

# STRATEGISCHE WÄRMENETZPLANUNG

ABSCHLUSSBERICHT

## Zusammenfassung

Im Rahmen der strategischen Wärmenetzplanung sind durch die Stadtwerke Konstanz GmbH Stadtgebiete identifiziert worden, welche sich für den Aufbau von erneuerbar betriebenen Wärmenetzen besonders gut eignen. Grundlage der Untersuchung bildet die Bestandsaufnahme von gebäude- und straßenspezifischen Wärmebedarfen des von der Stadt Konstanz erstellten Energienutzungsplans.

Angelehnt an die Methodik aus dem Handlungsleitfaden kommunale Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg wurden Gebiete hinsichtlich verschiedener Kriterien für deren Eignung zum Aufbau von Wärmenetzen bewertet. Einflussgrößen sind beispielsweise die Wärmebedarfsdichte, gebietsspezifische Rohrleitungs- und Tiefbaukosten, Potenziale erneuerbarer Energien, potenzielle Ankerkunden und die Gebäudestruktur hinsichtlich dem Verhältnis von Geschosswohnungsbauten zu Ein-/Zweifamilienhäusern.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Gebiete in unmittelbarer Nähe des Klärwerks eignen, entlang des Seerheins und dem Konstanzer Trichter, sowie große Teile des linksrheinischen Teils von Konstanz.

<b>I</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	S. 5
<b>II</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	S. 6
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	S. 7
<b>2</b>	<b>Energieplanungen anderer Städte</b> .....	S. 8
<b>3</b>	<b>Status quo der Wärmeversorgung in Konstanz</b> .....	S. 9
<b>4</b>	<b>Erneuerbare Wärmeversorgungsmöglichkeiten</b> .....	S. 10
4.1	Erneuerbare Wärmenetze .....	S. 10
4.2	Synthetisch hergestellte erneuerbare Gase .....	S. 10
4.3	Dezentrale erneuerbare Lösungen .....	S. 11
<b>5</b>	<b>Methodisches Vorgehen</b> .....	S. 12
<b>6</b>	<b>Zonierung</b> .....	S. 13
<b>7</b>	<b>Erneuerbare Energieressourcen</b> .....	S. 14
7.1	Bodenseewasser .....	S. 15
7.2	Seerhein .....	S. 15
7.3	Abwasser .....	S. 15
7.3.1	Thermische Nutzung der Abwasserkanäle .....	S. 15
7.3.2	Thermische Nutzung des geklärten Wassers nach der Kläranlage ..	S. 16
7.4	Industrielle Abwärme .....	S. 17
7.5	Solarthermie .....	S. 17
7.6	Biomasse .....	S. 18
7.7	Kehrrichtverbrennungsanlage Thurgau .....	S. 18
7.8	Tiefengeothermie .....	S. 18
<b>8</b>	<b>Wärmeverteilungskosten</b> .....	S. 19
<b>9</b>	<b>Ankerkunden</b> .....	S. 21
<b>10</b>	<b>Gebäudestruktur</b> .....	S. 22
<b>11</b>	<b>Bewertung der verschiedenen Kriterien</b> .....	S. 23
11.1	Erneuerbare Energieressourcen .....	S. 23
11.2	Wärmeverteilungskosten .....	S. 25
11.3	Ankerkunden .....	S. 29
11.4	Gebäudestruktur .....	S. 31
<b>12</b>	<b>Gewichtung der Bewertungskriterien</b> .....	S. 34
<b>13</b>	<b>Durchführung einer Nutzwertanalyse</b> .....	S. 35

<b>14 Sensitivitätsanalyse</b> .....	S. 40
14.1 Gewichtung der Kriterien .....	S. 40
14.2 Verringerung des Wärmebedarfs .....	S. 40
<b>15 Alternativlosigkeit von Gebieten</b> .....	S. 40
<b>16 Ergebnisse</b> .....	S. 44
<b>17 Diskussion und Handlungsempfehlungen</b> .....	S. 45
17.1 Datengrundlage Energienutzungsplan 2018 .....	S. 45
17.2 Wirtschaftlichkeit und Wärmepreise .....	S. 45
17.3 Alternativlosigkeit von Gebieten .....	S. 45
17.4 Klärung der Potenziale von Konstanzer Trichter und Seerhein .....	S. 45
17.5 Klärung zum Umgang mit Abwärme aus der KVA Thurgau .....	S. 46
17.6 Bioenergiedörfer in den Vororten .....	S. 46
17.7 Energieplanung als Teil der Stadtplanung .....	S. 46
17.8 Kältebedarfe .....	S. 47
17.9 Absenkpfad für Wärmebedarfe .....	S. 47
17.10 Quaggamuschel .....	S. 47
<b>18 Fazit</b> .....	S. 48

Abbildung 1: <b>Energieplankarte der Stadt Zürich</b> Tabellenverzeichnis .....	S. 8
Abbildung 2: <b>Wärmebedarf nach Sektoren 2017</b> .....	S. 9
Abbildung 3: <b>Zonierung der Stadt Konstanz</b> .....	S. 13
Abbildung 4: <b>Erneuerbare Energiepotenziale urbaner Bereich</b> .....	S. 14
Abbildung 5: <b>Erneuerbare Energiepotenziale Vororte</b> .....	S. 14
Abbildung 6: <b>Thermisch nutzbare Abwasserkanäles</b> .....	S. 16
Abbildung 7: <b>Temperaturmessung in der Biologie der Kläranlage</b> .....	S. 17
Abbildung 8: <b>Wärmedichten in Konstanz</b> .....	S. 19
Abbildung 9: <b>Bewertung der Zonen im Stadtgebiet gemäß der Verfügbarkeit von erneuerbaren Energieressourcen und Abwärme</b> .....	S. 24
Abbildung 10: <b>Bewertung der Vororte gemäß der Verfügbarkeit Erneuerbarer Energieressourcen</b> .....	S. 25
Abbildung 11: <b>Wärmeverteilungskosten je Zone im Stadtgebiet Konstanz</b> .....	S. 28
Abbildung 12: <b>Wärmeverteilungskosten je Zone in den Vororten von Konstanz</b> .....	S. 29
Abbildung 13: <b>Ergebnis Bewertungskriterium Ankerkunden je Zone im Stadtgebiet</b> .....	S. 30
Abbildung 14: <b>Ergebnis Bewertungskriterium Ankerkunden je Zone in den Vororten</b> .....	S. 31
Abbildung 15: <b>Ergebnis Bewertungskriterium Gebäudestruktur im Stadtgebiet</b> .....	S. 32
Abbildung 16: <b>Ergebnis Bewertungskriterium Gebäudestruktur in den Vororten</b> .....	S. 33
Abbildung 17: <b>Grafisches Ergebnis der Nutzwertanalyse im Stadtgebiet</b> .....	S. 38
Abbildung 18: <b>Grafisches Ergebnis der Nutzwertanalyse für die Vororte</b> .....	S. 38
Abbildung 19: <b>Auswirkung einer Absenkung des Wärmebedarfs je Zone auf die Wärmeverteilungskosten</b> .....	S. 41
Abbildung 20: <b>Auszug aus der Wärmepumpenampel des FfE</b> .....	S. 43
Abbildung 21: <b>Im Fokus stehende Projektentwicklungsgebiete für erneuerbare Wärmenetze</b> .....	S. 44

Tabelle 1: <b>Energiemix der Wärmeversorgung</b> .....	S. 9
Tabelle 2: <b>Bewertungsmatrix Erneuerbare Potenziale und Abwärmepotenziale</b> ....	S. 23
Tabelle 3: <b>Datenbasis für die Wärmeverteilungskosten</b> .....	S. 26
Tabelle 4: <b>Bewertungsmatrix Ankerkunden</b> .....	S. 30
Tabelle 5: <b>Bewertungsmatrix Gebäudestruktur</b> .....	S. 32
Tabelle 6: <b>Gewichtung der Bewertungskriterien</b> .....	S. 34
Tabelle 7: <b>Bewertungsmatrix grafische Ergebnisse Nutzwertanalyse</b> .....	S. 35
Tabelle 8: <b>Ergebnis der Nutzwertanalyse</b> .....	S. 36
Tabelle 9: <b>Sensitivitätsanalyse</b> .....	S. 40

Vor dem Hintergrund der Klimakrise und den weltpolitischen Geschehnissen ist eine Abkehr von fossilen Energieträgern notwendig. Im Strombereich wurden in den letzten Jahrzehnten bereits erneuerbare Kraftwerke gebaut, sodass der erneuerbare Anteil an der Stromerzeugung 2021 bei 41 % lag. In den Bereichen Wärme und Verkehr ist für die letzten Jahrzehnte keine solch positive Entwicklung zu verzeichnen. Im Wärmesektor betrug der erneuerbare Anteil bundesweit 2021 lediglich 16,2 %.<sup>1</sup>

Mit dem Energienutzungsplan aus dem Jahr 2018 hat die Stadt Konstanz den Grundstein dafür gelegt, eine strategische Wärmenetzplanung anzustoßen. Neben einem Zielszenario für eine klimaneutrale Stadt wurde im Zuge der Erstellung des Energienutzungsplans auch eine kartografische Erarbeitung jeglicher Strom- und Gasverbräuche in der Stadt erarbeitet, um Rückschlüsse auf den Wärmebedarf einzelner Stadtviertel und Straßenzüge zu ziehen. Solch eine kartenbasierte Aufarbeitung ist unabdingbar dafür, großflächig neue Infrastrukturen für die Wärmeversorgung zu planen.

Der Aufbau von erneuerbar betriebenen Wärmenetzen und die Transformationen von aktuell fossil betriebenen Wärmenetzen hin zu erneuerbaren Wärmenetzen ist eine große Aufgabe mit der sich aktuell eine Vielzahl von Forschungseinrichtungen, Verbänden und Stadtwerken beschäftigen.

Wärmenetze sind ein wichtiger Baustein der Wärmewende, um Gebäude perspektivisch mit erneuerbarer Energie für Raumwärme und Brauchwarmwasser zu versorgen. Aber auch der Bau von Wärmenetzen hat seine Grenzen. Diese können beispielsweise technische und auch wirtschaftliche Gründe haben. Wärmenetze haben einen viel größeren Platzbedarf als die bestehenden Gas- und Stromnetze. Darüber hinaus ist der Aufbau dieser neuen Infrastruktur mit enormen Investitionen verbunden. In der Vergangenheit wurde Fernwärme häufig aus Großkraftwerken ausgekoppelt, welche beispielsweise auf Basis von Kohle, Strom und Wärme erzeugen. Der Strom wird in das Stromnetz eingespeist. Die Wärme wird mittels Wärmenetzen in der Stadt verteilt.<sup>2</sup>

In Konstanz bestehen keine großen Heizkraftwerke, welche wie in deutschen Großstädten in der Vergangenheit bereits große Gebiete mit Wärme versorgt haben. Bestehende Wärmenetze begrenzen sich auf den Zusammenschluss mehrerer Gebäude, wobei oftmals erdgasbetriebene Blockheizkraftwerke zum Einsatz kommen. Erneuerbar betriebene Wärmenetze benötigen hingegen erneuerbare Energiequellen wie bspw. Bodenseewasser, Abwasser, Luft oder Abwärme.

Die Stadtwerke Konstanz haben für die Stadt Konstanz erarbeitet, auf welche Gebiete in der Stadt der Fokus beim Aufbau von erneuerbar betriebenen Wärmenetzen gelegt werden soll. Die Grundlagen dafür und die Ergebnisse sind im Folgenden erläutert und dargelegt. Jegliche Aussagen beziehen sich auf Bestandsgebäude und nicht auf Neubaugebiete, da solche ohnehin mit erneuerbaren Versorgungslösungen geplant werden sollten.

.....  
<sup>1</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick> (Abruf 16.12.2022)

<sup>2</sup> <https://powerplants.vattenfall.com/de/moabit/> (Abruf 16.12.2022)

## 2 Energieplanungen anderer Städte

Die Energieplanungen anderer Städte, wie beispielsweise Zürich und Basel, zeigen eine gute Möglichkeit auf, um einen Versorgungskompass für die Wärme zu erstellen. Die Energieplanungen beider Städte zeigen zum aktuellen Stand, dass es Gebiete gibt, welche mit Wärmenetzen erschlossen werden sollen und auch dass es Gebiete gibt, für welche nach heutigem Stand kein Ausbau von Wärmenetzen geplant ist.<sup>3</sup>

In Abbildung 1 ist für die Stadt Zürich zu sehen, dass Gebiete in Ufernähe mit Seewasserwärme aus dem Zürichsee versorgt werden sollen. Gebiete rund um die Kläranlage sind wiederum mit dem energetischen Potenzial des Abwassers verknüpft. Zum Einsatz soll auch Abwärme aus der Kehrichtverbrennungsanlage kommen und auch eine thermische Nutzung des Grundwassers ist vorgesehen. Die Karte zeigt zudem, dass es Gebiete gibt, deren Wärmeversorgung auf dezentralen Lösungen basieren soll. In diesen ist demnach kein Ausbau von Wärmenetzen geplant.

