

DELIVERABLE D.T1.3.2

Status quo: Wärmebedarfe und Potenziale für erneuerbare
Wärme in der Region Neckar-Alb

Version 1 02/2020

(Renewable heat potential assessment for the target region)





D.T1.3.2: Status quo: Wärmebedarfe und Potenziale für erneuerbare Wärme in der Region Neckar-Alb

*(Renewable heat potential assessment for the target
regions)*

A.T1.3 Evaluation of potential for renewable heat

Issued by:	Partner n° 2 - Partner REGEA
Reviewed by:	Partner n° 1 - Partner AMBIT
Version date:	14.02.2020
Version. Revision	1.0
Circulation	RE - Restricted to PP

Partners involved



PPn° 4 - PP StT Solites



PPn° 7 - PP HEF



PPn° 8 - PP RVNA



Interreg CENTRAL EUROPE

Priority:	2. Cooperating on low-carbon strategies in CENTRAL EUROPE
Specific objective:	2.2 To improve territorial based low-carbon energy planning strategies and policies supporting climate change mitigation
Acronym:	ENTRAIN
Title:	Enhancing renewable heat planning for improving the air quality of communities
Index number:	CE1526
Lead Partner:	Ambiente Italia Ltd
Duration:	01.04.2019 31.03.2022





Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	3
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	4
1. EINLEITUNG	5
1.1. Kurzvorstellung ENTRAIN-Projekt	5
1.2. Hintergrund und Ziel der Abschätzung	6
2. BESCHREIBUNG DER ZIELREGION: REGION NECKAR-ALB	7
2.1. Übersicht	7
2.2. Gesetzliche Rahmenbedingungen	8
3. INDIKATOREN ZUR ABSCHÄTZUNG DES WÄRMEBEDARFS	9
3.1. Bevölkerungsdichte und Siedlungsstruktur in der Region Neckar-Alb	9
3.2. Klimatische Bedingungen in der Region Neckar-Alb (Heizgradtage)	10
3.3. Momentaner Wärmebedarf und prognostizierte Entwicklung	11
3.4. Bisherige Wärmeversorgung	13
4. MÖGLICHKEITEN DER WÄRMEBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEQUELLEN	17
4.1. Holzenergie	17
4.2. Solarenergie	19
4.3. Geothermie	22
4.3.1. Oberflächennahe Geothermie	22
4.3.2. Tiefe Geothermie	24
4.4. Abwärme	25
4.4.1. Direkte Nutzung (Fokus industrielle Abwärme)	25
4.4.2. Indirekte Nutzung (Fokus Abwasserwärmenutzung mittels Wärmepumpen)	26
5. BEWERTUNG DES ERNEUERBAREN WÄRMEPOTENZIALS IN DER REGION NECKAR-ALB	28
6. SUMMARY IN ENGLISH	30
6.1. Goal and method	30
6.2. Results and conclusion	30



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodisches Vorgehen	6
Abbildung 2: Übersicht Region Neckar-Alb	7
Abbildung 3: Bevölkerungsdichte in der Region Neckar-Alb	9
Abbildung 4: spezifischer Wärmebedarf [kWh/(m ² *a)] in Deutschland nach Baujahr [ASUE 2016]	11
Abbildung 5: Entwicklung des Raumwärmebedarfs in kWh pro Kopf und Jahr [Wuppertal Institut 2015] ...	12
Abbildung 6: Übersicht netzgebundene Wärmeinfrastruktur Region Neckar-Alb [RVNA 2020].....	16
Abbildung 7: Wärmenetz mit integrierten Solarthermie-Freiflächenanlagen und dachintegrierten Solarthermieranlagen	19
Abbildung 8: Zulässigkeit von Erdwärmesonden im LK Tübingen	23
Abbildung 9: Temperaturverteilung in Baden-Württemberg in 2.500 m unter Gelände [Quelle: LGRB]	24
Abbildung 10: Schema regionale Energieversorgung	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abschätzung des Wärmeverbrauchs in der Region Neckar-Alb	12
Tabelle 2: Individualheizungen im Zollernalbkreis (Stand 2011)	13
Tabelle 3: Bestehende Wärmeinfrastruktur in der Region Neckar-Alb [Abschlussbericht Solnet BW II]	14
Tabelle 4: Energieholzpotenzial in Baden-Württemberg	18
Tabelle 5: Solarthermie-Kollektorflächen- und Landflächenbedarf für Städte und Gemeinden in der Region Neckar-Alb zur Deckung von 15 % des Fernwärmebedarfs	20



1. Einleitung

1.1. Kurzvorstellung ENTRAIN-Projekt

Das Forschungsvorhaben ENTRAIN hat das Ziel, die Möglichkeiten von Kommunen bei der Entwicklung und Umsetzung von lokalen, energiebezogenen Strategien und Aktionsplänen zur Nutzung von heimischen, erneuerbaren Energiequellen in kleinen Wärmenetzen zu verbessern.

In dem internationalen Forschungsverbund, mit den Ländern Österreich, Italien, Kroatien, Slowenien, Polen und Deutschland, wird auf regionaler wie auch auf transnationaler Ebene die strukturelle Zusammenarbeit zwischen Kommunen und wichtigen Interessensgruppen vor Ort initiiert.

Für die Zielregion Neckar-Alb erarbeiten Solites, der Regionalverband Neckar-Alb und der Holzenergie-Fachverband Baden-Württemberg e. V. den Aufbau von notwendigem Fachwissen und Know-how für eine systematische, ganzheitliche und effiziente Planung von erneuerbaren Wärmenetzen.

Die Umsetzung des Forschungsprojektes erfolgt auf mehreren Ebenen. In jeder Zielregion wird eine regionale Stakeholder-Beratungsgruppe aus lokalen und regionalen Akteuren und Experten geschaffen. Aufgabe der Stakeholder-Beratungsgruppe ist es, z. B. die Beratung von lokalen Interessensgruppen durchzuführen oder regionale Potenziale zur Nutzung von erneuerbarer Wärme zu bewerten.

Der Aufbau von Fachwissen und Know-how wird durch die Einführung von systematischen Planungsrichtlinien, technischen Normen und Qualitätskriterien umgesetzt. Dadurch wird die systematische und ganzheitliche Planung von erneuerbaren Wärmenetzen optimiert sowie deren erfolgreiche Realisierung erleichtert. Umgesetzt werden die Aktivitäten in der Region Neckar-Alb durch spezifische Schulungseinheiten und Exkursionen für interessierte, regionale Fachgruppen, Multiplikatoren und Entscheidungsträger, in welchen das notwendige fachliche und strategische Wissen für eine erfolgreiche Projektumsetzung vermittelt werden.

Durch die Vermittlung von Fachwissen und die Initiierung von regionalen Projekten wird eine Verringerung der fossilen Energieträger und der CO₂-Emissionen bewirkt, wodurch die lokale Luftqualität positiv beeinflusst und sozioökologische Vorteile vor Ort erreicht werden. Die übergeordneten Ziele des Vorhabens sind:

- Verbesserung und Optimierung der strategischen Energieplanung von Kommunen
- Ganzheitliche regionale Energiestrategien für erneuerbare Wärmenetze
- Erfolgreiche Umsetzung von lokalen Projekten mit erneuerbaren Wärmenetzen

1.2. Hintergrund und Ziel der Abschätzung

Um die Wärmeversorgung klimaneutral zu gestalten, müssen die vorherrschenden fossilen Energieträger durch erneuerbare Wärmequellen (Biomasse, Geothermie, Solarthermie, Abwärme) ersetzt werden. Mit Hilfe neuer und bestehender Nahwärmenetze können die genannten Wärmequellen an geeigneter Stelle erschlossen und die Wärme zum Endkunden (Haushalte, öffentliche Gebäude, Gewerbe und Industrie) transportiert werden. Treibende Kraft für den zunehmenden Einsatz regenerativer Energiequellen in Wärmenetzen ist die Zielsetzung der EU, CO₂ Emissionen zu reduzieren und den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch zu steigern. Der Umstieg auf erneuerbare Wärmenetze kann helfen, den zunehmenden Energiebedarf unserer wachsenden Städte und Gemeinden zu decken, Energie effizienter einzusetzen und Treibhausgasemissionen zu senken.

Die Basis für die Wärmeplanungen und Entwicklung von Nahwärmenetzen bildet eine Analyse des Ist-Stands vorhandener Wärmebedarfe und lokaler Möglichkeiten zur Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien. Zusammen mit den entwickelten *Guidelines for the simplified evaluation of the potential for renewable heat* (D.T1.3.1) lassen sich Ansatzpunkte für die Projektentwicklung und eine erste Abschätzung der Machbarkeit ziehen (Abbildung 1). Sowohl für die Einschätzung des Wärmebedarfs als auch der vorhandenen Erneuerbaren-Potenziale sind die individuellen lokalen Gegebenheiten ausschlaggebend. Um diese für die Zielregion Neckar-Alb möglichst genau zu beschreiben, werden in den folgenden Kapiteln ausgewählte Indikatoren untersucht. Bedarfsseitig handelt es sich z. B. um das regional vorherrschende Klima, Bevölkerungsdichte und Siedlungsstruktur sowie vorhandene Industrie.

Neben der Analyse von Angebot und Nachfrage ist die Beteiligung der Bevölkerung vor Ort entscheidend. Nur mit ihrer Unterstützung ist eine erfolgreiche Umsetzung des Vorhabens und ein langfristig nachhaltiger Betrieb möglich. ENTRAIN legt einen besonderen Schwerpunkt auf die Einbindung von und Zusammenarbeit mit (potenziellen) Netz- und Anlagenbetreibern, Wärmekunden und anderen Stakeholdern. Die in allen fünf Zielregionen eingerichteten RSAGs helfen, die jeweiligen Situationen vor Ort zu erfassen.

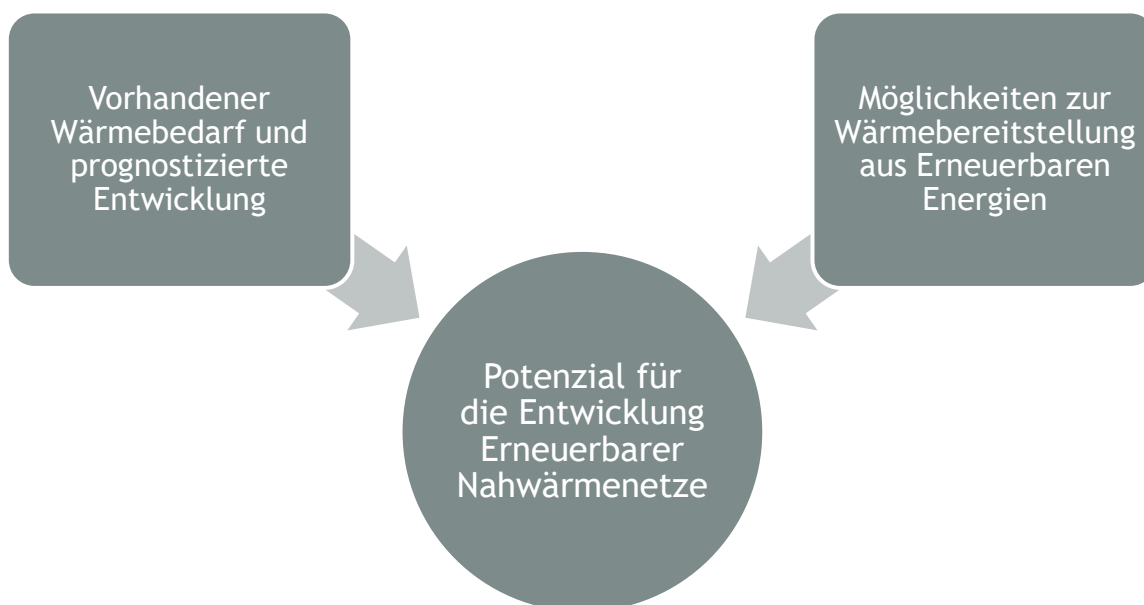


Abbildung 1: Methodisches Vorgehen

2. Beschreibung der Zielregion: Region Neckar-Alb

2.1. Übersicht

Das Bundesland Baden-Württemberg zählt mit seiner ausgeprägten industriellen Infrastruktur zu den innovativsten und wirtschaftsstärksten Regionen in Europa. Der gesamte Endenergieverbrauch in der Region lag im Jahr 2017 bei ca. 291 TWh, wovon 14 % durch erneuerbare Energien gedeckt wurde. Davon nimmt der Endenergieverbrauch für die Wärmeerzeugung mit 136 TWh knapp die Hälfte (46 %) ein.

