenden Kapitel sind zusätzliche Maßnahmen abgeleitet, für die eine detaillierte Planung noch aussteht bzw. die nachträglich bei der Fortschreibung betrachten werden können.

8.1.2.1 Energieberatung für private Haushalte

Damit die energetische Sanierung vorangebracht wird, sollten private Haushalte zu Gebäude- und Wärmeerzeugersanierung aufgeklärt und motiviert werden.

Zunächst empfehlt sich, eine umfassende und professionelle Beratung über Energieberater anzubieten. Dabei sollen die privaten Haushalte über Förderprogramme und Zuschüsse informiert werden.

8.1.2.2 Über Erschließung oberflächennaher Geothermie aufklären

Die Potenzialanalyse erfasst ein erhebliches Potenzial der Erdwärmesonden. Die Wärmeenergie kann effizient über Erdwärmesonden bzw. -kollektoren in Kombination mit Sole-Wasser-Wärmepumpen erschlossen werden. Die Erdwärmenutzung soll dort, wo technisch sinnvoll und wasserrechtlich verträglich, ausgebaut werden. Die Nutzung der Wärmepumpen eignet sich in energetisch sanierten Gebäuden sowie Neubauten, die mit niedrigeren Vorlauftemperaturen beheizt werden können.
Um private Haushalte und andere Sektoren zur Ausschöpfung des Potenzials zu motivieren, kann die Kommune Informationsveranstaltungen durchführen, um die Vorteile und Möglichkeiten der oberflächennahen Geothermie zu erklären.

8.1.2.3 Informationsveranstaltung für Energieberater und Fachfirmen anbieten

Die Umsetzung der Wärmewende erfordert ein koordiniertes Vorgehen und die Beteiligung und Akzeptanz verschiedener Akteure wie Energieberater, Fachbetriebe und die Bevölkerung.
Da die Energieberater und Fachbetriebe wichtige Multiplikatoren und Umsetzer der Wärmewende sind, sollen sie über die Ziele, Herausforderungen und Vorteile der Wärmewende informiert werden. Der Austausch zur Wärmeplanung sollte die Bedeutung und die Vorteile einer Wärmeplanung erklären und sicherstellen, dass Wärmeplanung und Maßnahmen bei den Akteuren Akzeptanz finden.

8.1.2.4 Fachkompetenzen in der Gemeinde aufbauen

Die Wärmeplanung ist ein komplexes Thema und ihre Umsetzung erfordert ein systematisches und koordiniertes Vorgehen. Daher müssen entsprechende Kompetenzen in der Gemeindeverwaltung erfasst und gestärkt werden. Die Gemeinde kann die verantwortlichen Personen benennen, die die einzelne Maßnahmenumsetzung koordinieren und vorantreiben. Zudem sollen Arbeitsgruppen errichtet werden, in denen Fachleute aus der Gemeindeverwaltung und anderen Bereichen, z.B. aus dem Bau- und Planungsamt oder der Energieversorgung, zusammenarbeiten und gemeinsam Umsetzungsprojekte von Maßnahmen erarbeiten und koordinieren. Die verantwortlichen Fachleute können sich an Netzwerken und Verbänden beteiligen, die sich mit den Themen Klimaschutz und Wärmewende auseinandersetzen.

8.1.2.5 Ausbau von Wärmenetzen in ausgewiesenen Eignungsgebieten koordinieren

Wärmenetze müssen nicht nur ausgebaut werden, sondern dieser Ausbau muss auch entsprechend koordiniert werden, um Synergien nutzen zu können. Hierfür sollten die bereits angesprochenen Machbarkeitsstudien zeitnah erstellt werden. Daraus sollten dann Synergiepotenziale mit anderen Wärmenetzen oder Baumaßnahmen abgeleitet werden. Diese Maßnahmen müssen ganzheitlich koordiniert und organisiert werden und in ein gemeinsames Konzept integriert werden.