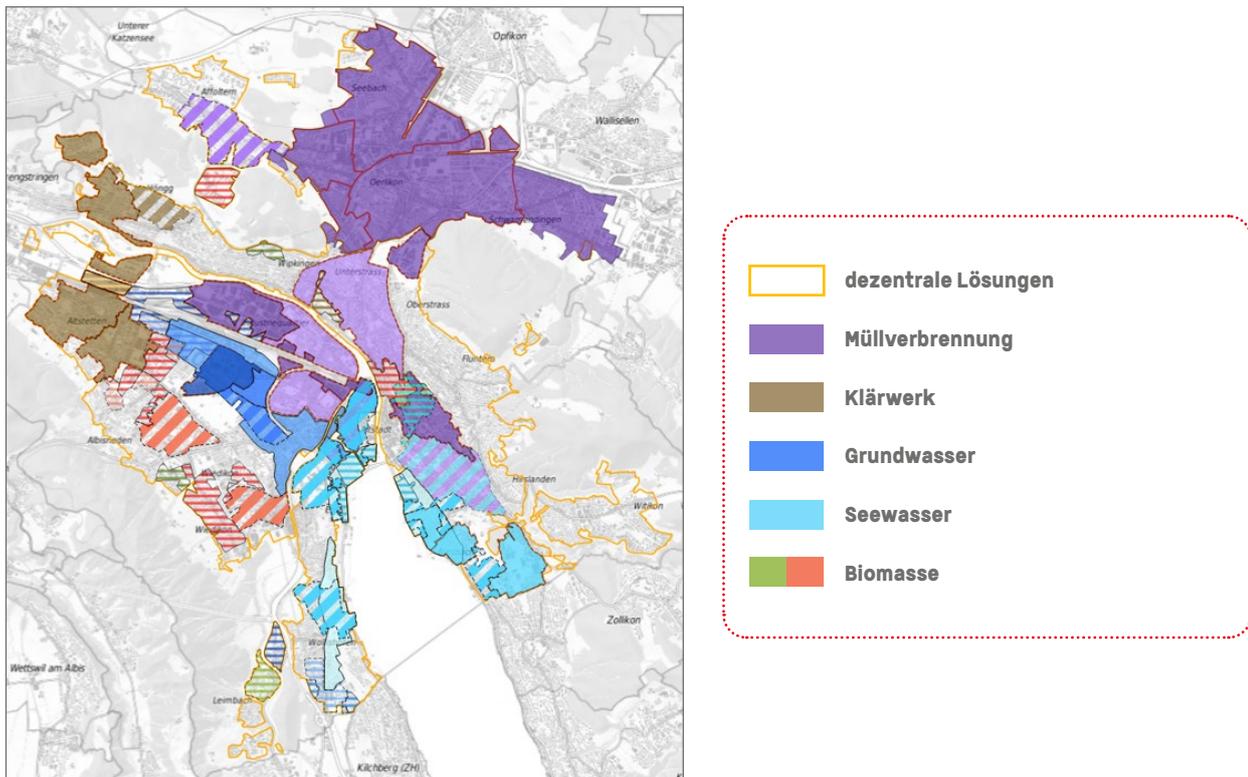


Abbildung 1: Energieplankarte der Stadt Zürich<sup>4</sup>

<sup>3</sup> <https://www.stadt-zuerich.ch/energis/frontend/>; <https://www.iwb.ch/Fuer-Zuhause/Waerme/Waermeloesungen-Basel-Stadt.html> (Abruf 16.12.2022)

<sup>4</sup> Quelle: eigene Darstellung nach <https://www.stadt-zuerich.ch/energis/frontend/>

### 3 Status quo der Wärmeversorgung in Konstanz

Insgesamt beträgt der Wärmebedarf in Konstanz ca. 820 GWh. Gemäß Energienutzungsplan werden 74 % der benötigten Wärme in Konstanz im Wohnbereich benötigt. Im Stadtgebiet von Konstanz dominiert dabei Erdgas als Energieträger mit 60 %, an zweiter Stelle steht Erdöl mit 21 %. In den Konstanzer Vororten<sup>5</sup> tragen Erdgas und Erdöl mit jeweils 41 % zu gleichen Teilen zur Wärmeversorgung bei. 90 % der in Konstanz benötigten Wärme wird im Gebiet der Kernstadt verbraucht, 10 % entfallen auf die Konstanzer Vororte.<sup>6</sup>

**Wärmebedarf nach Sektoren**

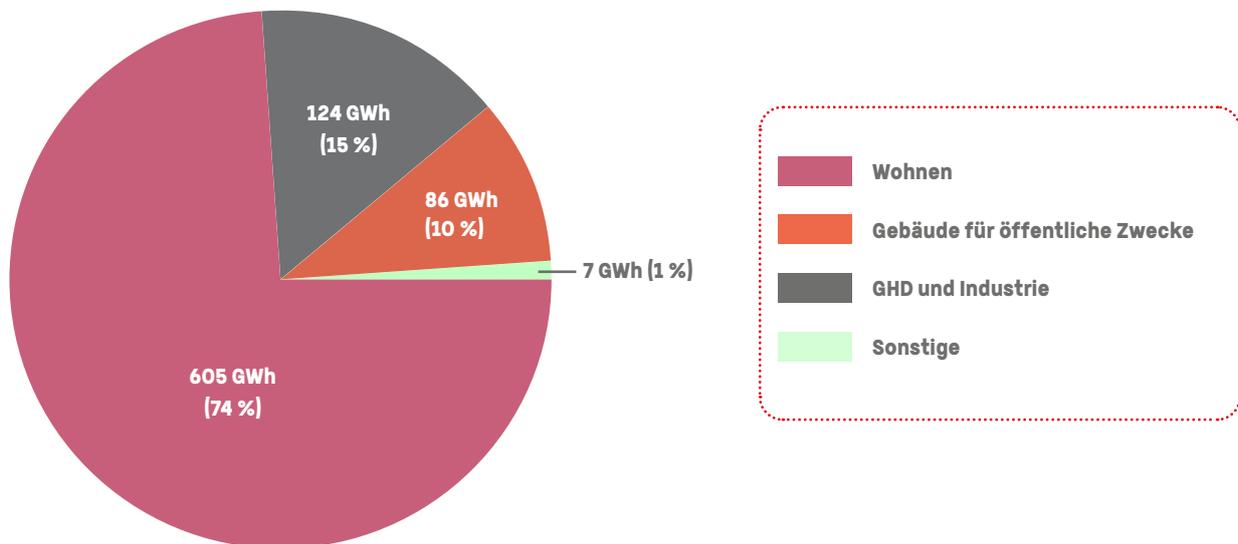


Abbildung 2: Wärmebedarf nach Sektoren 2017

Energieträger	Stadtgebiet	Vororte
Gas	60 %	41 %
Öl	21 %	41 %
Strom	2 %	5 %
Pellets	2 %	5 %
Hackschnitzel	5 %	9 %
Nahwärme	10 %	0 %

Tabelle 1: Energiemix der Wärmeversorgung

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, basiert der Großteil der Konstanzer Wärmeversorgung auf den Energieträgern Erdöl und Erdgas. Im Folgenden soll erläutert werden, welche gängigen technischen Möglichkeiten es für die Bereitstellung von erneuerbarer Wärme und Abwärme gibt.

<sup>5</sup> Im Folgenden werden als Vororte Litzelstetten, Dingelsdorf, Wallhausen und Dettingen bezeichnet

<sup>6</sup> [https://www.konstanz.de/leben+in+konstanz/umwelt/klima+\\_+energie/energienutzungsplan](https://www.konstanz.de/leben+in+konstanz/umwelt/klima+_+energie/energienutzungsplan) (Abruf 16.12.2022)

### 4.1 ERNEUERBARE WÄRMENETZE

Ein Wärmenetz ist einfach gesagt lediglich ein Heizungsrohr, welches in der Straße verlegt und mit Wasser durchflossen wird. Ein Wärmenetz selbst ist an sich kein erneuerbarer Energieträger und wer an ein Wärmenetz angeschlossen ist, wird nicht zwangsweise mit erneuerbarer Wärme versorgt. Ausschlaggebend dafür ist, wie die Wärme für das Wärmenetz erzeugt bzw. bereitgestellt wird. Ein Wärmenetz ist nur dann erneuerbar, wenn die darin transportierte Wärme mittels erneuerbarer Energien erzeugt wurde.

Stand heute werden erneuerbare Wärmenetze z.B. mit Wärme aus der Tiefengeothermie betrieben, wie es in München der Fall ist.<sup>7</sup> Neben tiefengeothermischen Anlagen können auch Solarthermieanlagen, Biomasse und Großwärmepumpen zur Wärmeerzeugung in Betracht gezogen werden. Großwärmepumpen benötigen immer eine Umweltenergiequelle wie Oberflächenwasser, Grundwasser, Luft, Abwasser oder Erdwärme. Während Tiefengeothermie, Solarthermie und Biomasse ohne Stromeinsatz (mit Ausnahme der Tauchpumpe für die Tiefengeothermie) Wärme erzeugen können, sind Großwärmepumpen mit Umweltenergiequellen auf den Einsatz von zusätzlichem Strom angewiesen. Wärmepumpen erzeugen nur dann erneuerbare Wärme, wenn der eingesetzte Strom aus erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen, wie Windkraft und Photovoltaik, stammt. Wärmenetze können auch als sogenannte „kalte Nahwärmenetze“ betrieben werden. In diesem Fall wird in den Wärmenetzen lediglich die Umweltenergie transportiert (wie bspw. Wasser mit der Temperatur des Bodenseewassers oder des Erdreichs). Mittels dezentraler Wärmepumpen in den einzelnen Gebäuden wird das Temperaturniveau der Umweltenergiequelle vor Ort angehoben, um Trinkwasser zu erwärmen und Raumwärme bereitzustellen.

Unabhängig davon, ob dezentrale Wärmepumpen oder Großwärmepumpen zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden, ist bei der Planung beider Konzepte die Stromnetzebene mit einzubeziehen. Das Stromnetz muss in der Lage sein, einen flächendeckenden Einsatz von Wärmepumpen zu ermöglichen. Sowohl ausreichend Strommengen als auch ausreichende Übertragungskapazitäten müssen vorhanden sein. Während die Erzeugung von erneuerbarem Strom eine überregionale Bedeutung hat, müssen die lokalen Übertragungskapazitäten des Stromnetzes vor Ort vom Netzbetreiber, den Stadtwerken Konstanz, geplant werden.

Während bei Gasnetzen lediglich eine Zuleitung notwendig ist, wird bei Wärmenetzen stets eine Zu- und Rückleitung benötigt, auch Vor- und Rücklauf genannt. In Abhängigkeit des Temperaturniveaus des Vorlaufs spricht man von heißen und kalten Wärmenetzen.<sup>8,9</sup>

### 4.2 SYNTHETISCH HERGESTELLTE ERNEUERBARE GASE

Wasserstoff ist in aller Munde und wird seitens der Europäischen Union und der Bundesregierung für die Umsetzung der Energiewende als mögliche Energiequelle verfolgt. Wasserstoff wird durch die Spaltung von Wasser in dessen Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff erzeugt. Für das Verfahren wird Strom benötigt und sofern dieser Strom aus erneuerbaren Energien stammt, ist die Rede von grünem Wasserstoff.<sup>10,11</sup> Wird grüner Wasserstoff wiederum mit Kohlenstoff angereichert, können synthetische erneuerbare Gase und Kraftstoffe hergestellt werden. Sowohl Wasserstoff als auch synthetische erneuerbare Gase können zur Wärmebereitstellung genutzt werden. Nach heutigem Stand wird Wasserstoff kurz- und mittelfristig nicht für die Bereitstellung von Raumwärme und Trinkwarmwasser zur Verfügung stehen. Die Gründe sind unterschiedlich. Zum einen soll Wasserstoff primär in den schwer zu defossilisierenden Bereichen angewandt werden, wie z.B. in der Schifffahrt, dem Schwertransport und Teilen der Industrie. Abgesehen von größeren technischen und wirtschaftlichen Hürden beim großflächigen Einsatz von Wasserstoff in der

7 Praxisbuch der Fernwärmeversorgung, Panos Konstantin (2018)

8 [https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user\\_upload/Waermewende/Leitfaden\\_Kalte\\_Nahwaerme.pdf](https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Leitfaden_Kalte_Nahwaerme.pdf)

9 [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/fs\\_20\\_1296](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/fs_20_1296) (Abruf 16.12.2022)

10 [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/fs\\_20\\_1296](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/fs_20_1296) (Abruf 16.12.2022)

11 [https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/energiewende-und-nachhaltiges-wirtschaften/nationale-wasserstoffstrategie/nationale-wasserstoffstrategie\\_node.html](https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/energiewende-und-nachhaltiges-wirtschaften/nationale-wasserstoffstrategie/nationale-wasserstoffstrategie_node.html) (Abruf 16.12.2022)

## 4 Erneuerbare Wärmeversorgungsmöglichkeiten

Wärmeversorgung besteht auch noch kein groß ausgebauter Markt für Wasserstoff und damit auch nicht die Möglichkeit für Stadtwerke, bestehende Gasnetze auf Wasserstoff oder erneuerbare synthetische Gase umzustellen.<sup>12,13</sup>

Eine weitere wesentliche Rolle spielt in der Betrachtung die Effizienz: Sowohl Wärmepumpen als auch Wasserstoff benötigen für die Wärmebereitstellung Strom. Ein erheblicher Unterschied besteht darin, wieviel Strom für die Wärmebereitstellung benötigt wird. Während Wärmepumpen in Abhängigkeit der Umweltenergiequelle aus einer Kilowattstunde Strom 2 bis 6 Kilowattstunden Wärme produzieren können, kann bei der Verbrennung von einer Kilowattstunde synthetischen Gases maximal eine Kilowattstunde Wärme entstehen. Es wird davon ausgegangen, dass der erneuerbare Strombedarf für die Bereitstellung von Wärme aus synthetischen, erneuerbaren Gasen fünf bis sechs Mal so hoch ist wie beim Einsatz von Wärmepumpen.<sup>14</sup>

### 4.3 DEZENTRALE ERNEUERBARE LÖSUNGEN

Auf dezentraler Ebene können Wärmepumpen und Biomasse für die Wärmeversorgung von Gebäuden genutzt werden. Wärmepumpen können dabei die Luft, das Grundwasser oder die Erdwärme als Umweltenergiequelle nutzen. Alle Lösungen hängen von verschiedenen technischen Rahmenbedingungen ab.