Die Region Neckar-Alb (Abbildung 2) ist eine von 12 (Planungs-)Regionen in Baden-Württemberg. In den 66 Kommunen der Region leben 703.000 Einwohner. Die Region erwirtschaftet 5,2 % des Bruttoinlandsprodukts von Baden-Württemberg. Sie ist Teil der Europäischen Metropolregion Stuttgart und besonders in ihrer wirtschaftlichen und verkehrlichen Entwicklung stark mit den Nachbarregionen verflochten. Neben urbanem Verdichtungsraum inkl. Randzonen und Verdichtungsbereichen im Ländlichen Raum wird der Großteil der Region dem Ländlichen Raum zugeordnet.

Strukturkarte

-  Grenze Region Neckar-Alb
-  Gemeindegrenze

Raumkategorie

-  Verdichtungsraum
-  Randzone um den Verdichtungsraum
-  Verdichtungsbereich im Ländlichen Raum
-  Ländlicher Raum

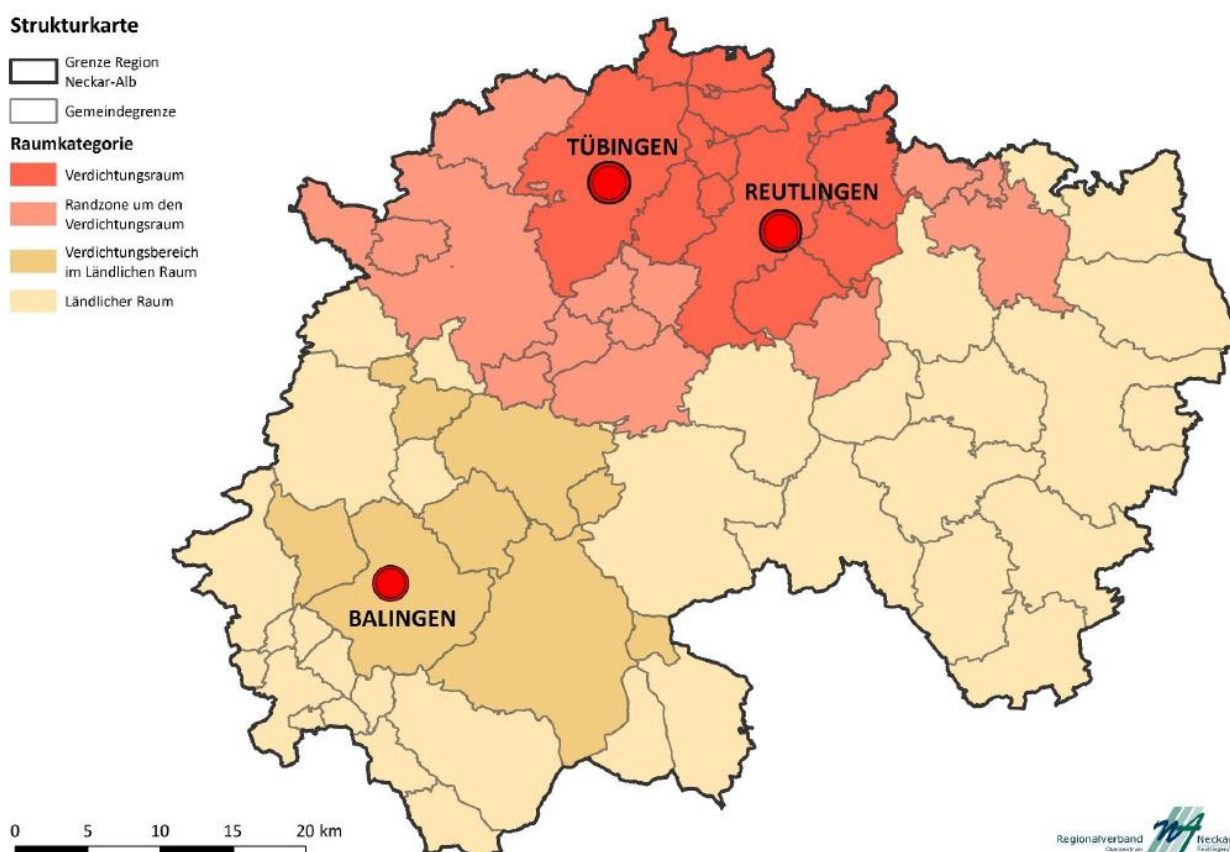


Abbildung 2: Übersicht Region Neckar-Alb



2.2. Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die bestehende Förderlandschaft für den Einsatz erneuerbarer Energieträger und Energieeffizienzmaßnahmen sowie eine Einordnung in den rechtlichen Rahmen ist in D.T1.2.1 (Report on the initial survey in the target regions) enthalten. Diese Übersicht umfasst folgende Punkte und wird bei Bedarf überarbeitet bzw. fortgeschrieben:

- Energetische Mindeststandards und Mindestanteil erneuerbare Energien beim Neubau von Wohn- und Nichtwohngebäuden auf Bundesebene
 - Bis 2019: Energie-Einsparverordnung (EnEV) und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)
 - EnEV, EEWärmeG und Energieeinspargesetz künftig zusammengeführt im Gebäudeenergiegesetz (GEG)
- Einspeisung und Vergütung von Strom aus KWK-Anlagen laut Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG), zusätzliche Ausschreibung innovativer KWK (iKWK min. 30 % der Referenzwärme des Gesamtsystems aus erneuerbaren Energien)
- Klimaschutz und Energieeffizienz auf Landesebene (Baden-Württemberg)
 - Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg: Novelle in 2020 beinhaltet Eckpunkt der kommunalen Wärmeplanung.
 - Umsetzung des Klimaschutzgesetzes durch das Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept (IEKK), darin sind u. a. Wärmeversorgung durch Biomasse und Solarthermie sowie die Nutzung von saisonalen Speichern in Verbindung mit Wärmenetzen genannt. Lokale und regionale Wärmekonzepte sollen die Entwicklung von Wärmenetzen in Baden-Württemberg initiieren.
 - Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) enthält Anforderungen für Bestandsgebäude (Wohn- und Nichtwohngebäude) beim Austausch und der Erneuerung einer Zentralheizung. So muss bei der Sanierung ein Anteil von 15 % der Wärmemenge durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Sowohl für das EEWärmeG Bund wie auch das EWärmeG BW kann der Anschluss an ein Wärmenetz zur Erfüllung der Anforderungen ausreichen.
- Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept (IKENA) für die Region Neckar-Alb (erstellt 2012)
 - Integration aller klimarelevanten Bereiche und regionalen Akteure
 - Anreize für Kommunen und umfassende Daten, um individuelle Schwerpunkte in den eigenen kommunalen Konzepten zu setzen
 - Identifikation von 10 Handlungsfeldern für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen
- Regionalplan der Region Neckar-Alb definiert die politischen Ziele der Energienutzung und den Ausbau der Energieversorgung; Novellierung soll mehr Raum für den Ausbau von erneuerbaren Energien im Außenbereich und größeren Spielraum der kommunalen Raumordnung eröffnen

3. Indikatoren zur Abschätzung des Wärmebedarfs

3.1. Bevölkerungsdichte und Siedlungsstruktur in der Region Neckar-Alb

Die Region Neckar-Alb umfasst mit den Landkreisen Reutlingen, Tübingen und Zollernalbkreis insgesamt 66 Gemeinden und eine Fläche von 2.465 km². Die flächenmäßig eher kleinere Region kommt bei einer Einwohnerzahl von knapp 700.000 auf eine Bevölkerungsdichte von 284 Personen je km². Die Siedlungsstruktur in der Region Neckar-Alb ist geprägt durch eine hohe Siedlungsdichte im Norden der Region um den Verdichtungsraum Reutlingen/Tübingen und eine geringe Siedlungsdichte im Südosten der Region auf der Schwäbischen Alb (Abbildung 3). Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche in der Region Neckar-Alb an der Gesamtfläche liegt mit 14,4 % knapp über dem Landesdurchschnitt (14,2 %). Im Norden der Region erreicht er einen Höchstwert mit 20,2 % (Mittelbereich Reutlingen). Der Ländliche Raum im Südosten der Region weist hingegen mit 8,6 % (Mittelbereich Münsingen) den niedrigsten Wert auf.

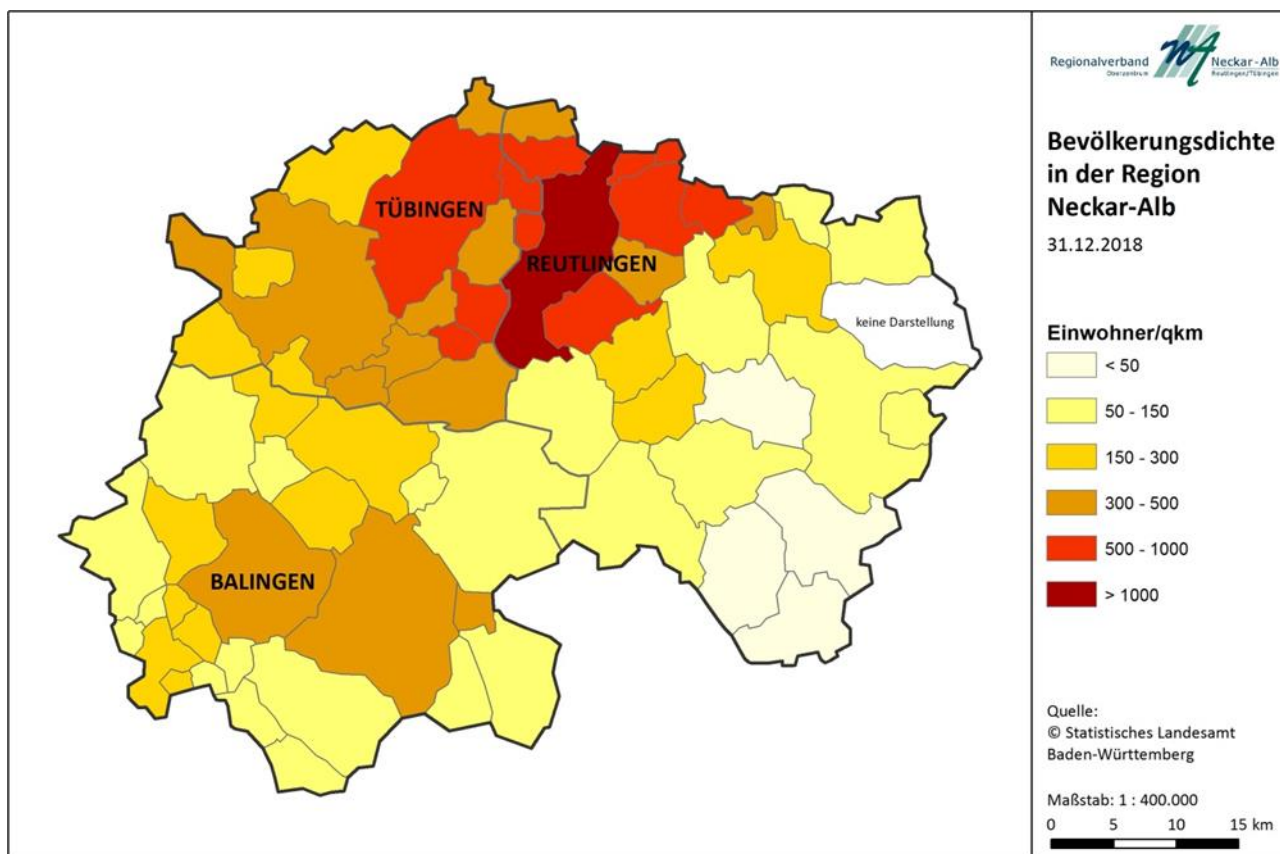


Abbildung 3: Bevölkerungsdichte in der Region Neckar-Alb



3.2. Klimatische Bedingungen in der Region Neckar-Alb (Heizgradtage)

Im Klimaatlas Region Stuttgart wird eine allgemeine klimatische Einordnung vorgenommen, die für die südliche Nachbarregion übernommen werden kann: Deutschland liegt in der sogenannten warm-gemäßigten Klimazone und gehört mit 12 humiden Monaten zu den feucht-gemäßigten Klimatypen. Die Bundesrepublik liegt außerdem im Wirkungsbereich der außertropischen Westwindzone. Dieser Strömungsgürtel mit seinen Hoch- und Tiefdruckgebieten umspannt auf dieser geographischen Breite die gesamte Erde und bringt Luftmassen vom Atlantik nach Deutschland. Das Bundesgebiet kann also grob in einen maritimen Teil im Westen und einen kontinentalen östlichen Teil unterschieden werden. Dabei gibt es jedoch regionale Unterschiede in der Ausprägung. Baden-Württemberg liegt im submaritimen bis subkontinentalen Bereich, wird klimatisch aber vor allem durch das bewegte Relief mit seinen starken Höhenunterschieden bestimmt. Durch die Mittelgebirge Schwarzwald und Schwäbische Alb entstehen prägnante Luv-Lee-Effekte, die sich auf alle Klimaelemente, wie Strahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Wind auswirken. Vor allem Hanglagen mit südlicher und südwestlicher Ausrichtung sind strahlungsbegünstigt¹. Im Westen an den Schwarzwald angrenzend ist die Region Neckar-Alb geprägt durch die Höhenzüge der Schwäbischen Alb und den Neckar.