8.1.2.6 Umstellung Gasverteilnetz auf Wasserstoff

Die Umstellung der bestehenden Erdgasinfrastruktur auf Wasserstoff kann einen Betrag zur zukünftigen klimaneutralen Wärmeversorgung leisten. Dazu ist die Eignung der bestehenden lokalen Infrastruktur sowie der Infrastruktur der vorgelagerten Netzbetreiber zu Prüfen.
Laut aktuellem Planungsstand der Netze BW (Juni 2024) kann im beplanten Gebiet bis 2040 mit Wasserstoff gerechnet werden. Voraussetzung dafür ist die Umstellung der vorgelagerten Netzstrukturen. Ein Fahrplan im Sinne des GEG/WPG liegt aufgrund der hierfür noch nicht spezifizierten

Anforderungen der BNetzA derzeit nicht vor. Daher sollte gemeinsam mit allen Beteiligten weiter an einem Umstellungsfahrplan gearbeitet werden.

8.2 Weiterentwicklung der Wärmeplanung

Die Transformation der Wärmeversorgung erfolgt nicht von heute auf morgen. Das Fundament für das Gelingen ist eine belastbare Planung und Umsetzung, die in einen kontinuierlichen Anpassungsprozess eingebettet ist. Der Prozess kann mit dem PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act) abgebildet werden. Dieser lässt sich in folgenden Schritten darstellen:

1. Planung: Der Wärmeplan der Gemeinde Reichenau erfasst Ziele und strategische Maßnahmen zur Erreichung der klimaneutralem Wärmversorgung 2040. Dazu gehören zum Beispiel die energetische Sanierung der Gebäude, der Ausbau der erneuerbaren Energien zur Bereitstellung von klimaneutraler Wärme und Strom.
   Die vorliegenden skizzierten Maßnahmen dienen als eine strategische Grundlage für die Entwicklung der Detailplanungen für konkrete Quartiere bzw. Infrastrukturprojekte wie den Ausbau von Wärmenetzen.
2. Umsetzung: In der Phase erfolgt die Umsetzung der geplanten Maßnahmen durch die Akteure.
3. Überprüfung: In der Überprüfungsphase werden die Ergebnisse der Umsetzung gemessen und anhand der festgelegten Erfolgsindikatoren (z.B. Energiebilanz, Anteil von regenerativen Energien) in regelmäßigen Abständen gemäßen. Hierbei werden die aktuellen gesetzlichen, technologischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen mitberücksichtigt. Weitere gesellschaftliche und planerische Veränderungen sind zu beachten und in die geplanten Maßnahmen-Pläne mitzubeziehen.
4. Handlung: In der Abschlussphase werden auf Basis der Erkenntnisse aus der Überprüfung Anpassungen und Verbesserungen umgesetzt. Hierzu können zum Beispiel neue Maßnahmen geplant oder bestehende Maßnahmen aktualisiert und optimiert werden. Ziel ist es, den Wärmeplan kontinuierlich zu verbessern und die Ziele zu erreichen.
   Ziel dieser Phase ist es, den kommunalen Wärmeplan durch kontinuierliche Anpassungen an aktuelle Gegebenheiten zu verbessern und somit das Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2040 sicherzustellen.

Der Prozess sollte mit der Veröffentlichung des kommunalen Wärmeplans der Gemeinde Reichenau beginnen. Die Überwachung und Kontrolle der Umsetzungsmaßnahmen sollten idealerweise in die Aufgaben der Kommunalverwaltung verankert werden. Angesichts des kurzen Zeitrahmens der kommunalen Wärmeplanung bis 2040 und der dynamischen politischen Entwicklungen empfehlt es sich, den Transformationspfad frühzeitig und regelmäßig an mögliche Änderungen externer Faktoren anzupassen. Bereits vor der Aktualisierung des kommunalen Wärmeplans im Jahr 2030 sollte eine Bewertung der Umsetzungsmaßnahmen anhand der aktuellen Energie- und Treibhausgasbilanz erfolgen.

9. AKTEURSBETEILIGUNG

Damit die kommunale Wärmeplanung erfolgreich und akzeptiert wird, bedarf es einer aktiven Beteiligung und Information der lokalen Akteure und der Öffentlichkeit. Durch die frühzeitige und kontinuierliche Einbindung soll sichergestellt werden, dass die erzielten Ergebnisse eine hohe Anerkennung finden und das spezifische Wissen der Teilnehmer in die Planung einfließen kann. Daher wurden Stakeholder in die Entwicklung des Wärmeplans einbezogen.