.....  
<sup>12</sup> <https://www.iee.fraunhofer.de/en/presse-infothek/press-media/overview/2020/Hydrogen-and-Heat-in-Buildings.html>  
(Abruf 16.12.2022)

<sup>13</sup> [https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021\\_02\\_EU\\_H2Grid/A-EW\\_203\\_No-regret-hydrogen\\_WEB.pdf](https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_02_EU_H2Grid/A-EW_203_No-regret-hydrogen_WEB.pdf)  
(Abruf 16.12.2022)

<sup>14</sup> Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem: Fokus Gebäudewärme - Fraunhofer IEE (2020) (Abruf 16.12.2022)

## 5 Methodisches Vorgehen

Zur Identifizierung von Gebieten, welche prioritär mit Wärmenetzen zu erschließen sind, erfolgte eine Orientierung an der Methodik des Handlungsleitfadens kommunale Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH.<sup>15</sup> Die darin angesetzte Methode wurde aufgegriffen, angepasst und folgenderweise angewendet.

1. Zonierung der Stadt in Teilgebiete
2. Definition von Bewertungskriterien
  - a. verfügbare erneuerbare Energieressourcen
  - b. Wärmeverteilungskosten basierend auf der Wärmedichte
  - c. Ankerkunden
  - d. Gebäudestruktur
3. Bewertung der verschiedenen Kriterien
4. Gewichtung der Kriterien
5. Durchführung einer Nutzwertanalyse
6. Sensitivitätsanalyse

.....  
<sup>15</sup> <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/presse-service/publikation/did/handlungsleitfaden-kommunale-waermeplanung/>  
(Abruf 16.12.2022)

## 6 Zonierung

Die Zonierung in Teilgebiete ermöglicht eine Bewertung und Priorisierung einzelner Gebiete. Die Zonierung erfolgte unter Berücksichtigung von Hauptstraßen, homogener Bebauung und bestehenden Stadtvierteln. Ein Herausstechen eines einzelnen Gebietes bei der Bewertung bedeutet nicht, dass nicht über die Zonengrenzen hinweg gedacht werden kann. Konkrete Überlegungen zum Verlauf von Wärmenetzen erfolgen in der Detailplanung. Wärmenetze können daher auch über Zonen der vorliegenden Gesamtanalyse hinausgehen oder nur Teilbereiche einer geeigneten Zone betreffen.

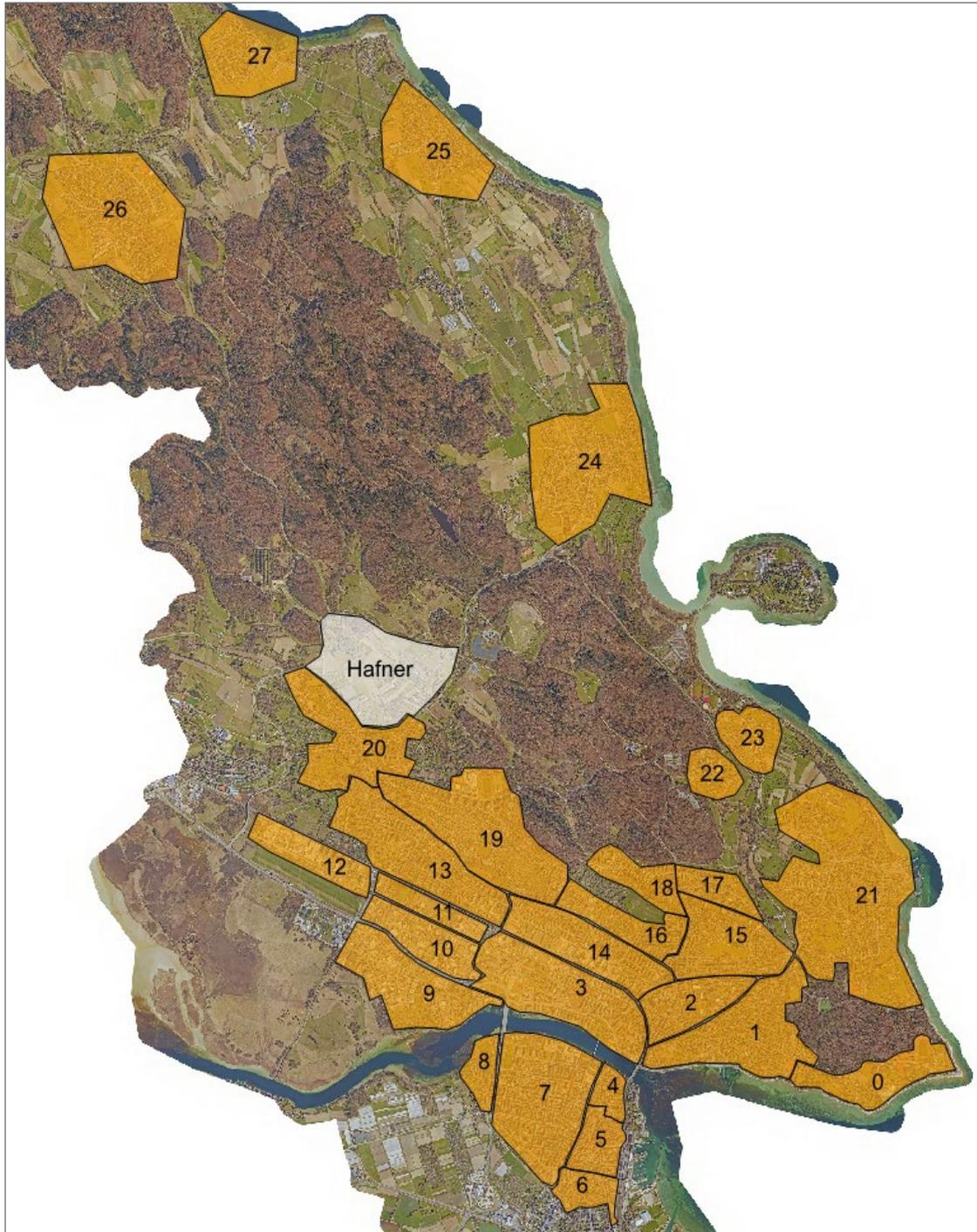


Abbildung 3: Zonierung der Stadt Konstanz

# 7 Erneuerbare Energieressourcen

Großflächige Wärmenetze sind davon abhängig, dass eine große Menge an Energie für eine Vielzahl an Gebäuden zur Bereitstellung von Wärme verfügbar ist. Um Wärmenetze zu betreiben, werden demnach große Energiequellen benötigt. In den folgenden Kartenausschnitten sind mögliche Energiequellen für den Betrieb von Wärmenetzen dargestellt.

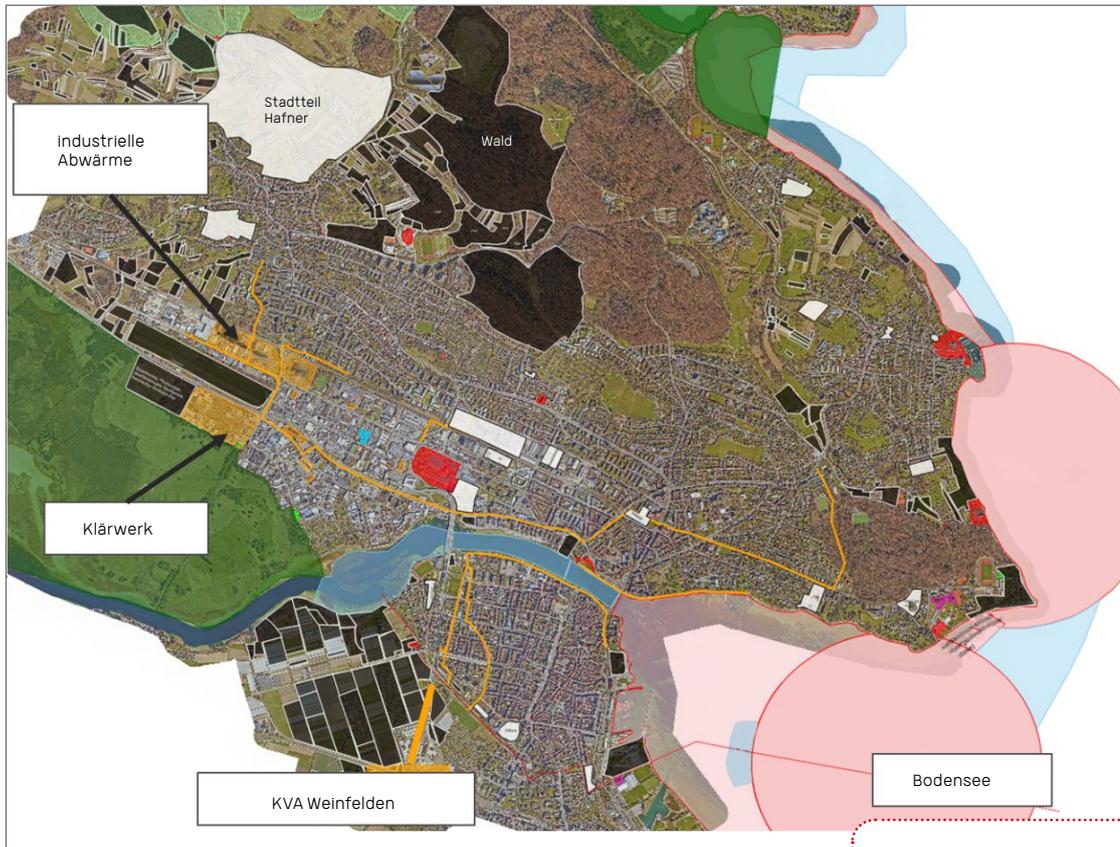


Abbildung 4: Erneuerbare Energiepotenziale urbaner Bereich

- Freiflächen zur Energiegewinnung
- Seewasserwärme
- Sperrgebiet / vertiefte Prüfungen gemäß Bodenseerichtlinie
- nutzbarer Abwasserkanal
- Neuaugieiete
- Standorte/Flächen Stadtwerke Konstanz
- Naturschutzgebiet

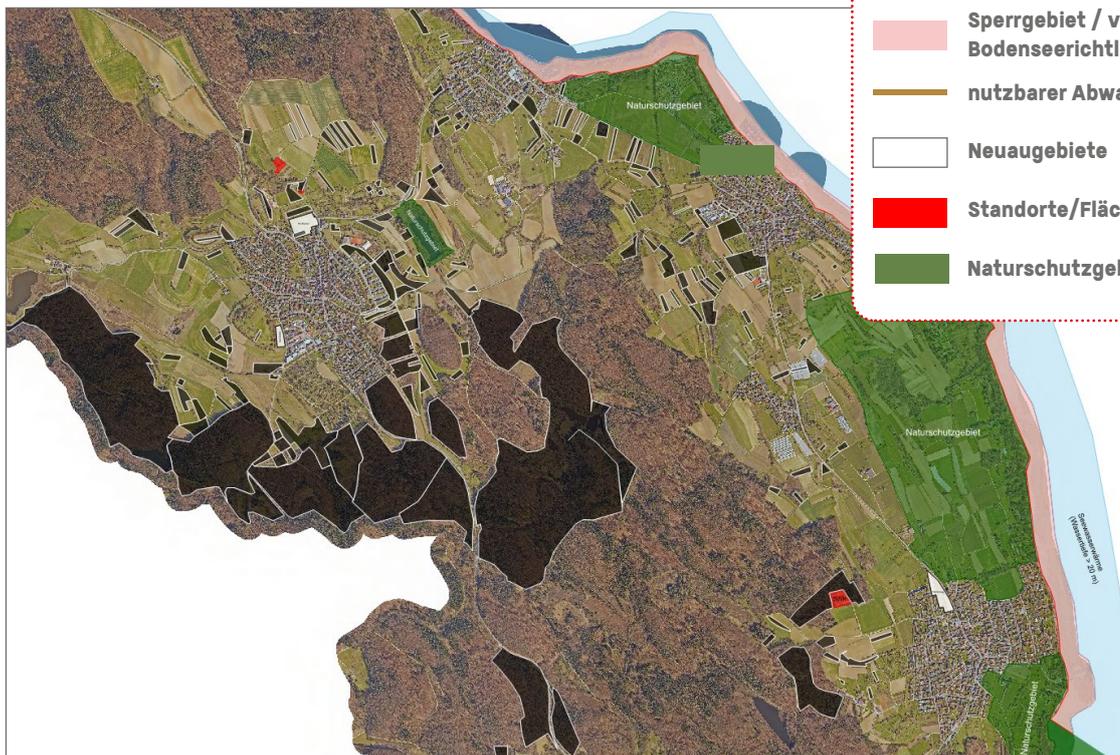


Abbildung 5: Erneuerbare Energiepotenziale Vororte

Als Energiequellen für Großwärmepumpen kommen für Wärmenetze der Bodensee, der Seerhein, der Abwasserkanal und das Klärwerk in Frage. Im Industriegebiet besteht darüber hinaus die Möglichkeit, Abwärme aus Industrieprozessen auszukoppeln. Die Müllverbrennungsanlage in Weinfelden bietet ein weiteres Abwärmepotenzial für den Betrieb von Wärmenetzen. Die Nutzung des Grundwassers als Energiequelle, wie es in Zürich praktiziert wird, ist in Konstanz aufgrund der geringen Ergiebigkeit und des Schluckvermögens des Bodens nicht möglich.