Zur Abschätzung des Heizenergiebedarfs an einem bestimmten Standort wird die Kenngröße der Heizgradtage (HGT) herangezogen. Dabei werden nach VDI 3807 für Außentemperaturen unterhalb einer definierten Heizgrenze (15 °C im Bestand, 12 °C im Neubau oder sanierten Altbau) die Differenz zwischen dieser Heizgrenztemperatur und der Außentemperatur mit der Anzahl der vorkommenden (Heiz-)Tage multipliziert. Klimadaten der Wetterstation Stuttgart/Echterdingen weisen 207 Heiztage im Jahr 2019 aus. Aus der Differenz der vorherrschenden Außentemperaturen und einer Heizgrenze von 12 °C ergeben sich 1359 Heizgradtage [Kd]². Dies entspricht (wie bereits im Vorjahr) 80 % des langjährigen Mittels, tendenziell muss also weniger geheizt werden als früher. Die ermittelten Heizgradtage können auf verschiedene Weisen angewandt werden. Neben der Abschätzung des Heizenergiebedarfs können damit auch Witterungsbereinigungen für den Vergleich unterschiedlicher Jahre vorgenommen werden.

¹<https://www.region-stuttgart.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=1957&token=4d8347ada273d2478550cec0cacdf602dfb15412>

² https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Gradtagszahlen_Deutschland.xls

3.3. Momentaner Wärmebedarf und prognostizierte Entwicklung

Der spezifische Wärmebedarf eines Gebäudes [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$] ist abhängig von der Art des Gebäudes (Einfamilienhaus oder Mehrfamilienhaus) und dem Baujahr, bzw. der vorherrschenden Bauweise und geltenden Effizienzanforderungen. Heutige Neubauten haben -weitgehend unabhängig von der Gebäudegröße im Durchschnitt einen Endenergiebedarfskennwert für Raumwärme und Warmwasser von ca. $45\text{--}55 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Bei Altbauten gibt es dagegen einen deutlichen Unterschied der quadratmeterbezogenen Endenergiebedarfskennwerte: Bei Vorkriegsgebäuden liegen die durchschnittlichen Werte zwischen ca. $170 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ (große MFH) und ca. $250 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ (EFH). Mit der 1. Wärmeschutzverordnung (1979) und den darauffolgenden Verschärfungen der Anforderungen an neue Gebäude sind schrittweise niedrigere Endenergiebedarfskennwerte erkennbar. Durch die Verschärfungen der EnEV 2014 sinken ab 2016 die Endenergiebedarfskennwerte weiter³ (Abbildung 4).

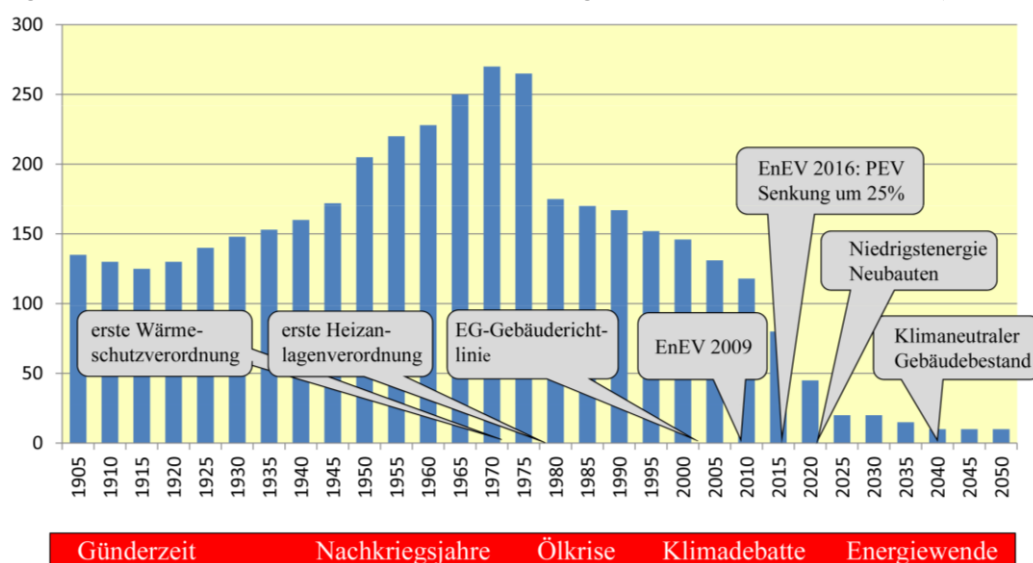


Abbildung 4: spezifischer Wärmebedarf [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$] in Deutschland nach Baujahr [ASUE 2016]

Erhebungen zu Wärmebedarfen und -verbräuchen in der Region sind nur begrenzt verfügbar. Der Energieatlas des Landes Baden-Württemberg enthält eine Übersicht zu Wärmebedarf und -bedarfsdichten von Wohngebäuden⁴. In den Klimaschutzkonzepten des Landkreises Reutlingen und des Zollernalbkreises sind Daten zum jährlichen Wärmeverbrauch enthalten. Unter der Annahme, dass der spezifische Verbrauch je Einwohner im Landkreis Tübingen dem bekannten Wert aus dem Kreis Reutlingen entspricht (ähnliche Siedlungsstruktur), wurde eine Abschätzung des jährlichen Verbrauch in der gesamten Region Neckar-Alb getroffen (Tabelle 1). Daraus ergibt sich ein jährlicher Wärmeverbrauch von knapp 9,5 TWh (durchschnittlich $13,48 \text{ MWh}$ je Einwohner).

³ https://www.dena.de/fileadmin/user_upload/8162_dena-Gebaeudereport.pdf

⁴ https://www.energieatlas-bw.de/waerme/waermebedarf_wohnen

Tabelle 1: Abschätzung des Wärmeverbrauchs in der Region Neckar-Alb

	LK Zollernalb ⁵	LK Reutlingen ⁶	LK Tübingen	Region Neckar-Alb
Wärmeverbrauch [MWh]	2.494.950	3.893.420	3.086.665*	9.475.035*
Einwohner (Stand 2018)	188.935	286.748	227.331	703.014
Wärmeverbrauch je Einwohner [MWh]	13,21	13,58	13,58	13,48*

Mit * markierte Werte sind Annahmen

Durch Sanierungen von Altbauten und den sehr hohen energetischen Anforderungen im Neubaubereich wird der spezifische Wärmebedarf im Gebäudebestand sukzessive sinken. Allerdings ist zu erwarten, dass bei konstant niedrigen Sanierungsquoten von 1 %⁷ und einer immer weiter zunehmenden Wohnfläche pro Person der tatsächliche Raumwärmebedarf pro Kopf nicht im gleichen Maße sinken wird (Abbildung 5). Vorausgesetzt, dass trotz dieses sogenannten Rebound-Effekts bis zum Jahr 2050 ca. 20 % des Wärmebedarfs pro Kopf eingespart werden können (vgl. schwarze Linie in Abbildung 5), reduziert sich der oben errechnete Wärmeverbrauch in der Region Neckar-Alb auf 7,5 TWh.

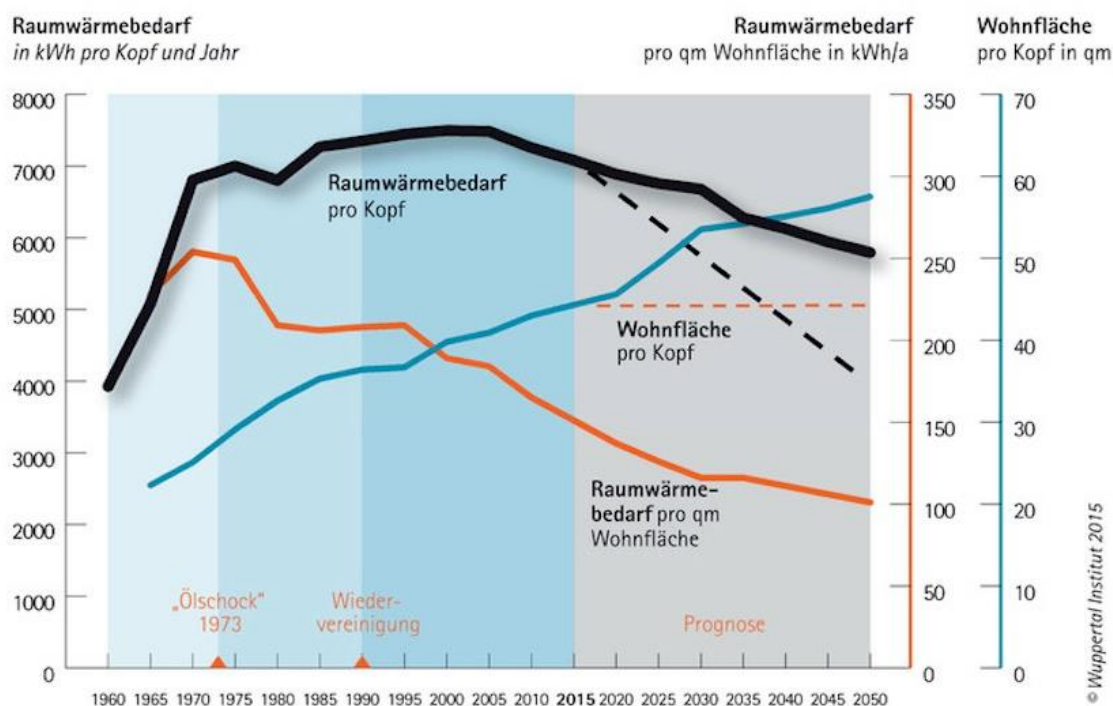


Abbildung 5: Entwicklung des Raumwärmebedarfs in kWh pro Kopf und Jahr [Wuppertal Institut 2015]

⁵https://www.energieagentur-zollernalb.de/files/energieagentur/images/sonstiges/downloads/Energie-_und_Klimaschutzkonzept_Zollernalbkreis.pdf

⁶ <https://www.kreis-reutlingen.de/ceasy/resource/?id=5015&download=1>

⁷ https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-GEBAEUDEREPORT_KOMPAKT_2019.pdf



3.4. Bisherige Wärmeversorgung

Ein zentraler Faktor für die Potenzialanalyse für erneuerbare Nahwärme ist die Analyse des Ausgangszustandes der Wärmeversorgung. Wärmenetze sind besonders dort interessant, wo keine konkurrierende Netzgebundene Wärmeversorgung (Erdgasnetz) vorliegt. Außerdem sind Gemeinden mit einem hohen Anteil an konventioneller Wärmeversorgung im Hinblick auf das CO₂-Minderungspotenzial von besonderem Interesse. Bestehende Wärmenetze bieten die Möglichkeit, die Erzeugung von konventionell (z. B. Gas-BHKW) auf erneuerbar umzustellen, oder das vorhandene Gebiet zu verdichten bzw. zu erweitern. Tabelle 3 zeigt die bestehende Wärmeinfrastruktur in den Gemeinden der Region Neckar-Alb⁸. Zudem wurden durch den Regionalverband Neckar-Alb (RVNA) bestehende Wärme- und Gasnetze und jeweilige Anschlüsse erfasst (Abbildung 6). Von insgesamt 67 Gemeinden ist in jeweils 42 ein Wärmenetz oder Gasnetz vorhanden (jeweils 63 %). Im Durchschnitt beträgt der Anteil fossiler Wärmeträger (Öl/Gas) 75 %, mit einem Minimum von 52 % und einem Maximum von 94 %. Gemeinden ganz ohne netzbedingte Infrastruktur weisen tendenziell einen niedrigeren Anteil konventioneller Wärme (durchschnittlich 68 % Öl/Gas) auf. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass hier im Individualbereich viel mit Biomasse geheizt wird. Interessant für eine Priorisierung sind besonders Kommunen mit Wärmenetz aber ohne leitungsgebundene Gasversorgung sowie Gemeinden ganz ohne Wärmeinfrastruktur (weder Wärme- noch Gasnetz). In der Region Neckar-Alb gibt es:

- 15 Kommunen ohne Wärmenetz und ohne Gasnetz
- 10 Kommunen mit Wärmenetz aber ohne Gasnetz
- 25 Kommunen ohne Wärmenetz
- 25 Kommunen ohne Gasnetz
- 32 Kommunen mit Wärmenetz und mit Gasnetz

Das Energie- und Klimaschutzkonzept des Zollernalbkreis bietet einen genaueren Einblick zu den Individualheizungen im Gebäudebestand (Tabelle 2). Der Hauptanteil des Wärmebedarfs privater Wohngebäude wird hier mit konventionellen Energieträgern erzeugt, dabei überwiegen Ölheizungen gegenüber Gasheizungen (Faktor 6). Von den installierten Gas- und Ölheizungen sind ca. 28 % (11.100 Anlagen, Stand 2011) mindestens 20 Jahre alt. Etwa 8 % der Anlagen sind sogar älter als 30 Jahre. Hier besteht ein Sanierungsstau und ein erhebliches CO₂ Einsparpotential⁹.