Im Rahmen der Akteursanalyse wurden zunächst relevante Akteure identifiziert und deren Erwartungen an die Wärmeplanung erfasst. Auf dieser Grundlage wurde ein Kommunikationskonzept entwickelt. Je nach Gruppe und Kommunikationsform wurden entsprechende Formen der informativen oder partizipativen Beteiligung definiert. Hierbei wurden folgende Beteiligungsformate umgesetzt:

Unternehmensumfrage

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung fand im Frühjahr 2024 eine Befragung unter gewerblichen Betrieben in Reichenau statt. Das Ziel dieser Umfrage bestand darin, den Verbrauch von Brennstoff und das Abwärmeaufkommen von Gewerbebetrieben zu erfassen. Auf diese Weise war es möglich, das Potenzial für industrielle Abwärme in Reichenau zu bewerten. Eine weitere Absicht der Umfrage bestand darin, die Beteiligten aus Industrie und Gewerbe über die kommunale Wärmeplanung zu informieren und sie für das Vorhaben zu motivieren. Hierbei wurde gefragt, ob Interesse besteht, Firmengebäude an ein Wärmenetz anzuschließen oder Abwärme in ein solches einzuspeisen. Die gesammelten Daten wurden zur Ermittlung von Potenzialen verwendet.

Arbeitsgruppenaustauch

Das zentrale Kommunikationsformat bestand aus regelmäßig stattfindenden Besprechungsterminen mit der Gemeindeverwaltung, Vertretern der Reichenauer Gemüse eG und der Gemeindewerke Bodanrück. Während der Bestandsaufnahme, Potenzialanalyse und der Ausarbeitung des Zielszenarios fanden gemeinsame Arbeitstermine statt. Zudem wurde das Zentrum für Psychiatrie Reichenau in die Ermittlung von Potenzialen und Maßnahmen einbezogen.

Darüber hinaus wurden die fachlichen Fragestellungen der Bedingungen der thermischen Nutzung des Seewassers und zur Entwicklung von Gewächshausstrukturen mit externen Experten abgestimmt. So konnte sichergestellt werden, dass die Wärmeplanung auf fundierten Informationen und fachlicher Expertise basierte.

Gremienpräsentation

Die Ergebnisse des kommunalen Wärmeplans werden der Öffentlichkeit in einer Gemeinderatssitzung vorgestellt. Eine frühere Einbindung der Bürgerschaft war leider nicht möglich, da die intensive Diskussion über die zukünftige Entwicklung der Wärmebedarfe in Gebieten mit bestehendem Gewächshausbestand sowie über den weiteren Gewächshauszubau zu Verzögerungen bei der Bestandsaufnahme, Potenzialanalyse und der Erstellung des Zielszenarios führte.

Mit dem Beschluss der Wärmeplanung beginnt der Umsetzungsprozess der definierten Maßnahmen. Grundsätzlich ist zu empfehlen, alle relevanten Akteure frühzeitig in die Umsetzung von Maßnahmen einzubinden, sie regelmäßig über den Fortschritt des Transformationspfades zu informieren und ihre Beteiligung zu fördern.

10. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der vorliegende kommunale Wärmeplan zeigt ein umfassendes Bild über die Infrastruktur zur Wärmeversorgung, Siedlungsstrukturen, den energetischen Zustand der Gebäude sowie die Potenziale zur Einsparung von Wärmeenergie und zur Nutzung erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung für das gesamte Gebiet Reichenau. Daraus ergeben sich Handlungsoptionen wie die Wärmewende auf lokaler Ebene vorangetrieben werden kann, um den Wärmebedarf in Gebäuden klimafreundlich und ressourceneffizient zu decken.
Aus der Bestandsanalyse geht hervor, dass hauptsächlich die fossilen Einzelheizungen die Heizungsstruktur dominieren: 63 % der Gebäude werden mit Erdgas und 31 % mit Heizöl beheizt. Ein kleines Wärmenetz deckt zusätzlich rund 10 % des gesamten Wärmebedarfs. Die Endenergie- und Treibhausgasbilanz der Gemeinde Reichenau zeigt, dass im Basisjahr 97 % der Emissionen im Wärmesektor durch fossile Einzelheizungen verursacht wurden.
In der Potenzialanalyse wurden verschiedene Möglichkeiten zur Strom- und Wärmeerzeugung untersucht, wobei Photovoltaikanlagen auf Dachflächen in Reichenau besonders geeignet sind. Diese Anlagen können den Eigenbedarf an Strom für Wärmepumpen teilweise decken. Als klimaneutrale Wärmequellen bieten sich das Bodenseewasser und die oberflächennahe Geothermie an, wobei Erdwärmesonden beachtliche Wärmepotenziale erschließen können. Energetische Gebäudesanierungen sind ein wichtiger Baustein, was bis 2040 eine Reduktion des Gesamtwärmebedarfs um 13 % ermöglicht.
Das Zielbild zeigt die Handlungsmöglichkeiten zur diversifizierten Wärmeversorgung für 17 Teilgebiete auf. Aufgrund von örtlichen Gegebenheiten spielen dabei insbesondere Erdwärme und Luft-Wärmepumpen eine zentrale Rolle bei Einzelheizungs- und Wärmenetzgebieten. Der Ausbau von Wärmenetzen ist entscheidend, um den steigenden Wärmebedarf für Gewächshäuser zu decken. Die Entwicklung des Wasserstoffnetzes hängt von der Umsetzung der nationalen Wasserstoffstrategie sowie den Ergebnissen des Gasnetztransformationsplans ab, der die Nutzung von Wasserstoff in der leitungsgebundenen Infrastruktur untersucht.
Die Umsetzung des Zielszenarios führt zu einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen um rund 90 % gegenüber 2022.
Die Wärmewendestrategie legt konkrete Umsetzungsmaßnahmen und deren Priorisierung fest. In den Folgeprojekten wie Machbarkeitsstudien wird genauer erörtert, ob und unter welchen technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen Wärmenetze im Bestand ausgebaut werden können. Zusätzlich ist die bestehende Heizzentrale zu dekarbonisieren. Dazu kann ein Transformationsplan im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) erarbeitet werden.
Eine weitere fortlaufende Maßnahme ist die Ausarbeitung eines Sanierungskonzeptes zur energetischen Verbesserung der kommunalen Gebäude inkl. einzuführendem Energiemanagement. Auf Basis dieses konkreten Fahrplans werden Energie- und CO_2-Einsparpotenziale mit anschließender Priorisierung der Sanierungsmaßnahmen abgeleitet und realisiert.

Die kommunale Wärmeplanung gemäß KlimaG BW ist zunächst eine strategische Planung ohne verbindliche Folgen für die Bürgerschaft und Verwaltung. Hingegen werden die Haushalte und Unternehmen bei Wahl der Heizungstechnologie durch die Novelle des Gebäude-Energie-Gesetzes (GEG) stärker beeinflusst. Dennoch bildet der Wärmeplan eine wertvolle Grundlage, um das übergeordnete Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 zu erreichen. Er zeigt die Handlungsoptionen für die Transformation der Wärmeinfrastruktur in Reichenau auf, die in die Feinplanung für konkrete Quartiere und Infrastrukturprojekte überführt werden sollen.
Es ist wichtig, die Wärmeplanung bei aktuellen Entwicklungsprojekten und stadtpolitisch relevanten Themen zu berücksichtigen und sicherzustellen, dass sie mit bereits formulierten Zielen und Maßnahmen sowie der Energie- und Infrastrukturplanung übereinstimmt.