Im Folgenden wird auf die verschiedenen Energiequellen im Detail eingegangen.

### 7.1 BODENSEEWASSER

Das Bodenseewasser darf gemäß der Bodenseerichtlinie, welche die Internationale Gewässerschutzkommission aufgesetzt hat, für thermische Zwecke genutzt werden.<sup>16</sup> Dabei sind verschiedene Restriktionen zu beachten. Eine thermische Nutzung zur Bereitstellung von Wärme (= Abkühlung des Bodensees) ist gegenüber einer Nutzung zur Bereitstellung von Kälte (= Erwärmung des Bodensees) vorzuziehen. Grund ist, dass eine Abkühlung des Gewässers - wenn nicht sogar begrüßenswert - zumindest weitaus unproblematischer ist, als eine zusätzliche Erwärmung des Sees.

Eine der Vorgaben der Bodenseerichtlinie ist, dass thermisch genutztes Wasser in einer Tiefe von 20 - 40 m zurückgeführt werden muss. Aufgrund dieser Regelung ist der Konstanzer Trichter weitestgehend von der thermischen Nutzung ausgeschlossen.<sup>17</sup> Wasserentnahmen für die Wärmeversorgung anliegender Gebiete müssten demnach weiter im See platziert werden, damit eine Rückführung in mehr als 20 m Tiefe möglich ist.

Eine weitere Restriktion der thermischen Nutzung des Bodenseewassers ist der einzuhaltende Abstand zu Trinkwasserentnahmestationen. Aufgrund dieser Regelung ergeben sich aufgrund der Trinkwasserentnahmestationen der Städte Konstanz und Kreuzlingen weitere Gebiete welche für eine thermische Nutzung vertieften Prüfungen unterzogen werden müssen.

Die Sperrgebiete sind in Abbildung 4 und Abbildung 5 zu sehen.

### 7.2 SEERHEIN

Das thermische Potenzial des Seerheins ist derzeit ungeklärt. Aufgrund der unterschiedlichen Art des Gewässers sind die Regelungen der Bodenseerichtlinie nur bedingt umsetzbar. Die Bodenseerichtlinie bezieht sich allerdings nur auf den Obersee und nicht auf den Seerhein und den Untersee. Daher kann auch abweichend der Regelungen der Bodenseerichtlinie eine thermische Nutzung des Seerheins realisiert werden. Die thermische Nutzung von Flüssen ist nach heutigem Stand noch kein gängiges Konzept. Die Stadt Mannheim wird perspektivisch den Rhein thermisch nutzen<sup>18</sup> und auch die Stadt Hamburg plant den Einsatz großer Flusswasserwärmepumpen.<sup>19</sup> Selbstverständlich sind die Durchflussmengen des Seerheins zwischen Rheinbrücke und Schänzlebrücke nicht mit den Größenordnungen des Rheins in Mannheim und der Elbe in Hamburg zu vergleichen. Dennoch empfiehlt es sich auch für Konstanz, das thermische Potenzial des Seerheins zu ermitteln, wie es die Stadt Basel bereits vorgemacht hat.<sup>20</sup> Das technisch nutzbare Potenzial hängt beispielsweise von der Durchflussmenge im Winter und auch von etwaigen Kurzschlussströmungen ab, welche beim Bau mehrerer Entnahme- und Rückgabelleitungen auftreten können. Ohne Grundlagenermittlung zum thermischen Potenzial des Seerheins kann keine verlässliche Aussage darüber getroffen werden, wie viele Gebäude mit dem Konzept der Flusswasserwärme versorgt werden könnten.

.....  
<sup>16</sup> <https://www.igkb.org/oeffentlichkeitsarbeit/vorschriften/> (Abruf 16.12.2022)

<sup>17</sup> Tiefenschärfe IGKB, <https://m.igkb.org/#/1/tiefen.html>

<sup>18</sup> <https://www.mvv.de/ueber-uns/unternehmensgruppe/mvv-umwelt/aktuelle-projekte/mvv-flusswaermepumpe> (Abgerufen 16.12.2022)

<sup>19</sup> <https://www.hamburg.de/pressearchiv-fhh/16270922/2022-06-17-bukea-energiepark-tiefstack-kohleausstieg/> (Abgerufen 16.12.2022)

<sup>20</sup> <https://www.eicher-pauli.ch/referenzen/studie-thermische-nutzung-des-rheinwassers-basel/> (Abgerufen 16.12.2022)

## 7.3 ABWASSER

Das Abwasser kann auf zwei Arten thermisch genutzt werden. Zum einen vor der Kläranlage und zum anderen nach der Kläranlage. Beide Konzepte werden kurz vorgestellt.

### 7.3.1 Thermische Nutzung der Abwasserkanäle

Abwasserkanäle, welche sich für die thermische Nutzung eignen, müssen einen Trockenwetterabfluss von mindestens 10 l/s aufweisen. Die nutzbaren Abwasserkanäle wurden bereits im Rahmen der Erstellung des Energienutzungsplans 2018 identifiziert und sind aus Abbildung 6 ersichtlich.

Bisher wurden in Konstanz bereits zwei Abwasserwärmeprojekte umgesetzt, weitere sind in Planung. Allerdings ist das Potenzial aufgrund der biologischen Prozesse in der Kläranlage begrenzt. Wird das Abwasser in den Kanälen thermisch genutzt, wird dieses abgekühlt. Speziell in den Wintermonaten sind allerdings Mindesttemperaturen in der Kläranlage notwendig, um deren Betrieb zu gewährleisten. Eine großflächige Nutzung der Abwasserkanäle würde dazu führen, dass das Mindesttemperaturniveau des Abwassers für die Kläranlage unterschritten wird. Aus diesem Grund sind vereinzelt weitere Projekte denkbar, um kleine Nahwärmeinseln zu betreiben. Allerdings ist von einem großflächigen Ausbau der Abwasserwärmenutzung abzusehen.

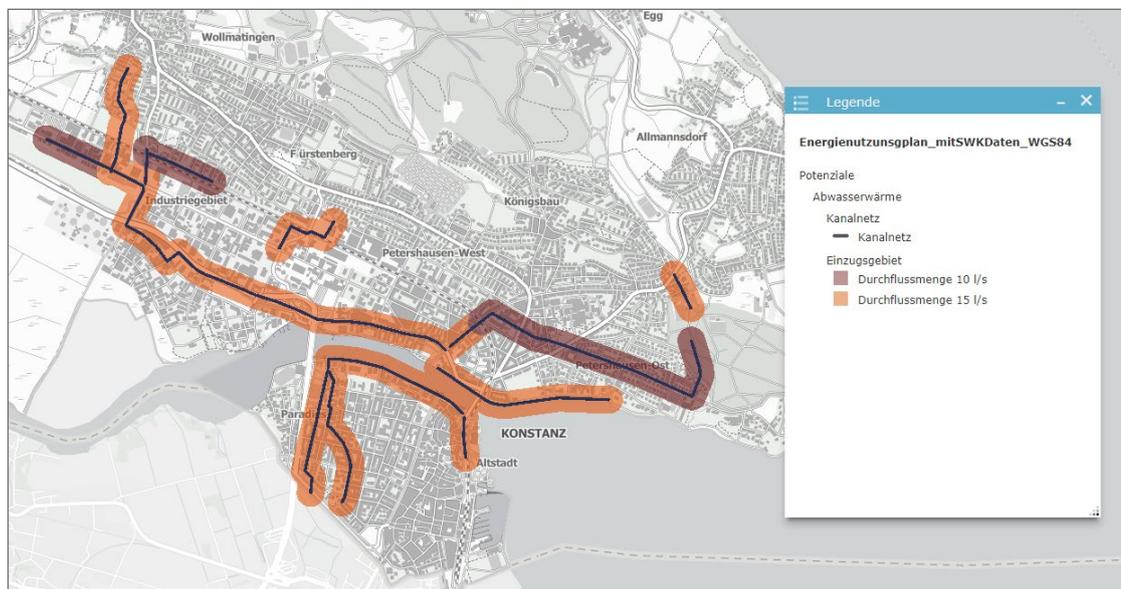


Abbildung 6: Thermisch nutzbare Abwasserkanäle

### 7.3.2 Thermische Nutzung des geklärten Wassers nach der Kläranlage

Über die Kanalisation gelangt Abwasser in die Kläranlage. Dort wird es bearbeitet und gereinigt und letztlich dem Seerhein wieder zugeführt. Nach der Kläranlage entspricht das Temperaturniveau aufgrund der biologischen Prozesse in der Kläranlage zwar nicht mehr zu 100 % der Eintrittstemperatur, allerdings kann es dennoch thermisch genutzt werden. Eine Abkühlung des geklärten Wassers ist für den Betrieb der Kläranlage unbedenklich, da dieses Wasser ohnehin nur noch dem Seerhein zugeleitet wird. Eine von der Stadt Konstanz in Auftrag gegebene Studie beziffert das thermische Potenzial des geklärten Wassers der Kläranlage bei Nutzung mit einer Wärmepumpe bei einer Jahresarbeitszahl von 4 auf 64 bis 108 GWh pro Jahr.<sup>21</sup>

Die Temperaturen des geklärten Wassers im Auslauf der Kläranlage betragen im Winter um die 10 °C, im Sommer erreichen sie teils über 20 °C (siehe Abbildung 7).

<sup>21</sup> <https://www.konstanz.de/leben+in+konstanz/umwelt/klima+energie/integrierte+quartierskonzepte+industriegebiet>  
(Abgerufen 16.12.2022)

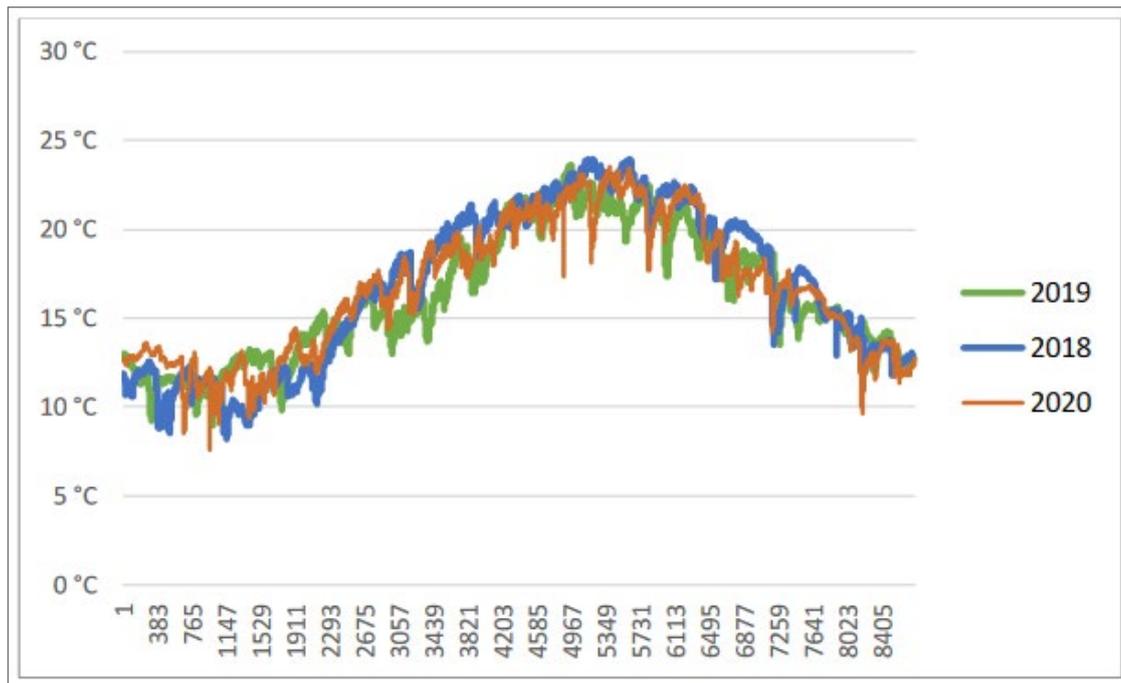


Abbildung 7: Temperaturmessung in der Biologie der Kläranlage<sup>22</sup>

### 7.4 Industrielle Abwärme

Bei industriellen Prozessen und auch Kühlhäusern fällt Abwärme an, welche oft ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Eine Studie, welche von der Stadt Konstanz in Auftrag gegeben wurde, beziffert das Abwärmepotenzial im Industriegebiet auf 10 GWh wovon 50 % auf den Nahrungsmittelproduzenten Agrana Fruit Germany zurückzuführen sind.<sup>23</sup> Die Industrielle Abwärme kann in Konstanz einen Beitrag zur Deckung des Wärmebedarfs leisten. Aufgrund des Gesamtwärmebedarfs von über 800 GWh handelt es sich allerdings nur um einen kleinen Teil.