Tabelle 2: Individualheizungen im Zollernalbkreis (Stand 2011)

	Anzahl
Gasfeuerungsanlagen	5.695
Ölfeuerungsanlagen	33.872
Gebäudebestand	58.985

⁸ Daten aus Abschlussbericht Solnet BW II

⁹https://www.energieagentur-zollernalb.de/files/energieagentur/images/sonstiges/downloads/Energie-_und_Klimaschutzkonzept_Zollernalbkreis.pdf



Tabelle 3: Bestehende Wärmeinfrastruktur in der Region Neckar-Alb [Abschlussbericht Solnet BW II]

Gemeinde	Wärmenetz	Gasnetz	Anteil fossile Wärme (Gas/Öl)
Albstadt	Ja	Ja	86 %
Ammerbuch	Ja	Ja	77 %
Bad Urach	Ja	Ja	81 %
Balingen	Ja	Ja	85 %
Bisingen	Ja	Ja	79 %
Bitz	Nein	Ja	82 %
Bodelshausen	Ja	Ja	81 %
Burladingen	Ja	Ja	79 %
Dautmergen	Nein	Nein	65 %
Dettenhausen	Ja	Ja	85 %
Dettingen an der Erms	Ja	Ja	86 %
Dormettingen	Nein	Nein	76 %
Dotternhausen	Ja	Nein	82 %
Dußlingen	Ja	Ja	77 %
Engstingen	Ja	Nein	77 %
Eningen unter Achalm	Ja	Ja	84 %
Geislingen	Ja	Nein	74 %
Gomadingen	Ja	Nein	61 %
Gomaringen	Nein	Ja	82 %
Grabenstetten	Nein	Nein	67 %
Grafenberg	Nein	Ja	75 %
Grosselfingen	Ja	Ja	66 %
Gutsbezirk Münsingen	Nein	Ja	52 %
Haigerloch	Ja	Ja	84 %
Hausen am Tann	Nein	Ja	74 %
Hayingen	Ja	Ja	52 %
Hechingen	Ja	Ja	84 %
Hirrlingen	Nein	Nein	70 %
Hohenstein	Ja	Nein	65 %
Hülben	Nein	Nein	70 %
Jungingen	Nein	Nein	73 %
Kirchentellinsfurt	Ja	Ja	83 %
Kusterdingen	Ja	Ja	79 %
Lichtenstein	Ja	Ja	83 %
Mehrstetten	Nein	Nein	60 %
Meßstetten	Ja	Ja	71 %

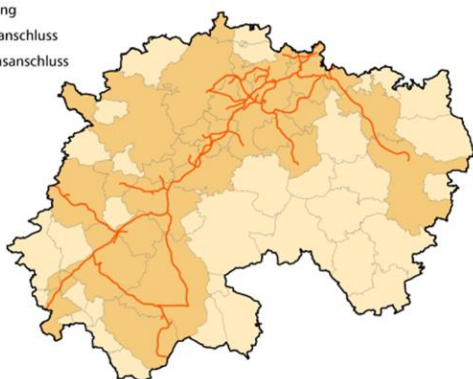


Metzingen	Ja	Ja	88 %
Mössingen	Ja	Ja	85 %
Münsingen	Ja	Ja	80 %
Nehren	Nein	Ja	78 %
Neustetten	Ja	Ja	79 %
Nusplingen	Nein	Nein	68 %
Obernheim	Nein	Nein	67 %
Ofterdingen	Ja	Ja	76 %
Pfronstetten	Ja	Nein	56 %
Pfullingen	Ja	Ja	89 %
Pliezhausen	Ja	Nein	77 %
Rangendingen	Nein	Ja	77 %
Ratshausen	Nein	Nein	67 %
Reutlingen	Ja	Ja	75 %
Riederich	Ja	Ja	80 %
Römerstein	Nein	Ja	66 %
Rosenfeld	Nein	Nein	68 %
Rottenburg am Neckar	Ja	Ja	84 %
Schömburg	Nein	Ja	76 %
Sonnenbühl	Nein	Nein	70 %
St. Johann	Ja	Nein	72 %
Starzach	Nein	Nein	68 %
Straßberg	Ja	Ja	72 %
Trochtelfingen	Ja	Nein	66 %
Tübingen	Ja	Ja	76 %
Walddorfhäslach	Ja	Nein	77 %
Wannweil	Nein	Ja	94 %
Weilen unter den Rinnen	Nein	Nein	69 %
Winterlingen	Ja	Ja	72 %
Zimmern unter der Burg	Nein	Nein	68 %
Zwiefalten	Ja	Ja	63 %



Gemeinden mit Gasanschluss

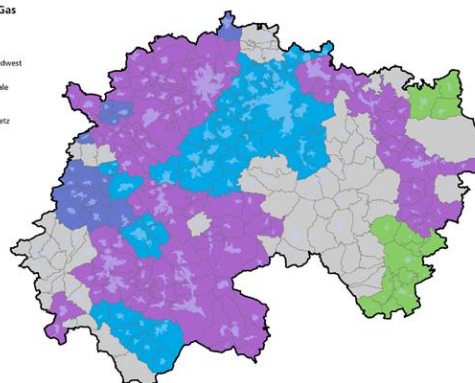
- Gasleitung
- mit Gasanschluss
- ohne Gasanschluss



Netze Gas

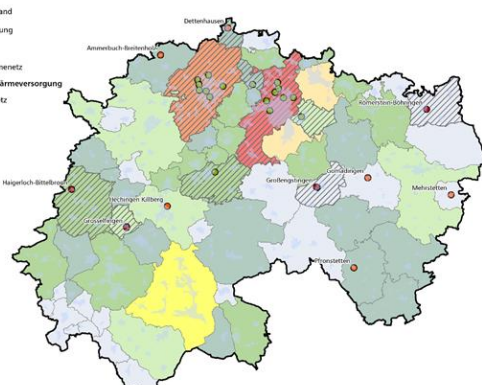
Verteilnetzbetreiber Gas

- FairNetz GmbH
- Netze BWL GmbH
- Netze-Gesellschaft Südwest mbH
- Stadtwerke/kommunale Betreiber
- Gasnetzbetreiber unbekannt/kein Gasnetz



Wärmenetze

- Bioenergiedorf Bestand
- Bioenergiedorf Planung
- Wärmenetzakteure
- ▨ Gemeinde mit Wärmenetz
- Anzahl Gebäude mit Fernwärmeversorgung
- < 5 / kein Wärmenetz
- 5 - 19
- 20 - 49
- 50 - 99
- 100 - 199
- 200 - 499
- 500 - 1999
- 2000 - 3035



Anteil Gebäude mit Fernwärmeversorgung

Anteil Gebäude je Gemarkung [%]

- 0 (keine)
- 1 - 19 (sehr wenige)
- 20 - 39 (wenige)

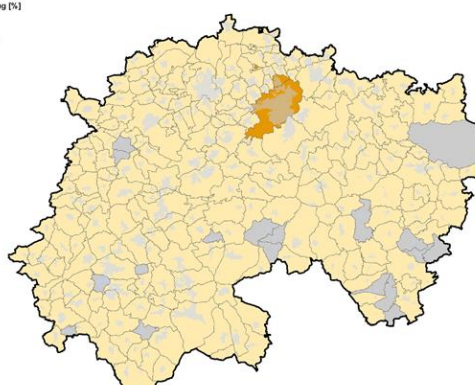


Abbildung 6: Übersicht netzgebundene Wärmeinfrastruktur Region Neckar-Alb [RVNA 2020]



4. Möglichkeiten der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energiequellen

4.1. Holzenergie

Wälder haben bundesweit einen Anteil von 32 % an der Landesfläche. In Baden-Württemberg liegt dieser Anteil seit 1987 stabil bei rund 38 %. Nach Bayern besitzt Baden-Württemberg mit 1,38 Mio. ha (Stand 2012) die zweitgrößte Waldfläche im Bundesvergleich. Davon entfallen 24 % auf Staatswald, 40 % auf Kommunalwald und 36 % auf Privatwald. Bei Betrachtung der Eigentümerstruktur fällt auf, dass 1.100 kommunale Waldbesitzer durchschnittlich 500 ha besitzen, während sich eine durchschnittliche Fläche von 2,1 ha auf 240.000 Privatwaldbesitzer verteilt, was Herausforderungen bei der Bewirtschaftung mit sich bringt. Die Besitzartenverteilung ist - v.a. historisch bedingt - regional sehr unterschiedlich¹⁰.

Holzvorrat vs. Entnahme

Der Holzzuwachs in den deutschen Wäldern ist u. a. abhängig von Altersstruktur und Baumarten-Zusammensetzung. Gegenwärtig befindet sich ein Großteil der in den 1950er Jahren aufgeforsteten Wälder in ihrem produktivsten Alter. Dies ist ein Grund für hohe Zuwachsraten von 11,2 fm/ha bzw. 121,6 Mio. fm/a (1 fm = 1 m³). Die Baden-Württembergischen Wälder verzeichnen bundesweit die höchsten Zuwächse (13,7 fm/ha). Energieholz wird in Baden-Württemberg nachhaltig produziert, d. h. derzeit sind die Zuwächse in den Wäldern größer als entnommene Mengen. Auch bundesweit wurde in allen Waldeigentumsarten weniger Holz genutzt als nachgewachsen ist. Laut der aktuellen dritten Bundeswaldinventur von 2012 nimmt Deutschland mit einem Holzvorrat von 3,7 Mrd. fm bzw. 336 fm/ha nach Österreich und der Schweiz eine Spitzenposition im europäischen Vergleich ein. Über alle Baumarten geht der Zuwachs zu 13 % in den Vorratsaufbau, Holznutzung und natürliches Absterben machen 87 % aus. Dies führt zu einem Holzvorrat auf Rekordniveau, der im Betrachtungszeitraum von zehn Jahren (2002 - 2012) um 7 % auf 3.663 Mio fm bundesweit angestiegen ist¹¹. Baden-Württemberg steht mit einem Gesamtvorrat von 367 fm/ha im Bundesvergleich an der zweiten Position nach Bayern¹².

Energiebereitstellung aus Holz

Der derzeitige Jahreseinschlag in Baden-Württemberg umfasst 10,7 Mio. fm/a (davon mehr als ¾ Nadelholz). Verglichen mit einem theoretischen Gesamtpotenzial von ca. 19 Mio. fm/a, davon ca. 12 Mio. fm/a realistisch nutzbares Holzaufkommen ergeben sich zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten von 1,3 Mio. fm/a¹³. Unausgeschöpfte Nutzungspotenziale liegen v. a. in Laubholzsortimenten und Nadelstarkholz. Zudem ist der Privatwald bisher unterproportional am Einschlag beteiligt. Dem gegenüber stehen laut Schätzungen der Branche aktuell 19 Heizkraftwerke und 228 Heizwerke in Baden-Württemberg. Diese Anlagen haben insgesamt einen Brennstoffbedarf von 665.439 fm/a¹⁴. Unter der Annahme, dass bisher nicht genutzte Potenziale für die energetische Nutzung erschlossen und nachhaltig genutzt werden, ist eine Verdreifachung der Heizwerks- und Heizkraftwerksleistung möglich (Tabelle 4). Insgesamt sind die verfügbaren Daten zur Erzeugung von Energie aus Holz allerdings überschaubar und teilweise inkonsistent. So weist z.B. die Agentur für erneuerbare Energien (AEE) für Baden Württemberg in den Jahren 2012/2014 insgesamt 156 Holzenergieanlagen (größer 100 kW und ohne Altholzanlagen) mit

¹⁰ https://www.cluster-forstholz-bw.de/fileadmin/cluster/cluster_pdf/Clusterstudie_Forst_und_Holz_BW.pdf

¹¹ https://www.forstbw.de/fileadmin/forstbw_pdf/wald/Bundeswaldinventur3.pdf

¹² <https://www.forstbw.de/schuetzen-bewahren/waldinventur/bundeswaldinventur/bwi3/>

¹³ U. Riegger, Forstkammer Baden-Württemberg; Vortrag bei der Holzenergie-Tagung Baden-Württemberg 2017, Rottenburg.