Die Umsetzung des Zielbilds betrifft verschiedene Handlungsfelder und Interessen von Schlüsselakteuren. Der Erfolg der Maßnahmen hängt von der Zusammenarbeit zwischen Stadtverwaltung, Energieversorgern, Energieberatungen, Handwerksbetrieben und den Bürgerinnen und Bürgern ab. Das Engagement und die koordinierte Zusammenarbeit aller Schlüsselakteure sind notwendig, um die Wärmewende erfolgreich voranzutreiben. Die Gemeinde spielt dabei eine leitende und koordinierende Rolle und muss die komplexen Veränderungsprozesse aktiv gestalten.
Der Wärmeplan wird regelmäßig gemäß Wärmeplanungsgesetzt alle fünf Jahre fortgeschrieben. Bis zur nächsten Fortschreibung, angesichts der dynamischen politischen Entwicklungen, sollten der Wärmeplan und die Umsetzung der Wärmewendestrategie regelmäßig überprüft, aktualisiert und angepasst werden, um sicherzustellen, dass sie den aktuellen Rahmenbedingungen und Entwicklungen entsprechen. Bei Bedarf müssen neue Maßnahmen entwickelt oder bestehende Maßnahmen angepasst werden. Der Prozess der kommunalen Wärmeplanung wird somit als langfristiger Transformationsprozess verstanden, der erst mit der Erreichung des Ziels einer klimaneutralen Wärmeversorgung des Gebäudebestands abgeschlossen ist.

11. QUELLENVERZEICHNIS

[1] *Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) vom 7. Februar 2023*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/page/bsbawueprod.psml?showdoccase=1&doc.id=jlr-KlimaSchGBW2023rahmen&doc.fnopen=fn-

[2] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, „Kommunale Wärmeplanung. Handlungsleitfaden“, 2020. [Online]. Verfügbar unter: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-barrierefrei.pdf

[3] KEA BW, „Formular zur Erhebung der Abwärme in Unternehmen“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/formular-zur-erhebung-der-abwaerme-in-unternehmen

[4] LGL Baden-Württemberg, „ALKIS-Liegenschaftsdaten für die Gemeinde Reichenau“, n.D.

[5] geomer GmbH, „FullHAUS-Gebäudedatensatz (Baujahresklasse, Gebäudetyp, Wohn-, Nutz- & Energiefläche)“.

[6] infas 360 GmbH, „Hauskoordinaten mit Gebäudeparameter (Baujahresklassen, Gebäudetyp)“.

[7] Gemeinde Reichenau, „Auflistung der kommunalen Liegenschaften“. 2022.

[8] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, „Wie heizt Deutschland 2019?“ 2019. Zugegriffen: 3. Januar 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20191031_Wie-heizt-Deutschland-2019.pdf

[9] M. Blesl *u. a.*, „40/40-Strategie - Unser Konzept für die Wärmewende“, AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V, 2018.

[10] Psychatrisches Landeskrankenhaus ZFP, „Verbrauchsdatenübersicht Wärmenetz 2022“.

[11] NetzeBW GmbH, „Verbrauchsdatenübersicht Erdgas 2022“.

[12] NetzeBW GmbH, „Verbrauchsdatenübersicht Wärmestrom 2022“.

[13] Bezirksschornsteinfeger der Kehrbezirke in Reichenau, „Auszüge aus dem elektronischen Kehrbuch“. n.D.

[14] Dr. Max Peters *u. a.*, „Technikkatalog kommunale Wärmeplanung - Version 1.0“, KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, 2022.

[15] Deutscher Wetterdienst, „Klimafaktoren (Jan 2009 - Jul 2020)“. Zugegriffen: 9. Januar 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html

[16] Luderer, G., Kost, C., Sörgel, D., und Benke, F., „Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich | Ariadne“. Zugegriffen: 19. Juli 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitat-2045-szenarienreport/

[17] Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg, „HVZ-Pegelkarten Bühlertann / Bühler“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.hvz.baden-wuerttemberg.de/map_peg.html

[18] LUBW, „Daten- und Kartendienst der LUBW“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/

[19] IGKB, „Bodensee-Richtlinien 2005 mit Ergänzungen und Änderungen bis 09/2023. Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.igkb.org/fileadmin/user_upload/Downloads/Bodensee-Richtlinien_2005/Bodensee-Richtlinien_2005_Stand_Sep_2023.pdf

[20] Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (ISONG) https://isong.lgrb-bw.de/“, 2022.

[21] Dr. Max Peters, Dr. Johannes Miocic, Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff, und Dr. Volker Armbruster, „Landesweite Ermittlung des Erdwärmesonden-Potenzials für die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg“. 2022.