### 7.5 Solarthermie

Solarthermische Anlagen werden speziell in Bioenergiedörfern zur Wärmebereitstellung genutzt. Im urbanen Raum von Konstanz sind wenig bis keine freien Flächen zur Wärmeerzeugung mittels Solarthermie-Freiflächenanlagen verfügbar. Schätzungen gehen davon aus, dass pro Hektar Land ca. 2.000 MWh (= 2 GWh) Wärme erzeugt werden können. Solarthermieanlagen sind daher entweder am Stadtrand oder in den Konstanzer Vororten denkbar. Aufgrund der Abhängigkeit des solarthermischen Ertrags von der Sonneneinstrahlung sind Solarthermieanlagen oftmals mit Holzhackschnitzelanlagen oder Pelletanlagen kombiniert. Die Deckungsgrade der Solarthermie bei Bioenergiedörfern bewegen sich generell bei um die 10 bis 20 %. Die Stand 2019 größte Solarthermieanlage der Welt deckte 40 % des Wärmebedarfs des dazugehörigen Wärmenetzes und erzeugte somit ca. 16 GWh Wärme. Die benötigte Fläche betrug 8 ha Land. Der hohe Deckungsanteil konnte mit einem saisonalen Wärmespeicher realisiert werden, welcher ein Fassungsvermögen von knapp 62.000 m<sup>3</sup> Wasser umfasst.<sup>24</sup>

<sup>22</sup>[https://www.konstanz.de/leben+in+konstanz/umwelt/klima+\\_energie/integrierte+quartierskonzepte+industriegebiet](https://www.konstanz.de/leben+in+konstanz/umwelt/klima+_energie/integrierte+quartierskonzepte+industriegebiet) (Abgerufen 16.12.2022)

<sup>23</sup>[https://www.konstanz.de/leben+in+konstanz/umwelt/klima+\\_energie/integrierte+quartierskonzepte+industriegebiet](https://www.konstanz.de/leben+in+konstanz/umwelt/klima+_energie/integrierte+quartierskonzepte+industriegebiet) (Abgerufen 16.12.2022)

<sup>24</sup>[https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Energie/Handlungsleitfaden\\_Freiflaechensolaranlagen.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Handlungsleitfaden_Freiflaechensolaranlagen.pdf) (Abgerufen 16.12.2022)

### 7.6 Biomasse

Der Energienutzungsplan beziffert das theoretische Potenzial von Biomasse im Landkreis Konstanz auf insgesamt 510 GWh pro Jahr. 460 GWh davon entfallen auf Holz, Abfälle, Reststoffen und Stroh. Bezieht man das Biomassepotenzial anteilig auf die Bewohnenden von Konstanz, so steht der Stadt eine Menge von 133 GWh zur Verfügung (=16 % des Gesamtwärmebedarfs). Zu berücksichtigen ist, dass der Großteil des Biomasseaufkommens aktuell bereits an anderer Stelle genutzt wird. Ungenutzte Biomassepotenziale wurden 2018 auf ca. 4 GWh/Jahr geschätzt.<sup>25</sup>

### 7.7 Kehrichtverbrennungsanlage Thurgau

In Weinfelden (Schweiz) befindet sich eine Müll- bzw. Kehrichtverbrennungsanlage (KVA). Im Zuge des Neubaus der KVA besteht auch die Möglichkeit, Abwärme auszukoppeln und für die Wärmebereitstellung mittels Wärmenetzen zu nutzen. Die Abwärme wird derzeit in einem nahegelegenen Industriebetrieb genutzt. Außerdem plant die Stadt Weinfelden den Bau eines neuen Wärmenetzes, welches mit Abwärme aus der KVA gespeist wird.<sup>26</sup> Theoretisch steht diese Wärme zur Verfügung und geht über den Bedarf von Weinfelden hinaus. Inwiefern es technisch und wirtschaftlich möglich ist, die übrige Wärme in Kreuzlingen und auch Konstanz zu nutzen, muss zunächst geprüft werden. Darüber hinaus sind die Regelungen zur thermischen Nutzung von Abwärme aus KVAs in der EU und in der Schweiz unterschiedlich. Gemäß Bundesamt für Energie gilt KVA-Abwärme in der Schweiz als CO<sub>2</sub>-neutral.<sup>27</sup> Im Rahmen dieser Untersuchung ist die Abwärme aus der KVA Thurgau als mögliche Energiequelle für den Betrieb von Wärmenetzen mitberücksichtigt, wobei sie nach deutschen Maßgaben nicht vollständig als erneuerbare Energiequelle eingestuft werden dürfte. Obwohl aus Klimaschutz Gesichtspunkten das Müllaufkommen für die Verbrennung massiv zurückgehen sollte, handelt es sich um eine derzeit und in den kommenden Jahren noch reell vorhandene Quelle. Anstatt überflüssige Abwärme ungenutzt der Umgebung zuzuführen, kann eine Nutzung sich aus technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten als sinnvoll erweisen.

### 7.8 Tiefengeothermie

Städte wie München sind Vorreiter bei der Nutzung von Tiefengeothermie. Auch in Freiburg soll die Tiefengeothermie für die Wärmewende genutzt werden.<sup>28</sup> Vorgespräche mit Tiefengeothermie-ExpertInnen ergaben allerdings, dass für Grundlagenermittlung und Abschätzung des Potenzials bereits mehrere Millionen Euro an Investition notwendig sind. Aufgrund der vorhandenen anderen gesicherten erneuerbaren Energieträger wird im Folgenden die Tiefengeothermie nicht weiter betrachtet. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die Tiefengeothermie auch in Konstanz über Potenziale verfügt, die unter veränderten Rahmenbedingungen (z. B. Risikoübernahme bei Tiefengeothermiebohrungen durch den Bund) interessant werden könnten.

.....  
<sup>25</sup>[https://www.konstanz.de/leben+in+konstanz/umwelt/klima+\\_energie/energienutzungsplan](https://www.konstanz.de/leben+in+konstanz/umwelt/klima+_energie/energienutzungsplan) [Abgerufen 16.12.2022]

<sup>26</sup><https://www.tbweinfelden.ch/de/waerme/> [Abgerufen 16.12.2022]

<sup>27</sup><https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/8179> [Abgerufen 16.12.2022]

<sup>28</sup><https://www.badenovawaermeplus.de/erneuerbare-energien/geothermie/geothermie-im-ueberblick> [Abgerufen 16.12.2022]

Prinzipiell eignen sich Gebiete, welche eine hohe Wärmebedarfsdichte aufweisen, für die Errichtung von Wärmenetzen eher als Gebiete mit geringem Wärmebedarf. Grund sind die hohen Investitionskosten in den Aufbau der neuen Infrastruktur, welche mit ca. 1 bis 1,5 Mio. € pro Kilometer Wärmeleitung angesetzt werden (je nach Dimension, Untergrund und Komplexität). Die Wärmebedarfsdichte drückt aus, wieviel Wärme pro Jahr auf einem bestimmten Trassenabschnitt geliefert wird. Je höher der Wärmeabsatz auf einem Trassenabschnitt, desto günstiger die Nutzung der Wärmeverteil-Infrastruktur pro Einheit Wärme. Ein Auszug der Wärmedichten in Konstanz ist in Abbildung 8 zu sehen. Die Höhe der Wärmedichte eines Straßenzugs ist farblich dargestellt, wobei hohe Wärmebedarfsdichten rot und geringe Werte grün visualisiert sind.

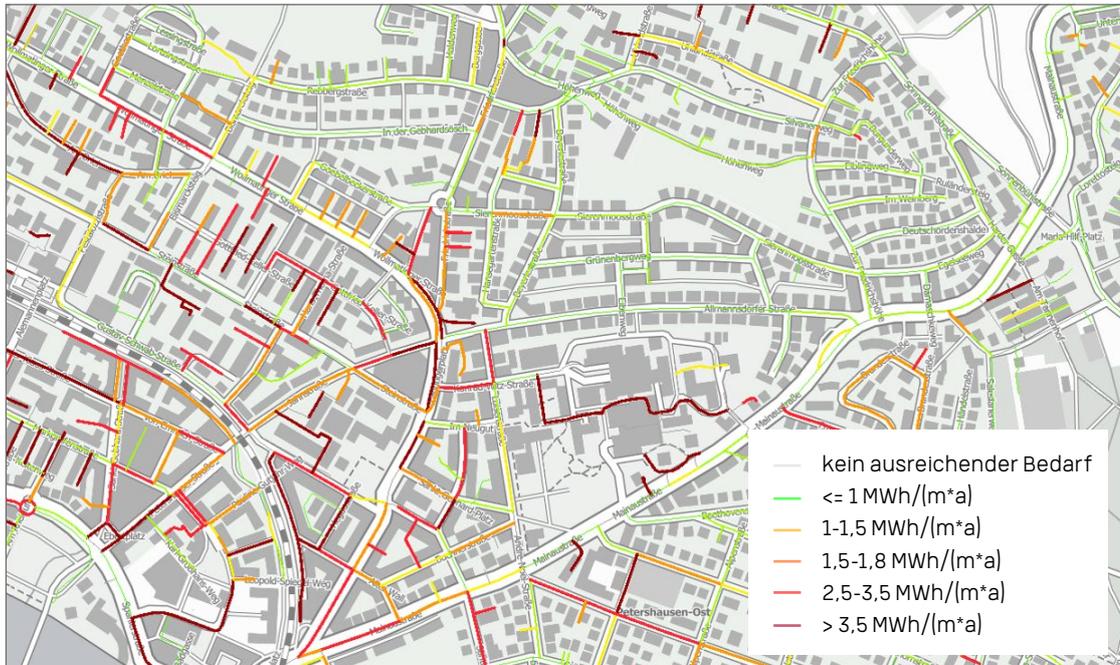


Abbildung 8: Wärmedichten in Konstanz

Die Betrachtung von Wärmedichten ohne gebietsspezifische Trassenverlegekosten ist nicht zielführend. Denn obwohl bestimmte Gebiete eine deutlich höhere Wärmedichte aufweisen als andere Gebiete, können die Verlegungskosten sich von Gebiet zu Gebiet um ein Vielfaches unterscheiden. Daher wird für die Bewertung eines Gebietes der Wärmeabsatz mit den gebietsspezifischen Trassenverlegekosten ins Verhältnis gesetzt, um die sogenannten Wärmeverteilungskosten zu bestimmen.

$$\text{Wärmeverteilungskosten} = \frac{\text{gebietsspezifische Verlegekosten der Wärmetrasse [€]}}{\text{jährlicher Wärmeabsatz [MWh/a]}}$$

Der Kennwert der Wärmeverteilungskosten berücksichtigt dabei, dass beispielsweise Trassenverlegekosten in der historischen Altstadt weitaus höher sind als in anderen Gebieten. Dadurch lassen sich Gebiete besser miteinander vergleichen.

Erweitert wird der Ansatz um den Anschlussgrad. Er ist das Verhältnis davon, wieviel Wärme des Gesamtjahresbedarfs in Relation zum Gesamtjahreswärmebedarf aller potenziellen Anschlussnehmer im Gebiet über das Wärmenetz geliefert wird. Üblicherweise wurden in der Vergangenheit Anschlussgrade in Wärmenetzen von um die 50 % erreicht. In der heutigen Zeit ist davon auszugehen, dass in eher dicht besiedelten Gebieten mit mehrstöckigen Gebäuden hohe Anschlussquoten erreicht werden, da der Anteil von Gebäuden, welche sich dezentral mit erneuerbaren Energien versorgen können, relativ gering ist. In weniger dicht besiedelten Gebieten mit vielen Ein- und Zweifamilienhäusern ist von geringeren Anschlussgraden auszugehen, da ggf. dezentrale Versorgungsoptionen technisch umsetzbar sind und lukrativer erscheinen als der Anschluss an ein Wärmenetz.

## 8 Wärmeverteilungskosten

Die Wärmeverteilungskosten ergeben sich demnach gemäß folgender Formel:

$$\text{Wärmeverteilungskosten} = \frac{\text{gebietsspezifische Verlegekosten der Wärmetrasse [€]}}{\text{gebietsspezifischer Anschlussgrad [\%] * jährlicher Wärmeabsatz [MWh/a]}}$$

Zu beachten ist, dass die Wärmeverteilungskosten keinerlei Anhaltspunkt zu möglichen Wärmepreisen geben. Die Wärmeverteilungskosten sind lediglich ein Ansatz, um Gebiete untereinander hinsichtlich ihrer Eignung für Wärmenetze vergleichbar zu machen.

## 9 Ankerkunden

Ein gängiges Konzept in der Projektentwicklung von Wärmenetzprojekten ist die Fokussierung auf Ankerkunden. Ankerkunden können einen ausschlaggebenden Impuls für das Entstehen eines Wärmenetzes geben. Im Rahmen dieser Analyse haben die Stadtwerke Konstanz Ankerkunden wie folgt definiert:

*„Als Ankerkunde wird eine Abnahmestelle bezeichnet, welche einen Wärmebedarf von mehr als 1 GWh aufweist. Bei der Abnahmestelle muss es sich nicht zwingend um ein einzelnes Gebäude handeln. Ist eine homogene Eigentümerstruktur in geografischer Nähe zueinander vorhanden, wie bspw. mehrere nebeneinanderliegende Gebäude der städtischen Wohnungsgesellschaft, so gelten auch diese Gebäude gemeinsam als Ankerkunde. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Ankerkunden perspektivisch an ein Wärmenetz der 3. oder 4. Generation<sup>29</sup> angeschlossen werden können und somit lediglich Wärme zur Warmwasserbereitung und Raumheizung benötigt wird und keinerlei Prozesswärme.“*

.....

<sup>29</sup><https://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-deutsch/Dienstleistungen/Leitfaden.php> (Abgerufen 02.01.2023)

Der Erfolg der Projektentwicklung von Wärmenetzen hängt gemäß Erfahrungen in der Praxis auch davon ab, mit wie vielen Parteien ein Konsens für die Entwicklung von Wärmenetzen getroffen werden muss. Bei Geschosswohnungsbauten sind häufig zentrale Ansprechpartner für viel Wohnraum verfügbar, wie beispielsweise Eigentümergemeinschaften und Wohnungsbaugesellschaften. Aus diesem Grund wird das Vorhandensein von Geschosswohnungsbauten als Bewertungskriterium mitbetrachtet. Um Gebiete numerisch miteinander vergleichen zu können ist pro Gebiet die Wohnfläche mit der Grundfläche der Gebäude ins Verhältnis gesetzt worden

$$\text{Kennzahl} = \frac{\text{Wohnfläche}}{\text{Grundfläche}}$$

Dabei gilt, je größer die Kennzahl, desto mehr Geschosswohnungsbauten.