¹⁴ H. Thorwarth, Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg; Vortrag bei der Holzenergie-Tagung Baden-Württemberg 2018, Rottenburg.



einer Feuerungswärmeleistung von rund 470 MW aus. Die Statistik der AEE zeigt einen jährlichen ungenutzten Holzzuwachs in Baden-Württemberg von 11.734 TJ. Dies deckt sich mit dem oben genannten Potenzial, das umgerechnet ca. 14.000 TJ ausweist.

Tabelle 4: Energieholzpotenzial in Baden-Württemberg

Brennstoffversorgung	
Bisheriger Jahreseinschlag BW	10.700.000 fm/a
Realistisch nutzbares Holzaufkommen	12.000.000 fm/a
Zusätzlich nutzbares Holzaufkommen	1.300.000 fm/a
Brennstoffbedarf	
19 Heizkraftwerke	442.806 fm/a
229 Heizwerke	222.633 fm/a
Bisheriger Brennstoffbedarf gesamt	665.439 fm/a
→ Verdreifachung der Heizwerks- und Heizkraftwerksleistung möglich	

Aktuell substituieren in Baden-Württemberg 4 Mio. fm Waldholz ca. 910 Mio. Liter Heizöl (inkl. Kleinfeuerungen). So werden ca. 2,5 Mio. Tonnen CO₂ vermieden¹⁵. Ein großer Vorteil der überwiegend regionalen Nutzung sind kurze Transportwege (mehr als ¾ des eingeschlagenen Holzes verbleiben in BW). Neben der Bedeutung für Wärmewende und Klimaschutz wirkt sich die Energieholznutzung positiv auf die Erhaltung gesunder Wälder und regionale Wirtschaftskreisläufe aus. Die Vermarktung von Energieholz als eigenem Sortiment diversifiziert mögliche Absatzmärkte. Waldpflegemaßnahmen können durch die generierten Erlöse wirtschaftlich gestaltet werden. Angesichts zunehmender Schäden durch Käfer ist aktive Profilaxe unerlässlich. Abschließend bleibt festzuhalten, dass keine direkte Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Holznutzung besteht. Durch eine verstärkte Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen wird auch der Einsatz von Holz als Baustoff in Zukunft zunehmen. Bei stofflicher Nutzung fällt immer ein prozentualer Anteil an Restholz an, der auch in Zukunft, sogar in größeren Mengen zur energetischen Nutzung zur Verfügung steht.

Der wesentliche Zubau an Holzenergie-Anlagen hat ausgelöst vom EEG im Zeitraum von 2000 - 2010 stattgefunden. Wie oben gezeigt, ist ein Ausbau der Holzenergienutzung in den kommenden Jahren auf Basis regional verfügbarer Brennstoffe möglich. V. a. kommunal verfügbare Reststoffe wie Häckselgut und Grünschnitt, die ebenfalls als Brennstoff genutzt werden können, erweitern die Bioenergiepotenziale zusätzlich. Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung neuer Projekte sind kompetente Planung und sinnvolle Betriebskonzepte. Neuprojekte sollten unter Abwägung verschiedener Parameter in den einzelnen Projekten vorwiegend wärmegeführt geplant werden, d. h. der Standort orientiert sich an Wärmesenken, die z.B. über ein Nahwärmenetz erschlossen werden. Die kombinierte Erzeugung von Wärme und Strom (Kraft-Wärme-Kopplung) stellt dabei in der Regel die effizienteste und damit auch ökologisch sinnvollste Erzeugungsform dar.

¹⁵ U. Riegger, Forstkammer Baden-Württemberg; Vortrag bei der Holzenergie-Tagung Baden-Württemberg 2017, Rottenburg.



4.2. Solarenergie

Solare Wärmenetze beruhen auf dem Einsatz solarthermischer Großanlagen, die in Nah- oder Fernwärmenetze eingebunden sind und auf diese Weise zur zentralen Wärmeversorgung von Quartieren, Wohngebieten, Dörfern oder Städten beitragen. Die erforderlichen großen Kollektorfelder werden auf Freiflächen installiert oder in Gebäudedachflächen integriert (Abbildung 7).

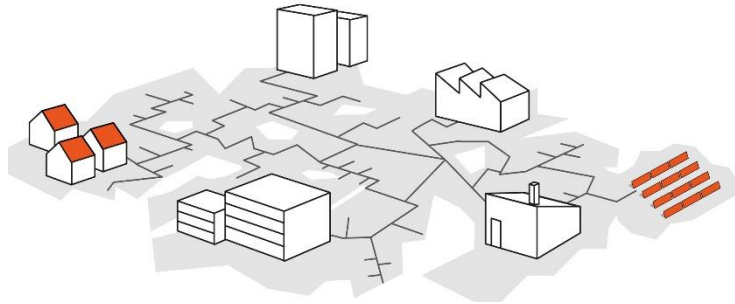


Abbildung 7: Wärmenetz mit integrierten Solarthermie-Freiflächenanlagen und dachintegrierten Solarthermieanlagen

Die verschiedenen erneuerbaren Energiequellen sind in Bezug auf den Flächenbedarf sehr unterschiedlich (in ihren spezifischen Anforderungen). Für Solarthermie-Freiflächenanlagen werden relevante Freiflächen benötigt, doch im Vergleich zu anderen (flächenverbrauchenden) erneuerbaren Energiequellen weist die Solarthermie mit ca. 2 GWh Wärme je Hektar eine vielfach höhere Flächeneffizienz auf. Die Solarthermie ist bei der Flächennutzung auf die Nähe zu den Verbrauchern angewiesen, da im Gegensatz zum Strom und zu fossilen Brennstoffen der Wärmetransport über größere Entfernungen kostenintensiv und mit Wärmeverlusten verbunden ist.

Im Folgenden werden die möglichen Potenziale der Zielregion Neckar-Alb anhand von zwei verschiedenen Herangehensweisen untersucht: Zu Beginn wird ein Zielbedarf für die Wärmeversorgung mit Fernwärme und einen Anteil von Solarthermie, ausgehend der Studie „Energie- und Klimaschutzziele 2030“¹⁶ für das Land Baden-Württemberg betrachtet und anschließend auf den Bedarf der Zielregion herunterskaliert. Im zweiten Schritt wird, ausgehend von der kommunalen Ebene (Stadt, Dorf), der Flächenbedarf für die mögliche Wärmeversorgung durch solare Wärmenetze ermittelt. Als Abschluss zeigt eine durchgeführte Potenzialanalyse¹⁷ mögliche Flächenpotenziale für solarthermische Freiflächenanlagen auf.

Ableitung des Potenzials (top-down)

In Baden-Württemberg wird der Endenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser von ca. 117 TWh im Jahr 2020 zu rund 10 % durch Fernwärme gedeckt; dies entspricht 11,7 TWh¹⁶. Für das Jahr 2050 wird ein Anteil der Fernwärme am Endenergieverbrauch von rund 12,5 TWh erwartet. Die Nettowärmeerzeugung der Fernwärme wird für das Jahr 2020 mit 14,2 TWh beziffert und bis in das Jahr 2050 leicht auf 15 TWh ansteigen. Der Ausbau der Fernwärme zeigt einen moderaten Anstieg bis in das Jahr 2050. Die Erweiterung und Verdichtung wird durch den sinkenden spezifischen Wärmebedarf für Raumheizung teilweise kompensiert.

Der Branchenfachverband AGFW geht mittelfristig von einem Solarthermieanteil von 15 % an der Fernwärme aus. Für das Zielszenario 2050 ergibt sich hieraus eine erzeugte Wärmemenge von 2,2 TWh für Baden-Württemberg, welche durch Solarthermie gedeckt wird. Zur Deckung dieses Anteils ist eine

¹⁶ Schmidt, M., Fuchs, A.-L., Kelm, T., Abdalla, N., & Bergk, F. (2017). Energie- und Klimaschutzziele 2030.

¹⁷ Stehle, M., & Blesl, D.-I. (2019). Abschlussbericht zum Verbundvorhaben "SolnetBW II - solare Wärmenetze für Baden-Württemberg" - Berichtsteil 5.3: Solare Wärmenetze in der energiewirtschaftlichen Systembetrachtung. Stuttgart.



Kollektorfläche von ca. 5,6 Mio. m² notwendig. Höhere Deckungsanteile bis 50 % sind mit Groß-Wärmespeichern möglich.

Heruntergebrochen auf die Zielregion Neckar-Alb ergibt sich analog bei einem Wärmebedarf von 7,5 TWh (siehe Kapitel 3.3) für das Jahr 2050 ein Fernwärmeanteil von ca. 1,13 TWh pro Jahr. Mit einem solaren Deckungsanteil von 15 % an der Fernwärme (0,17 TWh) würden hierfür ca. 420.000 m² Kollektorfläche bzw. 84 ha Landfläche benötigt (entsprechend einer Fläche von 900 x 900 m).

Bei höheren solaren Deckungsanteilen (z. B. 50 % der Fernwärmeerzeugung der Region Neckar-Alb, entspricht ca. 0,56 TWh) steigt die benötigte Kollektorfläche für die gesamte Region Neckar-Alb auf 1,4 Mio. m² an¹⁸. Dafür wird eine Landfläche von 280 ha benötigt. Im Vergleich dazu: die Zielregion umfasst im Gesamten eine Fläche von 250.000 ha. Technisch gesehen sind Anlagensysteme mit höheren solaren Deckungsanteilen (~ 50 %) durchaus realisierbar. Hierfür werden neben großflächigen Solarthermieranlagen in der Regel auch große, saisonale Wärmespeicher benötigt. Vorteilhaft ist es, wenn der Groß-Wärmespeicher zusätzlich für die Sektorkopplung oder für systemdienliche Anwendungen genutzt werden kann.

Ableitung des Potenzials (bottom-up)

Innerhalb der Region Neckar-Alb kann zwischen wenigen Städten (> 25.000 - 15.000 Einwohner) und einer Vielzahl von dörflichen Strukturen (< 2.500 Einwohner) unterschieden werden. Mit der Annahme, dass in den Städten ein Fernwärmebedarf von 100 GWh/a besteht und dieser Bedarf zu 15 % mit Solarthermie-Freiflächenanlagen gedeckt werden kann, werden hierfür je 37.500 m² Kollektorfläche benötigt. Dies entspricht einem Landflächenbedarf von 7,5 ha je Stadt.

Für die dörfliche Struktur wird ein typischer Wärmebedarf des Wärmenetzes von 7 GWh/a angenommen. Mit einem solaren Deckungsanteil von 15 % werden hierfür ca. 2.600 m² Kollektorfläche benötigt. Der Flächenbedarf liegt hierbei bei ca. 0,5 ha je Kommune.

Tabelle 5: Solarthermie-Kollektorflächen- und Landflächenbedarf für Städte und Gemeinden in der Region Neckar-Alb zur Deckung von 15 % des Fernwärmebedarfs

		Stadt	Gemeinde
Fernwärmebedarf	GWh/a	100	7
Anteil Solarthermie	%	15	15
	GWh/a	15	1
Kollektorfläche	m ²	37.500	2.625
Landfläche	ha	7,5	0,53
Anzahl der Kommunen ¹⁹	-	5	50
Kollektorfläche gesamt	m ²	187.500	131.250
Landfläche gesamt	ha	26	64

Von den einzelnen Kommunen ausgehend ergibt sich für einen solaren Deckungsanteil von 15 % eine benötigte Kollektorfläche von 320.000 m² bzw. einen Landflächenbedarf in der Region von 90 ha (Tabelle

¹⁸ Abhängig von der Kollektorbauart und der mittleren Netztemperatur des Wärmenetzes kann mit solaren Erträgen um ca. 400 kWh/m²_{Kollektorfläche} gerechnet werden. Die erforderliche Landfläche je m²_{Kollektorfläche} erreichen in der Praxis zwischen 1 und 3,5 m²_{Landfläche}/m²_{Kollektorfläche}. Als geeigneter Wert wird in der Regel mit 2 m²_{Landfläche}/m²_{Kollektorfläche} gerechnet.

¹⁹ Annahme: nicht in jeder Kommune in der Region Neckar-Alb kann und wird ein Wärmenetz mit Solarthermie umgesetzt.



5). Unter Berücksichtigung, dass nicht in jeder Kommune ein Wärmenetz bzw. Solarthermie umgesetzt wird oder werden kann, kann der gesamte Landflächenbedarf für Solarthermie-Freiflächenanlagen mit einem solaren Deckungsanteil von 15 % auf 60 bis 85 ha abgeschätzt werden.

Potenzialanalyse

In einer durchgeführten Potenzialanalyse für die Region Neckar-Alb²⁰ konnten verschiedene Flächen wie Konversionsflächen und Seitenrandstreifen sowie benachteiligte Gebiete identifiziert werden. Weiter wurde ein großes Flächenpotenzial, auch aufgrund von geringen Nutzungskonflikten, auf stillgelegten Deponieflächen erfasst. Unter Berücksichtigung von restriktiven Vorgaben in Landesentwicklungsplänen und Regionalplänen sowie diversen bundes- und landesrechtlichen Regelungen ist jedoch davon auszugehen, dass die bereitstehende Flächenkulisse für erneuerbare Energien kleiner ist, als in o.g. Quelle angenommen.