[22] Wolfgang Streicher, Felix Ziegler, und Martin Kaltschmitt, „Physikalische Grundlagen“, in *Erneuerbare Energie. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte.*, Berlin: Springer Vieweg.

[23] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Berechnungsmethodik PV-Potenzial auf Freiflächen in Baden-Württemberg“. 2017. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energie-atlas-bw.de/sonne/freiflachen/potenzial/berechnungsmethodik
[24] „Teilfortschreibung 3.1 Freiflächen-Photovoltaik des Regionalplans Hochrhein-Bodensee“. 22. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://rvhb-sitzungs-dienst.komm.one/bi/vo0050.asp?__kvonr=83
[25] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Solarpotenzial auf Dachflächen in Baden-Württemberg“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/solarpotenzial-auf-dachflachen
[26] SolnetBW, „Solare Wärmenetze für Baden-Württemberg Grundlagen. Potenziale. Strategien“. 2015. [Online]. Verfügbar unter: https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/77171-Solnet_BW_II.pdf
[27] Bundesnetzagentur, „Marktstammdatenregister“. 11. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR
[28] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Ermittelte Windpotenzialflächen in Baden-Württemberg“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas-bw.de/wind/ermittelte-windpotenzialflaechen
[29] „Teilfortschreibung 3.2 Windenergie des Regionalplans Hochrhein-Bodensee, Anlage 2, 2024“. [Online]. Verfügbar unter: https://hochrhein-bodensee.de/regionalplanung/regionalplan-teilfortschreibung3-2/
[30] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Ermitteltes Wasserkraftpotenzial - Energieatlas“. Zugegriffen: 30. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas-bw.de/wasser/ermitteltes-wasserkraftpotenzial
[31] Kelm, T., Bickel, P., Jachmann, H., und Liebhart, L., „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“. Zugegriffen: 11. September 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.ifeu.de/publikation/sektorziele-2030-und-klimaneutrales-baden-wuerttemberg-2040/
[32] Nocke, Bettina, „GEMEINDE REICHENAU ENTWICKLUNGSKONZEPT“. 2014.
[33] Frasch, A., „Heizen mal anders: Wasserstoff im Öhringer Erdgas“. SWR, 30. Juni 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/heilbronn/test-versuch-mit-wasserstoff-im-erdgas-in-oehringen-100.html
[34] „Beimischung von Wasserstoff in Erdgas | Emerson LI“. Zugegriffen: 9. März 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.emerson.com/de-li/esg/environmental-sustainability/hydrogen-value-chain/blending
[35] BMWK, „Fortschrittsbericht zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie“. 3. Juni 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Wasserstoff/News/2022-06-03-fortschrittsbericht-zur-umsetzung-der-nationalen-wasserstoffstrategie-online.html

12. ANHANG

Anhang 1: Aufteilung Wärmebedarfe von Wohngebäuden

Gebäudetyp	Anteil Warmwasser	Anteil Raumwärme
EFH bis 1918	9%	91%
EFH 1919_1948	9%	91%
EFH 1949_1957	10%	90%
EFH 1958_1968	10%	90%
EFH 1969_1978	10%	90%
EFH 1979_1983	12%	88%
EFH 1984_1994	12%	88%
EFH 1995_2001	12%	88%
EFH 2002_2009	12%	88%
EFH 2010_2019	17%	83%
EFH ab 2020	53%	47%
DH_RH bis 1918	19%	81%
DH_RH 1919_1948	21%	79%
DH_RH 1949_1957	16%	84%
DH_RH 1958_1968	21%	79%
DH_RH 1969_1978	21%	79%
DH_RH 1979_1983	26%	74%
DH_RH 1984_1994	26%	74%
DH_RH 1995_2001	26%	74%
DH_RH 2002_2009	26%	74%
DH_RH 2010_2019	32%	68%
DH_RH ab2020	69%	31%
MFH bis 1918	13%	87%
MFH 1919_1948	8%	92%
MFH 1949_1957	13%	87%
MFH 1958_1968	17%	83%
MFH 1969_1978	19%	81%
MFH 1979_1983	22%	78%
MFH 1984_1994	22%	78%
MFH 1995_2001	22%	78%
MFH 2002_2009	22%	78%
MFH 2010_2019	33%	67%
MFH ab 2020	86%	14%
GMH bis 1918	13%	87%
GMH 1919_1948	12%	88%
GMH 1949_1957	15%	85%
GMH 1958_1968	17%	83%
GMH 1969_1978	17%	83%
GMH 1979_1983	23%	77%