# 11 Bewertung der verschiedenen Kriterien

Im Folgenden ist die Bewertungsmethode der verschiedenen Kriterien dargestellt, sowie das Ergebnis der Bewertung.

## 11.1 Erneuerbare Energieressourcen

Für jede Zone ist bestimmt, ob eine erneuerbare Energiequelle für den Betrieb eines Wärmenetzes zur Verfügung steht. Alle Gebiete in der Nähe zum Obersee und zum Seerhein sind folglich gut bewertet, da diese sich (ohne Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit) theoretisch mittels Seewasserwärme erneuerbar versorgen können. Grundvoraussetzung dafür ist, dass die Stromnetzkapazitäten und das Angebot an erneuerbarem Strom im Stromnetz dafür ausreichend sind. Die Stromnetze und der Strommix im deutschen Stromnetz sind in dieser Betrachtung nicht mit integriert.

Die Zonen wurden danach bewertet, wieviel Prozent der benötigten Wärme theoretisch aus erneuerbaren Energiequellen und Abwärme zur Verfügung steht, sodass Wärmenetze mittels dieser Ressourcen betrieben werden können. Je höher der theoretisch mögliche Versorgungsanteil, desto besser die Bewertung einer Zone.

Punkte	EE-Anteil [%] <sup>1</sup>		Farbe
	von	bis	
10	100	> 100	Grün
9	90	100	Hellgrün
8	80	90	Gelb
7	70	80	Orange
6	60	70	Rosa
5	50	60	Rötlich
4	40	50	Rötlich
3	30	40	Rötlich
2	20	30	Rötlich
1	10	20	Rötlich

1 Dies stellt ein rein theoretischer Wert dar und berücksichtigt keinerlei technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeitskriterien und basiert auf einer ganzjährigen Verfügbarkeit des entsprechenden vorhandenen Energieträgers.

Tabelle 2: Bewertungsmatrix Erneuerbare Potenziale und Abwärmepotenziale

In Abbildung 9 und Abbildung 10 ist ersichtlich, dass die Gebiete entlang des Obersees und Seerheins sehr gut abschneiden. Darüber hinaus schneiden aufgrund der KVA Thurgau und dem Seewasserpotenzial die Gebiete in Konstanz links des Rheins sehr gut ab. Die Gebiete 13 und 20 schneiden aufgrund des Klärwerks auch gut ab. Für alle verbleibenden Gebiete, in denen theoretisch die Seewasserwärme, das Klärwerk und die KVA Thurgau keine Lösung darstellt, wurde das theoretische Biomassepotenzial von 140 GWh gleichmäßig aufgeteilt.

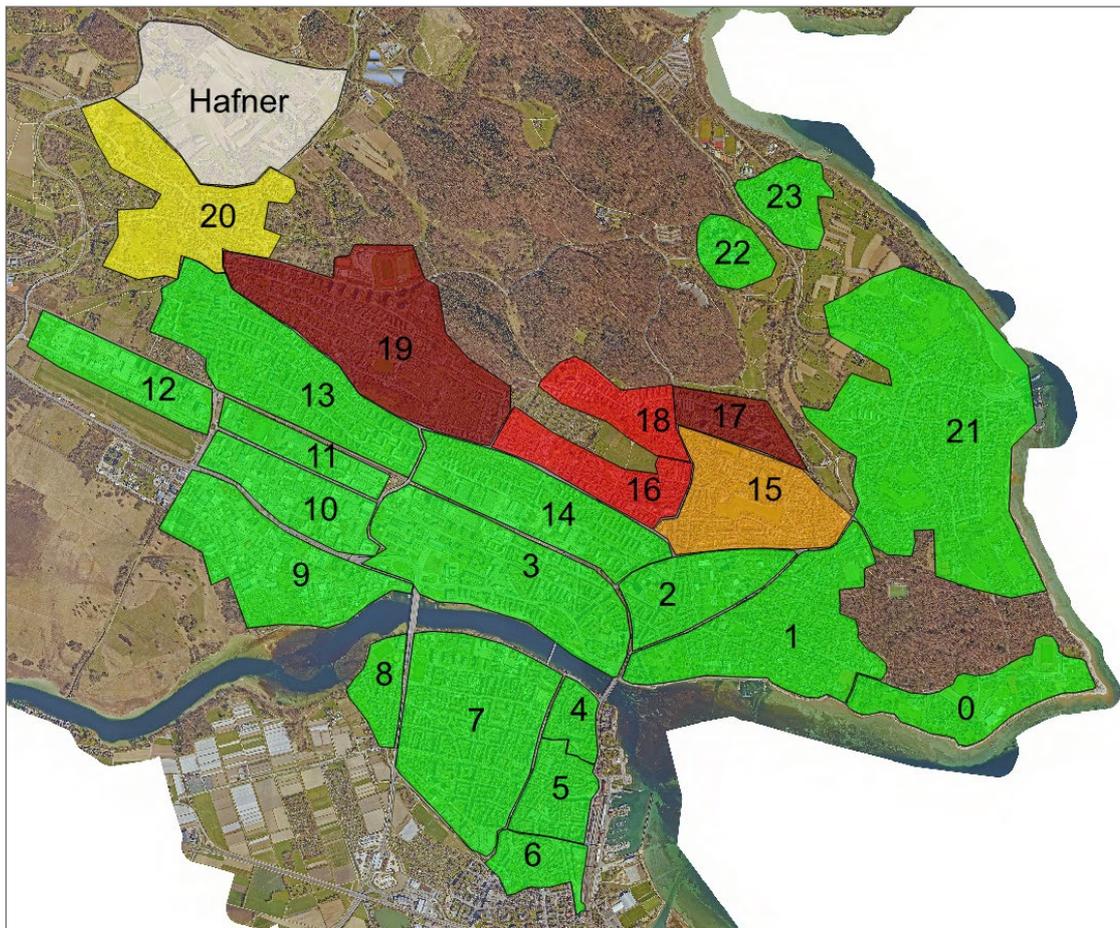


Abbildung 9: Bewertung der Zonen im Stadtgebiet gemäß der Verfügbarkeit von erneuerbaren Energieressourcen und Abwärme

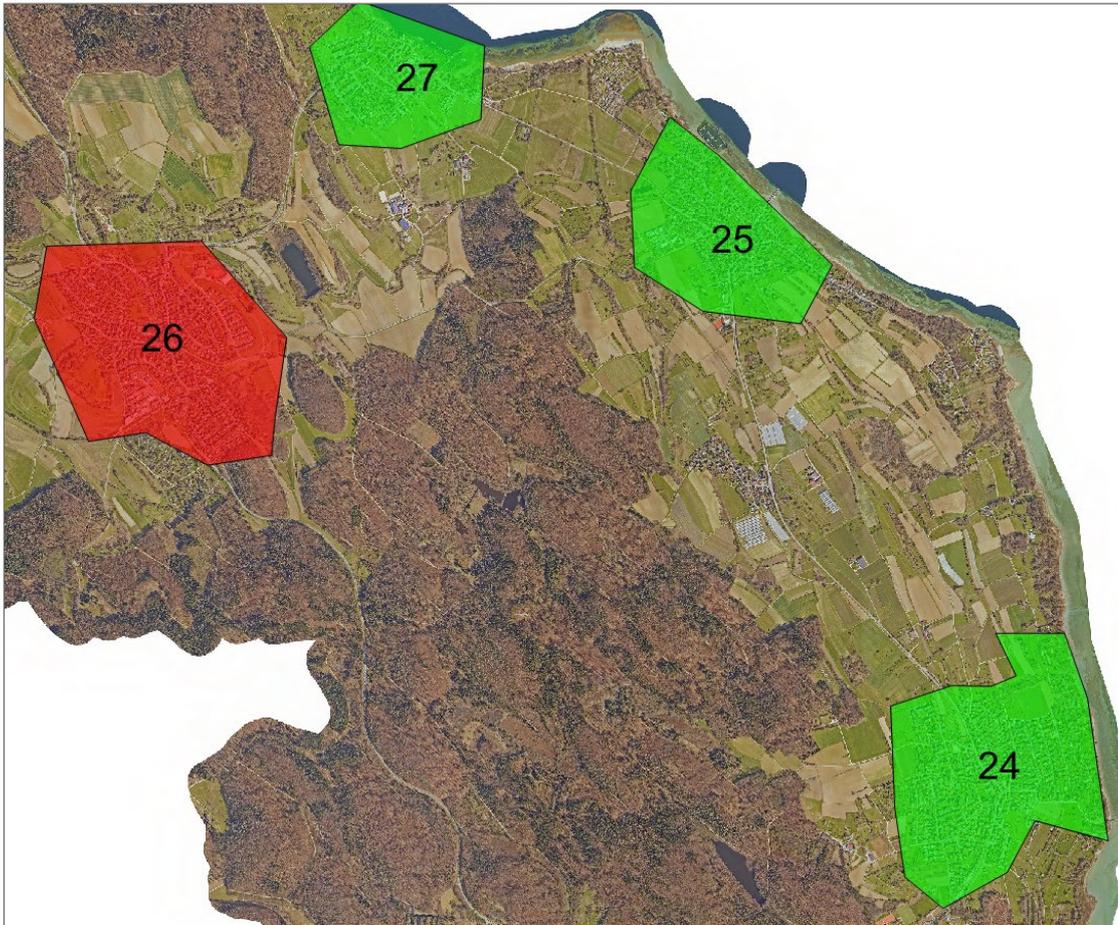


Abbildung 10: Bewertung der Vororte gemäß der Verfügbarkeit Erneuerbarer Energieressourcen

### 11.2 Wärmeverteilungskosten

Gemäß der Erläuterung in Kapitel 8 wurden für jede Zone die Wärmeverteilungskosten bestimmt. Die dafür angesetzten Wärmebedarfe, Anschlussgrade, Netzlängen und Trassenverlegekosten sind Tabelle 3 zu entnehmen. Die Wärmebedarfe und Netzlängen entstammen aus dem Energienutzungsplan 2018 der Stadt Konstanz. Die Anschlussgrade und Trassenverlegekosten basieren auf Schätzungen.

# 11 Bewertung der verschiedenen Kriterien

Zone	Wärmebedarf [GWh]	Anschlussquote [%]	Haupttrassenlänge [km]	Hausanschlusslänge [km]	Gesamttrassenlänge [km]	Wärmedichte [MWh/m²a]	Spez. Verlegekosten [€/m]	Wärmeverteilungskosten [€/MWh]	Punkte	Farbe
0	17,0	90	2,9	1,2	4,0	4,3	1.000	261	9	Grün
1	40,0	70	15,0	11,5	26,5	1,5	1.000	947	6	Orange
2	49,1	90	8,2	6,3	14,6	3,4	1.000	329	9	Grün
3	71,8	90	13,5	7,9	21,4	3,4	1.000	331	9	Grün
4	18,9	100	5,4	3,2	8,6	2,2	3.000	1.370	4	Braun
5	50,6	100	7,0	8,5	15,5	3,3	3.000	920	6	Orange
6	21,7	100	4,3	5,0	9,3	2,3	2.500	1.070	5	Rot
7	91,9	90	20,6	15,6	36,2	2,5	1.250	547	8	Hellgrün
8	4,2	70	2,6	1,7	4,3	1,0	1.000	1.457	3	Braun
9	15,9	70	11,1	4,4	15,5	1,0	1.000	1.398	4	Braun
10	12,3	70	5,9	2,4	8,3	1,5	1.000	963	6	Orange
11	7,0	70	2,0	0,8	2,8	2,5	1.000	574	8	Hellgrün
12	26,1	70	3,4	1,2	4,7	5,6	1.000	255	10	Grün
13	67,9	80	18,5	13,7	32,1	2,1	1.000	592	8	Hellgrün
14	48,8	80	13,0	8,0	21,1	2,3	1.000	540	5	Hellgrün
15	30,4	70	12,1	12,0	24,2	1,3	1.000	1.135	5	Rot
16	19,7	70	8,3	7,2	15,5	1,3	1.000	1.125	5	Rot
17	20,7	70	4,7	3,5	8,2	2,5	1.000	567	8	Hellgrün
18	14,5	70	4,9	3,3	8,2	1,8	1.000	815	6	Orange
19	51,5	70	19,7	15,9	35,6	1,4	1.000	989	6	Orange

## 11 Bewertung der verschiedenen Kriterien

Zone	Wärmebedarf [GWh]	Anschlussquote [%]	Haupttrassenlänge [km]	Hausanschlusslänge [km]	Gesamtrassenlänge [km]	Wärmedichte [MWh/m²a]	Spez. Verlegekosten [€/m]	Wärmeverteilungskosten [€/MWh]	Punkte	Farbe
20	22,6	70	11,7	8,9	20,7	1,1	1.000	1.310	4	
21	54,8	70	24,9	19,3	44,3	1,2	1.000	1.154	5	
22	31,4	100	1,9	0,1	2,0	15,7	1.000	64	10	
23	5,9	60	5,2	2,5	7,7	0,8	1.000	2.188	1	
24	31,4	60	18,8	12,0	30,9	1,0	1.000	1.640	2	
25	15,3	60	9,0	7,6	16,6	0,9	1.000	1.809	1	
26	26,6	60	15,8	12,7	28,5	0,9	1.000	1.786	2	
27	10,0	60	5,9	4,1	10,0	1,0	1.000	1.618	2	

Tabelle 3: Datenbasis für die Wärmeverteilungskosten

# 11 Bewertung der verschiedenen Kriterien

Die Ergebnisse aus Tabelle 3 sind in Abbildung 11 und in Abbildung 12 grafisch aufbereitet.