Künftig sind in erheblichem Maße Flächen für die Wärmeversorgung vor Ort erforderlich. Dieser Raum- und Flächenbedarf sollte planerisch berücksichtigt werden, denn die Nutzungskonkurrenz ist insbesondere in urbanen Siedlungsräumen sehr hoch.

Es zeigt sich, dass die Solarthermie in Kombination mit Wärmenetzen eine Schlüsselrolle für die Energiewende in der Region Neckar-Alb einnehmen wird. So konnte ein hohes siedlungsnahes Freiflächen-Potenzial identifiziert werden²⁰. Konversionsflächen, wie stillgelegte Altdeponieflächen bieten aufgrund des geringen Konfliktpotenzials gute Voraussetzungen für die Realisierung von solaren Nahwärmesysteme.

²⁰ Stehle, M., & Blesl, D.-I. (2019). Abschlussbericht zum Verbundvorhaben "SolnetBW II - solare Wärmenetze für Baden-Württemberg" - Berichtsteil 5.3: Solare Wärmenetze in der energiewirtschaftlichen Systembetrachtung. Stuttgart.



4.3. Geothermie

Geothermische Energie ist nach Definition die in Form von Wärme gespeicherte Energie unter der Oberfläche der festen Erde. Fast überall hat das Erdreich in einem Kilometer Tiefe eine Temperatur von 35 °C bis 40 °C. Der Begriff der „geothermischen Tiefenstufe“ beschreibt die Tiefe, in der sich die Erdkruste um 1 K erwärmt. Oft werden als Faustwert für den Temperaturgradienten 3 K pro 100 m angegeben. So ist z. B. in 1.000 m Tiefe und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 10 °C an der Erdoberfläche eine Temperatur von 40 °C zu erwarten. Anhand geologischer Karten und Tabellen zur Wärmeleitfähigkeit des Gesteins kann die Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds in einem ersten Schritt abgeschätzt werden. Durch Messung in einem Thermal Response Test werden potenzielle Standorte genauer geprüft. Grundsätzlich werden Anwendungsformen nach Tiefengeothermie (Erschließungstiefen von 1.000 m bis 3.000 m) und oberflächennaher Geothermie (Erschließungstiefe bis zu 400 m) unterschieden.

4.3.1. Oberflächennahe Geothermie

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie ist eine mittlerweile weit verbreitete Technik zur Wärmeversorgung von Gebäuden. Als Wärmequelle dienen erdgekoppelte Wärmepumpensysteme z. B. mit Erdwärmesonden oder Flächenkollektoren oder die Erschließung von Grundwasser, Abwasser sowie aktivierte Bauwerke. Typische Temperaturniveaus liegen zwischen 10 °C und 20 °C. Bei der Systemauslegung ist zu beachten, dass das erschlossene Erdvolumen auf den Wärme- bzw. Kältebedarf abgestimmt sein muss. Das Temperaturniveau im Boden fällt bzw. steigt durch die Nutzung und muss sich wieder regenerieren können. Für die Errichtung von Erdwärmesonden ist ein wasserrechtliches Genehmigungsverfahren erforderlich. Für Erdwärmesonden > 100 m Tiefe ist zudem ein bergbaurechtliches Verfahren erforderlich. Aufgrund wasserrechtlicher Restriktionen sind max. 50 % der Fläche der Region Neckar-Alb für den Einsatz von Erdwärmesonden geeignet²¹.

Kompetenzen zum Thema Geothermienutzung sind in Baden-Württemberg beim Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB, Regierungspräsidium Freiburg) gebündelt. Mit dem Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG) stellt das LGRB erste Informationen zur Planung von Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden bis max. 400 m Tiefe zur Verfügung²². Die wichtigsten punkt- und flächenbezogenen Informationen werden für Bauherren oder andere interessierte Bürger kostenfrei bereitgestellt. In einer erweiterten Version werden zusätzliche geowissenschaftliche Grundlagen für Fachplaner angeboten (registrierungspflichtig). Eine Gliederung des Untergrundes in Grundwasserleiter und -geringleiter dient dazu, schon bei der Planung die erforderlichen Maßnahmen vorzusehen, die beim Bau von Erdwärmesonden einen unkontrollierten artesischen Grundwasseraustritt oder einen stockwerksübergreifenden Grundwasserfluss ausschließen und eine dauerhaft dichte Ringraumhinterfüllung sicherstellen²³.

In Baden-Württemberg sind in den letzten Jahren mehrere Schadensfälle im Zusammenhang mit der Nutzung oberflächennaher Geothermie aufgetreten, z. B. aufgrund von Hebungen und Senkungen des Untergrunds rund um fehlerhaft ausgeführte Bohrlöcher. Aufgrund einer daraus resultierenden generellen Verunsicherung und den im Landkreis Tübingen vorherrschenden sensiblen geologischen Untergrundverhältnissen sind Erdwärmesonden im Landkreis Tübingen weiträumig nicht mehr oder nur noch eingeschränkt zulässig. Verboten sind Erdwärmesonden insbesondere in Wasserschutzgebieten und in Bereichen, in den sulfathaltiges Gestein, welches durch mögliche Wasserströmungen aufquellen würde,

²¹https://www.rvna.de/site/Regionalverband+Neckar+Alb/get/params_E1949011886/3082089/IKENA%20Endbericht%20130705_fertig.pdf

²² <http://isong.lgrb-bw.de/>

²³ https://lgrb-bw.de/informationssysteme/geoanwendungen/isong/index_html



oberflächennah ansteht. Lediglich in rund 25% des Landkreises sind Erdwärmesonden im Regelfall zumindest bis in eine Tiefe von rund 75 m ohne besondere Einschränkungen zulässig. Die Planungskarte zur Zulässigkeit von Erdwärmesonden im Landkreis Tübingen zeigt in Form einer Ampelkarte die Bereiche an, in denen Erdwärmesonden generell zulässig (grün), mit Einschränkungen und unter Berücksichtigung besonderer Auflagen zulässig (gelb) sowie nicht zulässig (rot) sind (Abbildung 8)²⁴.

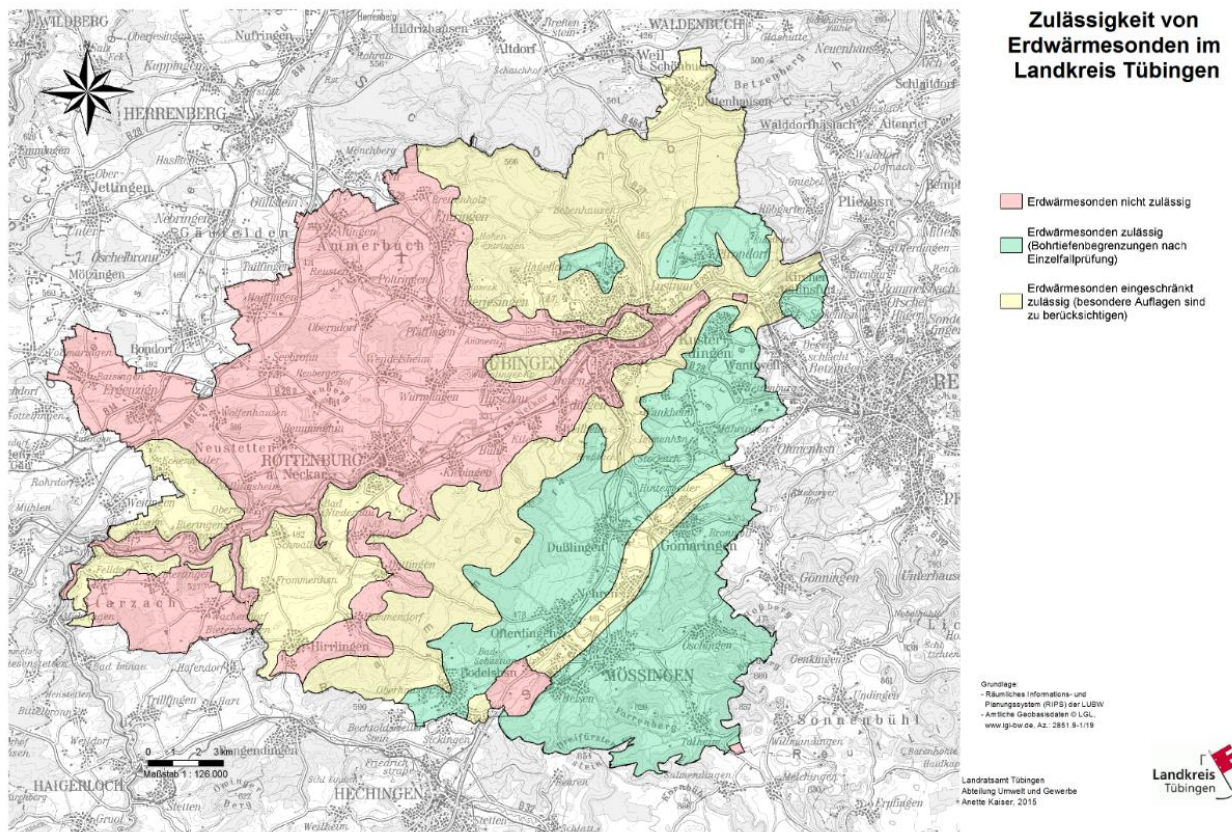


Abbildung 8: Zulässigkeit von Erdwärmesonden im LK Tübingen

²⁴ <https://www.kreis-tuebingen.de/Erdwaermesonden.html>

4.3.2. Tiefe Geothermie

Anwendungsformen tiefer Geothermie umfassen tiefe Erdwärmesonden, die Erschließung wasserführender Schichten bzw. des Grundwassers oder von Gesteinsschichten (Enhanced Geothermal Systems, früher „Hot Dry Rock“). Typische Temperaturniveaus liegen zwischen 120 °C und 150 °C. In Baden-Württemberg bieten sich für die Nutzung der tiefen Geothermie v. a. der Oberrheingraben im Westen und das Molassebecken im Südosten an (Abbildung 9). In diesen Gebieten herrschen in der Tiefe deutlich höhere Temperaturen als im Rest des Landes (sogenannte positive Temperaturanomalien). Daneben führen aus größerer Tiefe aufsteigende Thermalwässer zu erhöhten Temperaturen im weiteren Umfeld (z. B. Baden-Baden, südöstlich von Stuttgart im Bereich Bad Urach-Bad Boll)²⁵.

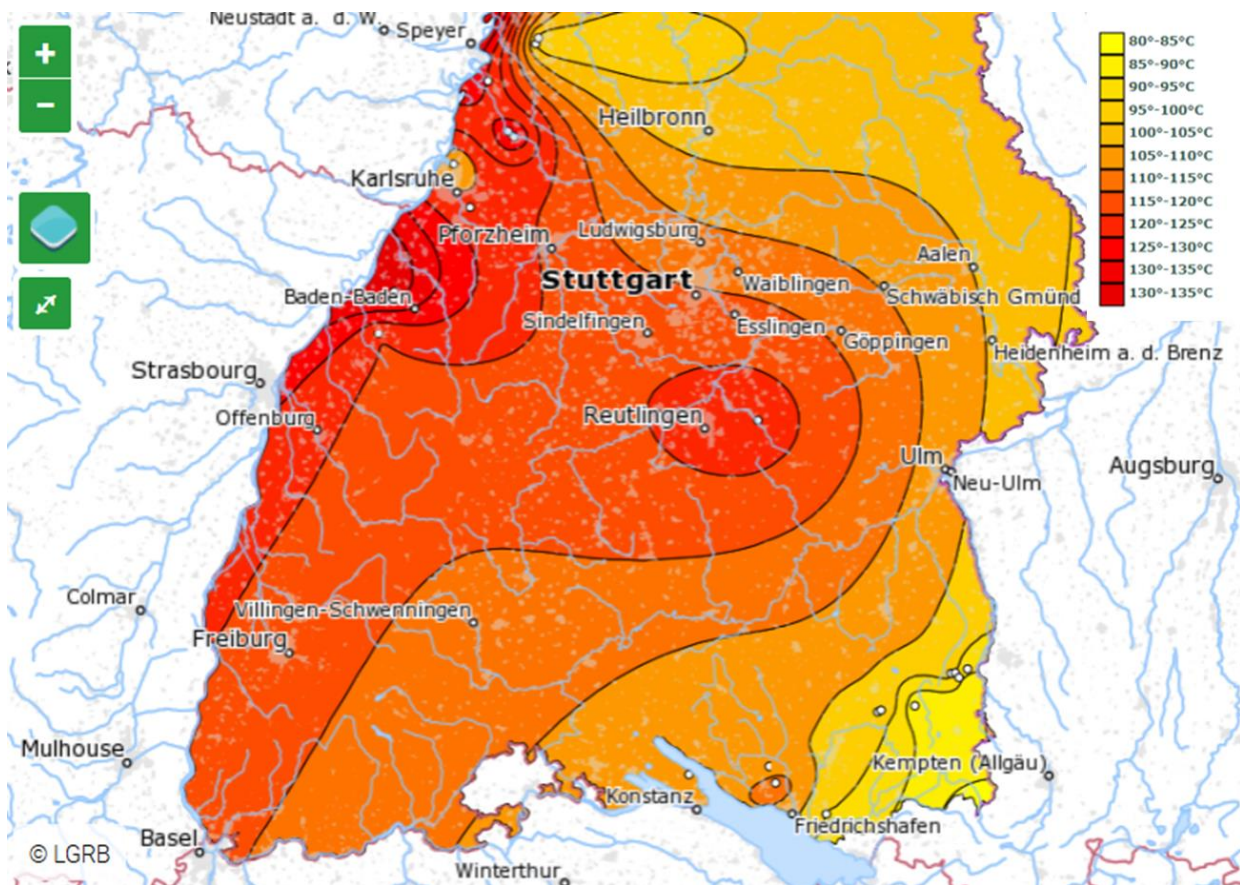


Abbildung 9: Temperaturverteilung in Baden-Württemberg in 2.500 m unter Gelände [Quelle: LGRB]