GMH 1984_1994	23%	77%
GMH 1995_2001	30%	70%
GMH 2002_2009	30%	70%
GMH 2010_2019	35%	65%
GMH ab 2020	54%	46%
HH bis 1918	22%	78%
HH 1919_1948	22%	78%
HH 1949_1957	22%	78%
HH 1958_1968	22%	78%
HH 1969_1978	25%	75%
HH 1979_1983	26%	74%
HH 1984_1994	26%	74%
HH 1995_2001	33%	67%
HH 2002_2009	33%	67%
HH 2010_2019	34%	66%
HH ab 2020	72%	28%

Anhang 2: Aufteilung Wärmebedarfe von Industrie & GHD sowie von öffentlichen Gebäuden

Gebäudefunktion	Anteil Raumwärme	Anteil Warmwasser	Anteil Prozesswärme
Allgemeinbildende Schule	69%	31%	0%
Bauhof	83%	17%	0%
Bibliothek, Bücherei	91%	9%	0%
Feuerwehr	88%	12%	0%
Friedhofsgebäude	88%	12%	0%
Gebäude für Sportzwecke	71%	29%	0%
Gemeindehaus	86%	14%	0%
Gericht	88%	12%	0%
Hallenbad	72%	28%	0%
Hochschulgebäude	91%	9%	0%
Kapelle	88%	12%	0%
Kindergarten	74%	26%	0%
Kirche	88%	12%	0%
Krankenhaus	50%	32%	18%
Museum	88%	12%	0%
Polizei	88%	12%	0%
Rathaus	88%	12%	0%
Sanatorium	73%	27%	0%
Seniorenheim	73%	27%	0%
Sporthalle	76%	24%	0%
Veranstaltungs-gebäude	87%	13%	0%
Verwaltungsgebäude	88%	12%	0%
Wohn- und Betriebsgebäude	75%	25%	0%

Wohn- und Bürogebäude	86%	14%	0%
Wohn- und Geschäftsgebäude	86%	14%	0%
Wohn- und Verwaltungsgebäude	88%	12%	0%
Wohn- und Wirtschaftsgebäude	75%	25%	0%
Betriebsgebäude	0%	0%	100%
Bürogebäude	86%	14%	0%
Fabrik	0%	0%	100%
Gaststätte	50%	50%	0%
Gebäude für Vorratshaltung	0%	0%	100%
Gebäude zur Energieversorgung	0%	0%	100%
Geschäftsgebäude	86%	14%	0%
Hotel	36%	64%	0%
Jugendherberge	55%	45%	0%
Kiosk	88%	12%	0%
Post	86%	14%	0%
Tankstelle	86%	14%	0%
Werkstatt	0%	0%	100%
Wirtschaftsgebäude	0%	0%	100%

Anhang 3: Verwendete Emissionsfaktoren für die Wärmeerzeugung [14]

Sektor	Brennstoff	Emissionsfaktor in kg CO_2/kWh		
		2020	2030	2040
Wärme	Heizöl	0,311	0,311	0,311
	Erdgas	0,233	0,233	0,233
	Holz	0,022	0,022	0,022
	Strommix	0,478	0,270	0,151
	Wasserstoff	0,385	0,385	0,385
	Biomethan	0,041	0,038	0,037
	Fernwärme	0,180*	0,170*	0,085*
	*bezogen auf den eingesetzten Energieträger-Mix im Nahwärmenetz			
Strom	Wasserstoff	0,047	0,047	0,047
	Photovoltaik	0,04	0,036	0,033
	Windkraft	0,1	0,009	0,0045

Kommunaler Wärmeplan

Impressum

Gemeinde Reichenau

Münsterplatz 2

78479 Reichenau

Inhaltliche Erarbeitung:

AutenSys GmbH

RBS Wave GmbH

Netze BW GmbH