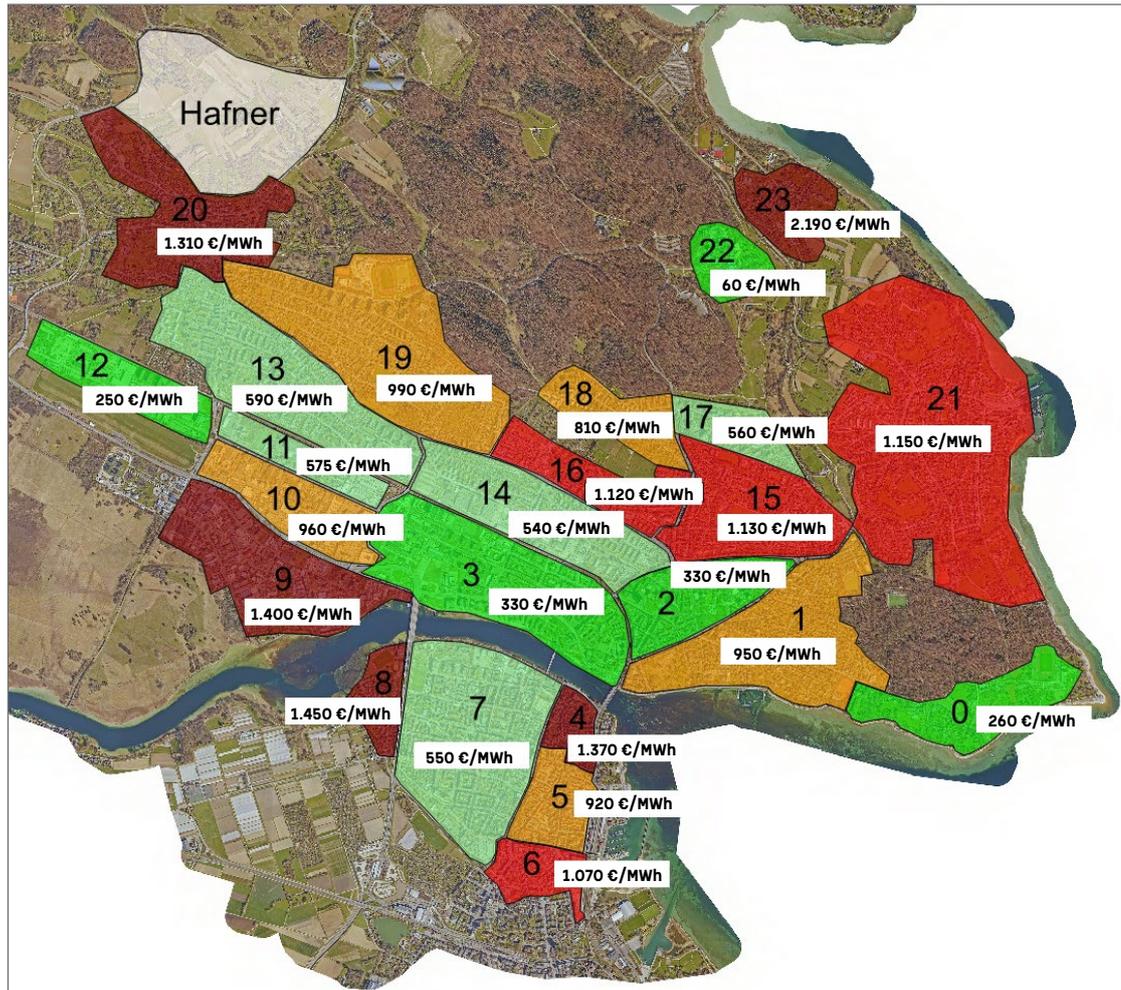


Abbildung 11: Wärmeverteilungskosten je Zone im Stadtgebiet Konstanz



Abbildung 12: Wärmeverteilungskosten je Zone in den Vororten von Konstanz

### 11.3 Ankerkunden

Für jede Zone wurde der Wärmebedarf der identifizierten Ankerkunden ermittelt und anschließend der Anteil des Wärmebedarfs der Ankerkunden mit dem Gesamtwärmebedarf der Zone ins Verhältnis gesetzt. Für die Bewertung wurde ein Ankerkundenanteil am Gesamtwärmeabsatz von 30 % als sehr gut eingestuft und die Punktzahl 10 vergeben. Je niedriger der Anteil der Ankerkunden am Gesamtwärmeabsatz, desto niedriger die Gesamtpunktzahl der Kategorie. Bewertungsmatrix und Ergebnisse können den folgenden Tabellen und Abbildungen entnommen werden.

# 11 Bewertung der verschiedenen Kriterien

Punkte	Anteil Wärmebedarf Ankerkunden an Gesamt [%]	Farbe
10	> 30 %	Grün
9	> 27 %	Hellgrün
8	> 24 %	Grün
7	> 21 %	Gelb
6	> 18 %	Orange
5	> 15 %	Orange
4	> 12 %	Orange
3	> 9 %	Rot
2	> 6 %	Rot
1	< 6 %	Braun

Tabelle 4: Bewertungsmatrix Ankerkunden

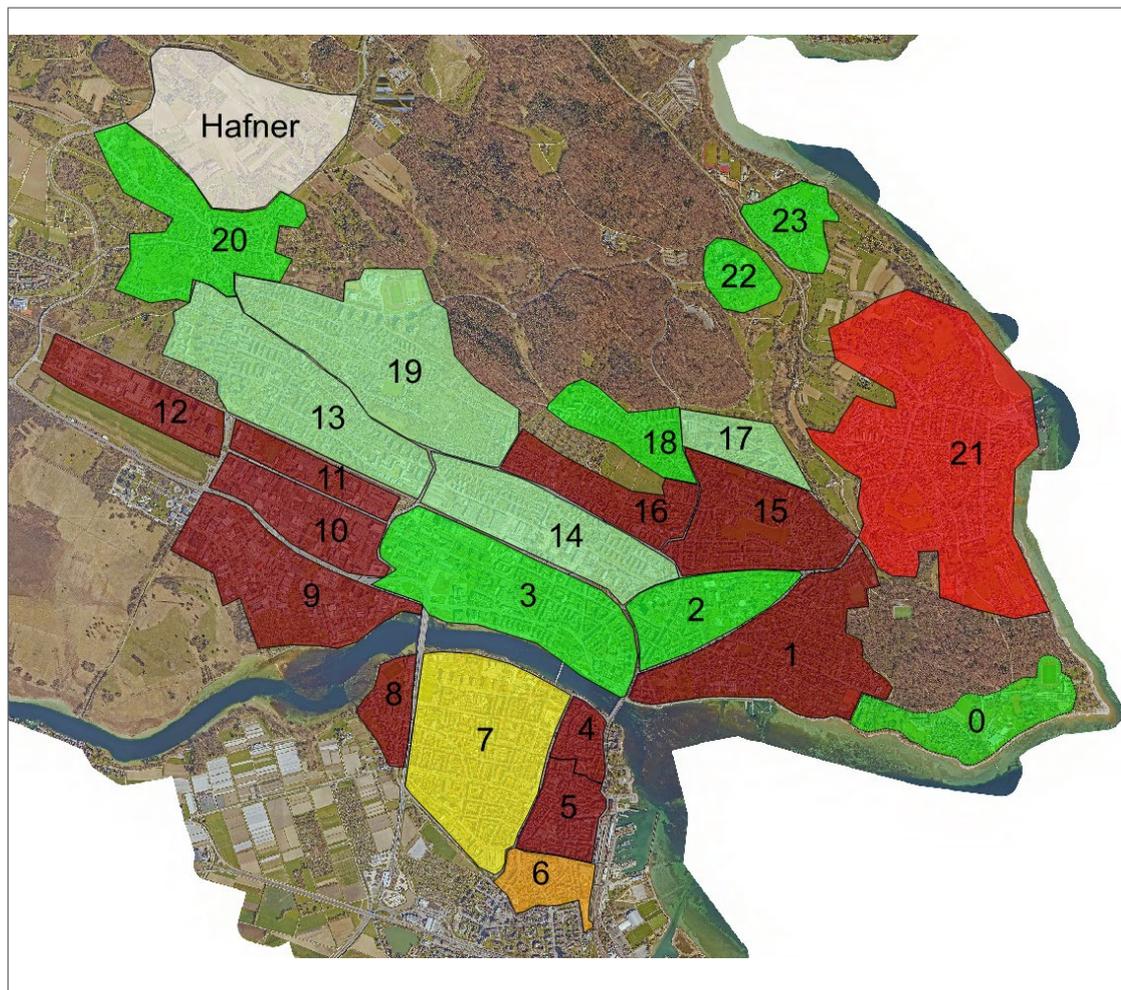


Abbildung 13: Ergebnis Bewertungskriterium Ankerkunden je Zone im Stadtgebiet Konstanz

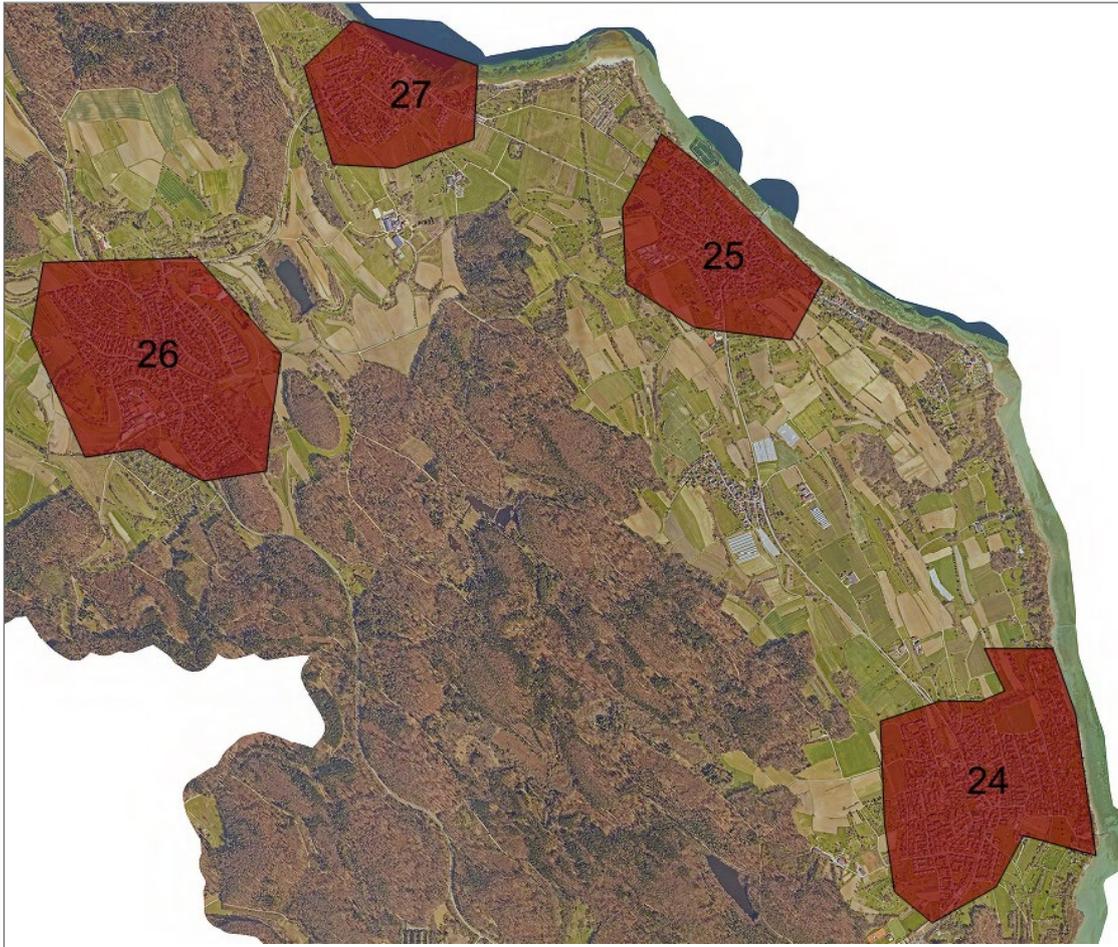


Abbildung 14: Ergebnis Bewertungskriterium Ankerkunden je Zone in den Konstanzer Vororten

### 11.4 Gebäudestruktur

Für jede Zone wurde die Wohnfläche mit der Grundfläche der Gebäude ins Verhältnis gesetzt. Die Bewertungsmatrix und die Ergebnisse können den folgenden Tabellen und Abbildungen entnommen werden.