Die Stadt Bad Urach nahm Ende 2019 Planungen zur Erschließung brachliegender Tiefenbohrungen (Nummer III und IV) wieder auf. Die 2,8 und 4,4 km tiefen Bohrungen stammen aus der Erforschung des „Hot Dry Rock“ Verfahrens. Bei einer Nichtnutzung müssten die Bohrungen zum Schutz vor eventuellen Gasaustritten wieder geschlossen werden und alle bisherigen Ausgaben wären vergebens. Aktuelle Planungen der Firma Hydro-Data sehen vor, die Löcher teilweise zu verfüllen und in einer Tiefe von ca. 700 m horizontal wasserführende Schichten (Muschelkalk) zu erschließen. Neben dem Thermalbad könnten bis zu 1.000 Haushalte mit Wärme versorgt werden. Pumpversuche werden Aufschluss über den möglichen Wasserertrag und damit auch über wirtschaftliche Machbarkeit des Vorhabens liefern²⁶.

²⁵ <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/geothermie/tiefe-geothermie/tiefe-geothermie-baden-wuerttemberg>

²⁶ <https://www.swp.de/suedwesten/staedte/metzingen/geothermie-in-bad-urach-bohren-fuer-den-klimaschutz-40744010.html>



4.4. Abwärme

4.4.1. Direkte Nutzung (Fokus industrielle Abwärme)

Zur direkten Nutzung bietet sich z. B. industrielle Abwärme an, die auf einem relativ hohen Temperaturniveau in verschiedenen Bereichen des verarbeitenden Gewerbes anfällt (z. B. bei der Herstellung und Recycling von Metallen, in der Zement-, Glas-, Keramik- und Papierindustrie). Auch innerhalb der nicht energieintensiven Industrie, z. B. im Bereich Nahrungsmittel wird Wärme im Temperaturbereich zwischen 30 und 150 °C für verschiedene Anwendungen benötigt. Grundsätzlich bieten sich eine Reihe anlagentechnischer Komponenten für eine Abwärmeauskopplung an:

- Verbrennungsanlagen
- Trocknungsanlagen
- Raumluftechnik
- Druckluftkompressoren
- Kälteanlagen
- Abwasser

Die im Jahr 2018 vom Fraunhofer ISI für das UM BW durchgeführte Studie „Abwärmenutzung in Unternehmen“ beschäftigt sich mit der Frage, wie viel industrielle Abwärme in BW theoretisch vorliegt und welcher Anteil davon innerbetrieblich verwertet werden könnte. Das Gesamtpotenzial für Abwärme aus brennstoffbasierten und elektrischen Anwendungen wird auf 5,4 - 9,3 TWh geschätzt. Bezogen auf den Endenergieverbrauch in der Industrie beträgt das Abwärmepotenzial zwischen 9 und 15 % . Abhängig davon, in welchem Temperaturbereich und in welchen Mengen sowie Leistungsbereichen die Abwärme anfällt, kann sie mittels verschiedener Technologien (z.B. ORC- oder Kalina-Prozessen, einfacher Wärmeübertragung, Wärmepumpen, Adsorptions- oder Absorptionskältemaschinen) in Form von Strom, Wärme oder Kälte nutzbar gemacht werden.

Für den Zollernalbkreis wird ein Abwärmepotenzial von 20 % der eingesetzten Endenergie von Industrieunternehmen angenommen. Dies führt zu einem theoretischen Einsparpotenzial durch Abwärmenutzung von ca. 234,3 Mio. kWh²⁷. Ein großer Anteil dieses Potenzials entfällt auf das Zementwerk der Firma Holcim. Die Nutzung von Abwärme kann hier leitungsungebunden durch „Mobile Wärme“ erfolgen. Es bietet sich an, damit Thermoöl auf ein Temperaturniveau von mindestens 330 °C aufzuheizen, in einen mobilen Container zwischen zu speichern und zu möglichen Verbrauchern, z. B. Asphaltmischanlagen, zu liefern. Dort kann die Wärme wieder in den Produktionsprozess eingekoppelt, die bisher eingesetzten fossilen Energien ersetzt und dadurch CO₂ eingespart werden. In einer Voruntersuchung wurde für ein Potenzial von ca. 20.000 MWh identifiziert, mit dem CO₂-Emissionen in der Größenordnung von 6.500 t eingespart werden können. Die Anwendung dieser Technologie verursacht vergleichsweise hohe Kosten, die durch Fördergelder kompensiert werden müssen. Das Projekt wird derzeit zusammen mit dem Zementwerk Holcim und zwei Stadtwerken weiterverfolgt und maßgeblich vom Regionalverband koordiniert.²⁸

²⁷https://www.energieagentur-zollernalb.de/files/energieagentur/images/sonstiges/downloads/Energie-_und_Klimaschutzkonzept_Zollernalbkreis.pdf

²⁸https://www.rvna.de/site/Regionalverband+Neckar+Alb/get/params_E1396392384/14009928/IX-30-1-Bericht%20Umsetzung%20IKENA.pdf



Weitere industrielle Großverbraucher, die meist zeitgleich Abwärmelieferanten darstellen, könnten z. B. anhand des bestehenden „Energietischen Neckar-Alb“ der IHK Reutlingen identifiziert werden²⁹. Teilnehmende Unternehmen sind: Robert Bosch GmbH, Reutlingen; Interstuhl Büromöbel GmbH & Co. KG, Meßstetten-Tieringen; Kreissparkasse Tübingen; Reiff Reifen und Autotechnik GmbH, Reutlingen; RIDI Leuchten GmbH, Jungingen; Rökona-Textilwerk GmbH, Tübingen; Theben AG, Haigerloch; Tubex GmbH, Rangendingen. Zudem bringt die IHK auf kommunaler Ebene Unternehmen mit weniger hohen Energieverbräuchen zusammen.

Auch Biogasanlagen bieten Potenziale zur Abwärmenutzung, wenn das Gas vor Ort in einem BHKW eingesetzt wird. Allein im Zollernalbkreis wird die Abwärme von 7 der 13 bestehenden nicht oder nur zum Teil verwendet. Hier ist ein weiteres Potential vorhanden, dass näher untersucht werden sollte³⁰.

4.4.2. Indirekte Nutzung (Fokus Abwasserwärmenutzung mittels Wärmepumpen)

Im IKENA für die Region Neckar-Alb wird das Potenzial der Abwasserwärme anhand des Abwasseranfalls pro Einwohner grob abgeschätzt. Unter der Annahme, dass in Kommunen > 10.000 Einwohner die Voraussetzungen z. B. hinsichtlich der erforderlichen Kanalgröße günstig sind, ergibt sich ein theoretisches Potenzial von 50,5 GWh/a³¹. Folgende Randbedingungen müssen für mögliche Anwendungen erfüllt sein: (1) Wärmeverbraucher sollten max. 0,5-1,5 km vom Abwasserwärmetauscher entfernt sein, (2) der Kanaldurchmesser für den Abwasserwärmetauscher sollte mindestens 700 mm betragen, (3) Mindesttrockenabfluss von 10 l/s im Kanal, (4) Anschlussleistung der zu versorgenden Gebäude mind. 100 kW. Es ist zu beachten, dass für die erforderliche Wärmepumpen Strom oder Gas als Antriebsenergie benötigt wird³².

In BW wurde die erste Anlage zur Abwärmenutzung im Abwasser 1982 in der Kläranlage Waiblingen eingesetzt. Mit aktuell 17 Anlagen, die bereits im Betrieb sind, rangiert Baden-Württemberg deutschlandweit mit an der Spitze der innovativen Nutzung von Abwasserwärme. Die Abwasserwärmenutzung wird als Nutzung erneuerbarer Energie gemäß Erneuerbare-Wärme-Gesetz Baden-Württemberg anerkannt. Potenzialstudien zur Ermittlung von geeigneten Standorten sowie Machbarkeitsstudien, welche die technische Durchführbarkeit als auch die Wirtschaftlichkeit eines Projekts aufzeigen, werden in Baden-Württemberg durch die Landesregierung zu 50 Prozent bezuschusst³³. Umsetzungen/Planungen in der Region Neckar-Alb umfassen die Aischbachschule und das Egeria-Areal in Tübingen, das Hallenbad Horb am Neckar, in Balingen die geplanten Eyach-Arkaden und in Reutlingen eine Grundlagenerhebung.

Das Abwasser aus Haushalten und Gewerbe ist auch nach Abkühlung im Kanalnetz durchschnittlich 2-10 K wärmer als das umgebende Erdreich und das Grundwasser und stellt daher eine zuverlässige Umweltwärmequelle dar. Die im Abwasser enthaltene Energie fließt bisher weitgehend ungenutzt durch das Kanalnetz, über die Kläranlage in das nächste Gewässer. Dieses Abwärmepotenzial ist durch Wärmetauscher im Kanalnetz erschließbar und kann mittels Wärmepumpen nutzbar gemacht werden. In Form von Erstberatungen in vier Gemeinden (Eningen u. A., Bad Urach, Münsingen und Hechingen) wurden die Möglichkeiten der Abwasserwärmenutzung vorgestellt, mögliche Standorte diskutiert und individuelle

²⁹ <https://www.reutlingen.ihk.de/beratung/energieberatung/energetische/>

³⁰ https://www.energieagentur-zollernalb.de/files/energieagentur/images/sonstiges/downloads/Energie-_und_Klimaschutzkonzept_Zollernalbkreis.pdf

³¹ https://www.rvna.de/site/Regionalverband+Neckar+Alb/get/params_E1949011886/3082089/IKENA%20Endbericht%20130705_fertig.pdf

³² https://www.energieagentur-zollernalb.de/files/energieagentur/images/sonstiges/downloads/Energie-_und_Klimaschutzkonzept_Zollernalbkreis.pdf

³³ <https://umwelttechnik-bw.de/de/abwasser-als-energiequelle-stuttgart-errichtet-groesste-abwasserwaermenutzungsanlage-europas>



Empfehlungen bzgl. der Durchführung von Machbarkeitsstudien und möglichen Fördergeldern abgegeben. Nur eine der vier Gemeinden ist noch zu dem Thema aktiv³⁴.

Exkurs Wärmepumpen

Wärmepumpen ermöglichen die Nutzung von Umweltwärmequellen mit eher niedrigem Temperaturniveau unter Einsatz elektrischer Energie. Die Leistungszahl (Coefficient of Performance, COP) ist das Verhältnis der Heizleistung [kW] zur effektiven elektrischen Leistungsaufnahme der Wärmepumpe [kW] (DIN 255-1). Damit bewertet diese Kennzahl die Qualität des Wärmepumpenkreisprozesses an einem bestimmten Betriebspunkt. Je geringer der Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle und Heizsystem, desto höher ist der COP-Wert. Dagegen ist die Jahresarbeitszahl (JAZ) der Quotient aus jährlich abgegebener Wärmemenge der Wärmepumpenanlage und der zugeführten elektrischen Arbeit. Die JAZ ist eine Kennzahl für die Effizienz der Wärmepumpe unter Berücksichtigung jährlicher Betriebsschwankungen. Generell gilt $JAZ < COP$. Als Planungsziel gilt eine Minimierung der Anlagensystemtechnik und damit verbundener Investitionskosten bei hoher Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe ($COP > 4$). Es wird zwischen Luft, Wasser und Erdreich als Wärmequellen unterschieden.

³⁴https://www.rvna.de/site/Regionalverband+Neckar+Alb/get/params_E1396392384/14009928/IX-30-1-Bericht%20Umsetzung%20IKENA.pdf

5. Bewertung des erneuerbaren Wärmepotenzials in der Region Neckar-Alb

Die im Kapitel 4 beschriebenen Technologien zur Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen sind alle erprobt und auf dem Markt verfügbar. Die Nutzung von Holzenergie, Solarthermie und oberflächennaher Geothermie ist besonders im privaten Gebrauch weit verbreitet. Es besteht aber erhebliches Potenzial für einen effizienteren und z.B. im Fall der Holzenergie saubereren Einsatz dieser Energiequellen in Verbindung mit einer zentralen Wärmeversorgung (Wärmenetz). Aus Kapitel 3 ergibt sich für die Region ein Wärmebedarf in der Größenordnung von 9,5 TWh (Stand 2020) bzw. 7,5 TWh (Prognose 2050), der gedeckt werden muss. Dies kann durch die Kombination verschiedener erneuerbarer Energieträger gelingen. Das aufgezeigte Energieholzpotenzial kann 40 - 50 % des Bedarfs abdecken (zzgl. Reststoffe). Die verbleibende Wärmemenge von 5,6 bis 3,6 TWh könnte aus Solarthermie bereitgestellt werden, so dass eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung möglich wäre. Die Nutzung von Umweltwärme, z. B. in Form von oberflächennaher Geothermie oder Abwasserwärme an geeigneten Standorten, verringert dabei den benötigten Flächeneinsatz. Durch die direkte Nutzung von Industrieabwärme könnte bis zu 15 % der eingesetzten Energie in Industrieunternehmen eingespart werden. Noch nicht berücksichtigt sind Power-to-heat Lösungen, die z. B. im Sinne eines virtuellen Kraftwerks (für den Stromsektor) systemdienliche Dienstleistungen erbringen können und - wenn mit erneuerbarem Strom gespeist - zusätzliche erneuerbare Wärmepotenziale bieten.

Grundsätzlich lässt sich die Region Neckar-Alb in einen eher ländlich geprägten und einen urbaneren Teil gliedern. Während im ländlichen Raum die Verfügbarkeit sowohl von Energieholz als auch von Flächen für die Solarthermie-Nutzung sehr gut ist, sind diese Faktoren in städtischen Gebieten eher begrenzt. Ein niedriger Energieverbrauch bei gleichzeitig hoher Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen im ländlichen „Speckgürtel“ und Ballungsräume kann dies kompensieren (Abbildung 10). Insgesamt erhöht die Region durch eine Umstellung der Wärmeversorgung auf lokal verfügbare erneuerbare Energiequellen ihre Wertschöpfung und wird unabhängiger von fossilen Brennstoffen.

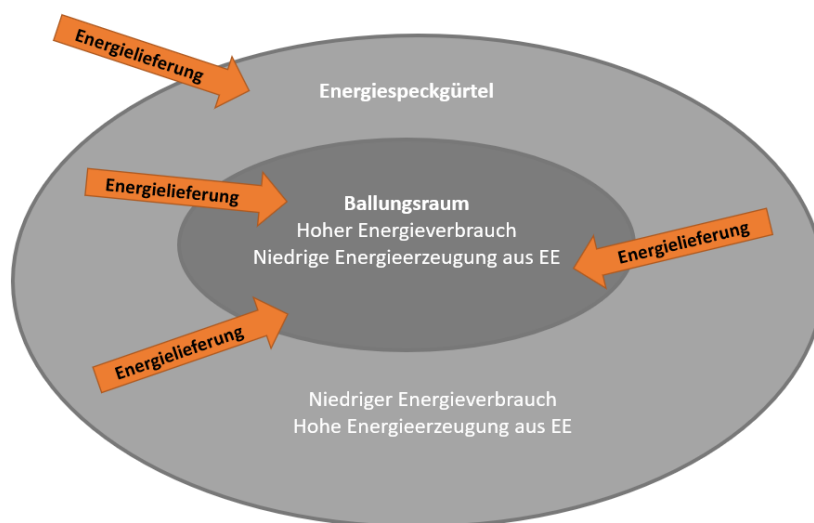


Abbildung 10: Schema regionale Energieversorgung³⁵

³⁵ F.-M. Uhle, Rhein-Hunsrück-Kreis; Vortrag bei der Holzenergie-Tagung Baden-Württemberg 2019, Rottenburg.



Im IKENA der Region Neckar-Alb sowie den Klimaschutzkonzepten der Landkreise sind bereits viele Erhebungen enthalten, auf die in diesem Dokument verwiesen wird. Diese Potenzialabschätzungen zeigen eine grundsätzliche Machbarkeit, können aber kommunale Wärmeplanungen als belastbare Entscheidungsgrundlagen nicht ersetzen. Es besteht auf Seiten der Kommunen ein erheblicher planerischer Steuerungsbedarf, um für Projektentwickler und Anlagenbetreiber Planungs- und Investitionssicherheit zu schaffen³⁶.

Aus der bestehenden Wärmeinfrastruktur (Kapitel 3.4) lässt sich eine Priorisierung erfolgversprechender Gebiete oder Kommunen für die Entwicklung erneuerbarer Nahwärmenetze ableiten. Zum einen können bestehende Nahwärmenetze als Anknüpfungspunkt für eine Erweiterung oder Verdichtung dienen. Zum anderen stellt ein bestehendes Gasnetz immer eine Konkurrenz zur Wärmenetz-Infrastruktur dar. Daher wird Gebieten ohne Anschluss an ein Gasnetz eine besondere Bedeutung bei der Entwicklung der Nahwärmeversorgung zukommen. Entscheidend sind jedoch die individuellen Gegebenheiten vor Ort.

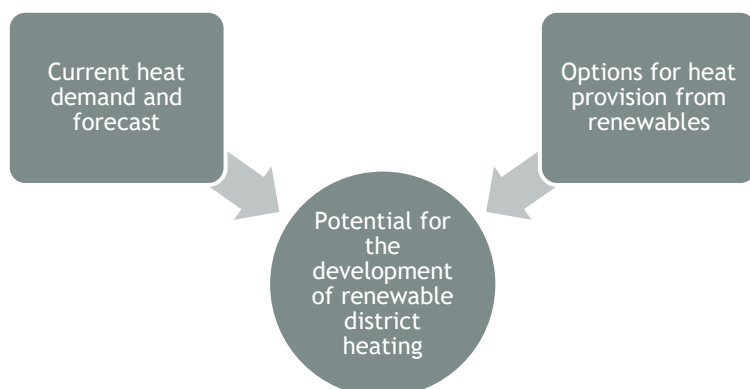
³⁶ C. Maas, Wärmeplanung: Grundlagen einer neuen Fachplanung. In ZUR 1/2020, S. 22-30.



6. Summary in English

6.1. Goal and method

The goal of this *Renewable heat potential assessment for the target region Neckar-Alb (D.T1.3.2)* is an assessment of the status quo of heat demands and renewable heat potentials in the region. Together with the *Guidelines for the simplified evaluation of the potential for renewable heat (D.T1.3.1)*, possible starting points for project development can be found and a first assessment of the feasibility can be done.



A set of indicators has been defined to assess both the state of heat demand and RES heat supply potentials in the federal state of Baden-Württemberg with a focus on the Neckar-Alb region with its three administrative districts (Tübingen, Reutlingen and Zollernalbkreis). On the demand side, population density and settlement structure, climatic conditions, heat demand and forecasted development as well as the present heat supply (technologies and energy carriers) are evaluated. The potential for heat supply is assessed based on different RES and conversion technologies: Wood energy (estimation of regionally available biomass), solar thermal energy, geothermal energy (direct use or in combination with heat pumps) and waste heat (direct use or in combination with heat pumps).

6.2. Results and conclusion

The assessed RES and conversion technologies are all available on the market. Especially wood and solar thermal energy are already in use, mostly on a household scale. Especially for new buildings, heat pumps are often used to harness environmental heat sources (e.g. near-surface geothermal energy). However, a more centralised heat production with distribution through a DH grid allows much higher efficiencies.

Heat demand and present heat supply infrastructure

The heat demand of buildings heavily relies on the type of the building (single family home or multiple dwelling) and the age of the building (efficiency requirements based on the year of construction). A successive reduction of the heat demand in the building sector due to modernization and the addition of new buildings fulfilling high efficiency requirements is restrained through rebound effects: While the specific heat demand [$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$] is declining, the living space per capita steadily increases. Therefore, the total heat demand per capita diminishes only slightly. An estimation based on data from the *Reutlingen* and *Zollernalb* districts leads to an assumed heat consumption of 9,5 TWh in the Neckar-Alb region per year. By the year 2050, this is projected to decline by 20 % to 7,5 TWh/a. The current heat supply relies heavily on fossil fuels (75 % in average). In the Neckar-Alb region, 63 % of the municipalities are connected to the natural gas grid. In off-grid towns and villages, oil-fired systems are the predominant source of heating, complemented mostly by biomass. Based in the present data, municipalities where no competing grid bounded infrastructure is established can be identified. Those represent an interesting



entry point for the development of renewable DH. The estimated heat demand can be met with a combined use of different renewable resources:

Wood energy

- Forests in Baden-Württemberg show a record high of wood reserves; in total, the annual wood growth exceeds the use
- Fuel wood potential from sustainable forestry is available for three times as much use as today (14.000 TJ or 3,9 TWh per year).
- Based on the regionally available fuel wood potential, the installed capacity of wood-fired heat (or heat and power) stations could be tripled
- Synergies with climate friendly timber use as a building material, regional value creation as well as forest management measures can be reached

Solar thermal

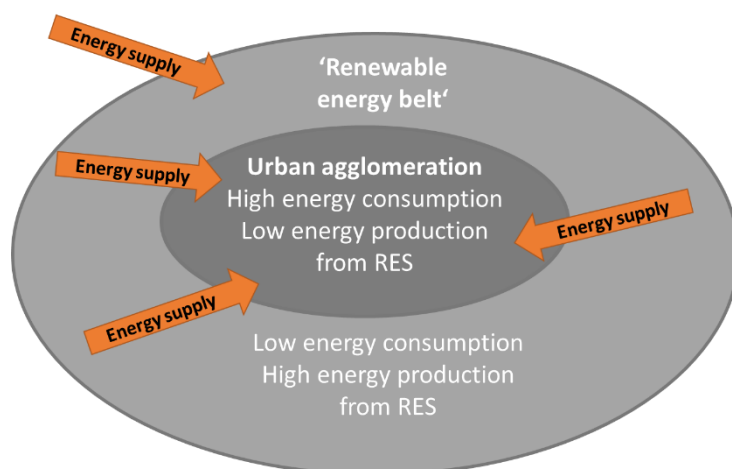
- In order to cover 15 % of the region's district heating demand with solar thermal energy, 800.000 m² (80 ha) of land area or 400.000 m² collector area are required.
- For higher coverage, further systems with larger collector areas and seasonal heat storage are required.
- It is difficult to estimate a realistically usable land potential, as in Germany every open space is usually overplanned and different interest groups claim the available areas.
- Various municipalities in the Neckar-Alb region have a high potential for the implementation of large-scale solar thermal systems on old landfill sites.

Geothermal

- Near-surface (< 400 m depth):
 - Potentials depend on available areas and/or drilling depths.
 - Responsibilities are bundled at the Federal State Office for Geology Resources and Mining (LGRB) that offers comprehensive information.
 - Regulatory restrictions in the Tübingen district due to sensitive geological conditions.
- Deep geothermal energy (1.000 - 3.000 m depth):
 - Risky and cost-intensive project development.
 - Favourable conditions with thermal springs in the Reutlingen district (Bad Urach), recent developments to exploit hot aquifers.

Waste heat

- Direct use (e.g. industrial waste heat)
 - Industrial waste heat can cover ca. 9 - 15 % of total energy consumption within the industry sector (estimation for Baden-Württemberg).
 - Pilot scale developments to utilize waste heat of a cement plant in the Zollernalb district.
 - Further potential from regional biogas plants.
- Indirect use (focus wastewater heat)
 - Municipal sewers offer a stable (low temperature) heat supply.
 - Theoretical potential of 50,5 GWh/a from wastewater heat.
 - Power usage of heat pumps has to be taken into account.
 - Initial consultations have already been carried out in four municipalities (response rather low).



The Neckar-Alb region has both urban and rural areas that show differences in renewable heat potential. While the available land space, e.g. for the use of solar thermal energy is lower in urban agglomerations, 'energy imports' from rural areas can compensate this shortage. In total, a heat supply based in regionally available and renewable sources increases value creation and independence from fossil energy sources.