# 11 Bewertung der verschiedenen Kriterien

Punkte	Verhältnis Wohnfläche zu Grundfläche		Farbe
	von	bis	
10	3,2	> 3,2	
9	3,0	3,1	
8	2,8	2,9	
7	2,6	2,7	
6	2,4	2,5	
5	2,2	2,3	
4	2,0	2,1	
3	1,8	1,9	
2	1,6	1,7	
1	1,4	1,5	

Tabelle 5: Bewertungsmatrix Gebäudestruktur

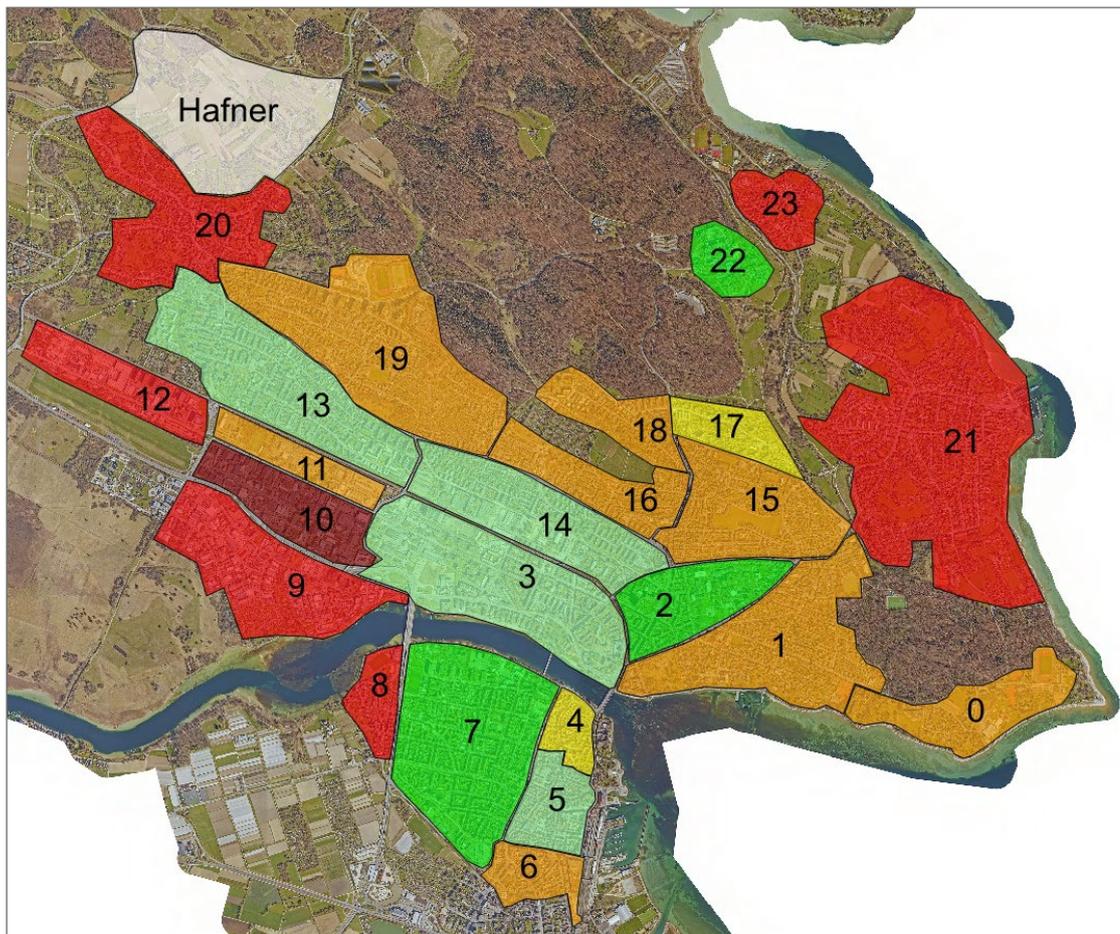


Abbildung 15: Ergebnis Bewertungskriterium Gebäudestruktur im Stadtgebiet Konstanz



Abbildung 16: Ergebnis Bewertungskriterium Gebäudestruktur in den Konstanz Vororten

## 12 Gewichtung der Bewertungskriterien

Die Gewichtung der einzelnen Faktoren wurde so gewählt, dass die Faktoren eine ähnliche, nicht zu stark voneinander abweichende Bedeutung, erhalten. Da die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien und die Wärmeverteilungskosten als Schlüsselindikator gelten, fließen diese gemeinsam zu 60 % in die Bewertung ein (jeweils Faktor 0,3). Die Faktoren Gebäudestruktur und Ankerkunden werden zu jeweils 20 % berücksichtigt (Faktor 0,2).

Faktor	Gewichtung	Kommentar
Erneuerbare Potenziale	0,3	Ohne erneuerbare Energiequelle kein erneuerbares Wärmenetz
Wärmeverteilungskosten	0,3	Je geringer die Wärmeverteilungskosten, desto eher ist das Projekt wirtschaftlich
Gebäudestruktur	0,2	Je mehr Geschosswohnungsbauten, desto zielführender die Projektentwicklung bei zentralen Ansprechpersonen
Ankerkunden	0,2	Große Abnahmestellen als Ausgangspunkt für Wärmenetze

Tabelle 6: Gewichtung der Bewertungskriterien

## 13 Durchführung einer Nutzwertanalyse

Basierend auf der Bewertung der Zonen je Bewertungskriterium und der Gewichtung der Kriterien zueinander wird jeder Zone ein Nutzwert über alle Bewertungskriterien hinweg vergeben. Der Nutzwert errechnet sich wie folgt:

$$\text{Nutzwert der Zone} = x_1 * P_{\text{Erneuerbare Energien}} + x_2 * P_{\text{Wärmeverteilungskosten}} + x_3 * P_{\text{Gebäudestruktur}} + x_4 * P_{\text{Ankerkunden}}$$

$P$  = Punktzahl je Bewertungskriterium

$x_{1..4}$  = Gewichtung je Bewertungskriterium

Punkte	Farbe
10	Grün
9	Hellgrün
8	Grünlichgelb
7	Gelb
6	Orange
5	Rosa
4	Rötlichbraun
3	Braun
2	Dunkelbraun
1	Rotbraun

Tabelle 7: Bewertungsmatrix grafische Ergebnisse Nutzwertanalyse

# 13 Durchführung einer Nutzwertanalyse

Kriterium	Erneuerbare Potenziale	Wärmeverteilungskosten	Gebäudestruktur	Ankerkunden		
Gewichtung	0,3	0,3	0,2	0,2		
Zone	Punkte				Nutzwert	Farbe
0	10	9	4	10	8,5	
1	10	6	5	1	6,0	
2	10	9	10	10	9,7	
3	10	9	9	10	9,5	
4	10	4	7	1	5,8	
5	10	6	9	1	6,8	
6	10	5	4	3	5,9	
7	10	8	10	7	8,8	
8	10	3	2	1	4,5	
9	10	4	3	1	5,0	
10	10	6	1	1	5,2	
11	10	8	4	1	6,4	
12	10	10	2	1	6,6	
13	10	8	8	9	8,8	
14	10	8	8	9	8,8	
15	7	5	4	1	4,6	
16	6	5	4	1	4,3	
17	5	8	7	8	6,9	
18	6	6	5	10	6,6	
19	5	6	4	9	5,9	

# 13 Durchführung einer Nutzwertanalyse

Kriterium	Erneuerbare Potenziale	Wärmeverteilungskosten	Gebäudestruktur	Ankerkunden		
<b>Gewichtung</b>	0,3	0,3	0,2	0,2		
<b>Zone</b>					<b>Nutzwert</b>	<b>Farbe</b>
<b>20</b>	8	4	3	10	6,2	Orange
<b>21</b>	10	5	3	2	5,5	Rosa
<b>22</b>	10	10	10	10	10,0	Grün
<b>23</b>	10	1	2	10	5,7	Rosa
<b>24</b>	10	2	2	1	4,2	Braun
<b>25</b>	10	1	2	1	3,9	Braun
<b>26</b>	6	2	2	1	3,0	Braun
<b>27</b>	10	2	2	1	4,2	Braun

Tabelle 8: Ergebnis der Nutzwertanalyse

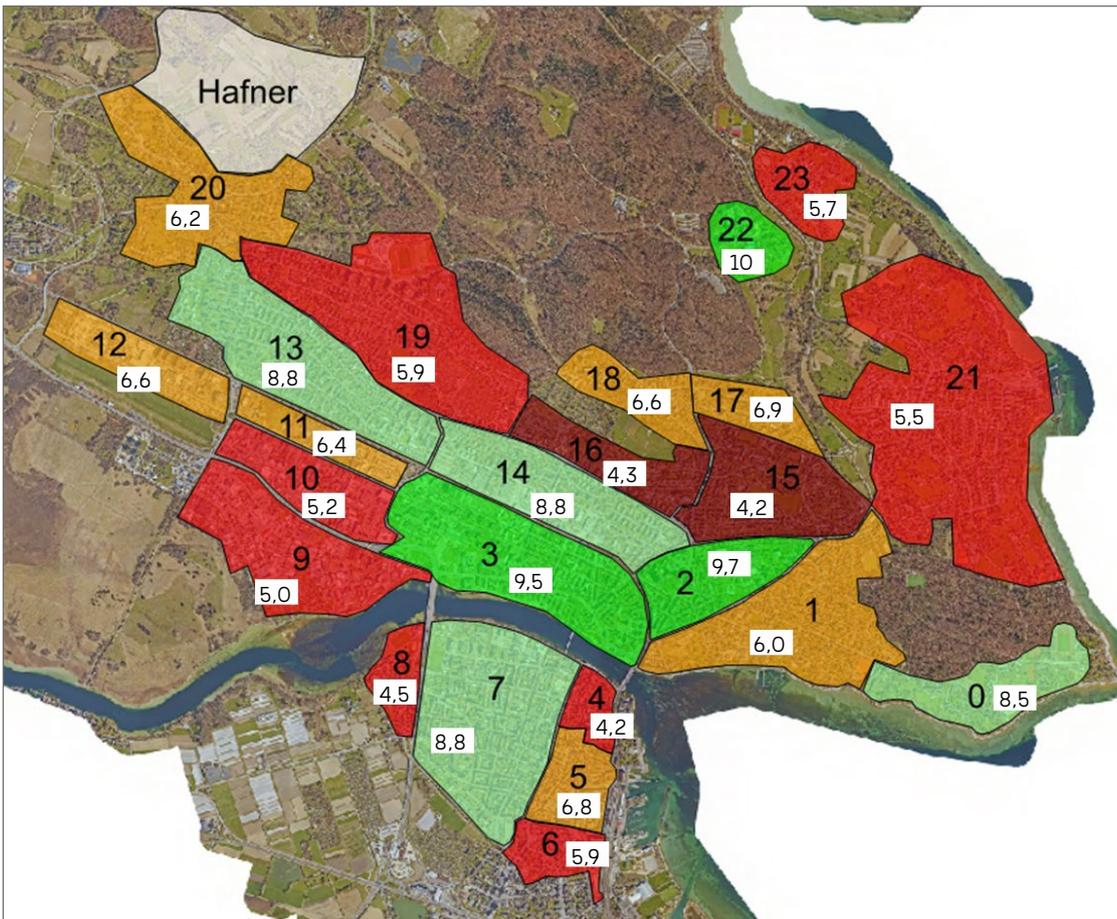


Abbildung 17: Grafisches Ergebnis der Nutzwertanalyse im Stadtgebiet Konstanz



Abbildung 18: Grafisches Ergebnis der Nutzwertanalyse für die Konstanzer Vororte

## 13 Durchführung einer Nutzwertanalyse

Die Ergebnisse zeigen, dass gegenüber anderen Gebieten folgende Zonen am ehesten für eine Projektentwicklung für erneuerbare Wärmenetze in Frage kommen sollten:

- › Zone 0: Gebiet rund um die Bodenseetherme
- › Zone 2: Gebiet rund um das Klinikum
- › Zone 3: Petershausen West
- › Zone 7: Paradies
- › Zone 13: Berchengebiet
- › Zone 14: Fürstenberg
- › Zone 22: Universität Konstanz

Im Folgenden wird auf die Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse hinsichtlich der Variation in der Gewichtung der Kriterien eingegangen. Auch der Einfluss eines veränderten Wärmebedarfs auf die Wärmeverteilungskosten wird betrachtet.

## 14.1 Gewichtung der Kriterien

Die Gewichtung der Bewertungskriterien hat bei einer Nutzwertanalyse einen entsprechenden Einfluss auf das Ergebnis. Daher wurde im Rahmen der Betrachtung eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt und es wurden verschiedene Gewichtungsvarianten simuliert. In Tabelle 9 sind vier Varianten mit unterschiedlichen Gewichtungen für die Bewertungskriterien aufgezeigt. Gleichzeitig sind die sieben Zonen mit dem höchsten Nutzwert der Reihe nach angegeben. Die Ergebnisse in Tabelle 9 zeigen, dass, sofern die Gewichtungen verändert werden, sich die Reihenfolge der Zonen mit dem höchsten Nutzwert teilweise verändert. Allerdings befinden sich unter den sieben Zonen mit den höchsten Nutzwerten stets dieselben Zonen, unabhängig von der Gewichtung. Es handelt sich um die Zonen 0, 2, 3, 7, 13, 14 und 22.

Kriterium	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Wärmeverteilungskosten	0,3	0,25	0,4	0,4
EE-Ressourcen	0,3	0,25	0,4	0,3
Gebäudestruktur	0,2	0,25	0,1	0,1
Ankerkunden	0,2	0,25	0,1	0,2
<b>1</b>	22	22	22	22
<b>2</b>	2	2	2	2
<b>3</b>	3	3	3	3
<b>4</b>	7	7	0	0
<b>5</b>	13	13	13	13
<b>6</b>	14	14	14	14
<b>7</b>	0	0	7	7

Tabelle 9: Sensitivitätsanalyse

## 14.2 Verringerung des Wärmebedarfs

Perspektivisch ist damit zu rechnen, dass aufgrund von energetischen Sanierungen der Wärmebedarf von Gebäuden sinkt. Ein Absenkpfad für den Wärmebedarf wurde in dieser Arbeit nicht angewendet. In Abbildung 19 ist zu sehen, dass eine gleichmäßige Verringerung des Wärmebedarfs über alle Zonen hinweg zu einer deutlichen Steigerung der Wärmeverteilungskosten in den Gebieten mit ohnehin hohen Wärmeverteilungskosten führt. In Gebieten mit geringeren Wärmeverteilungskosten wirkt sich die Absenkung des Wärmebedarfs nicht so gravierend auf die Wärmeverteilungskosten aus.

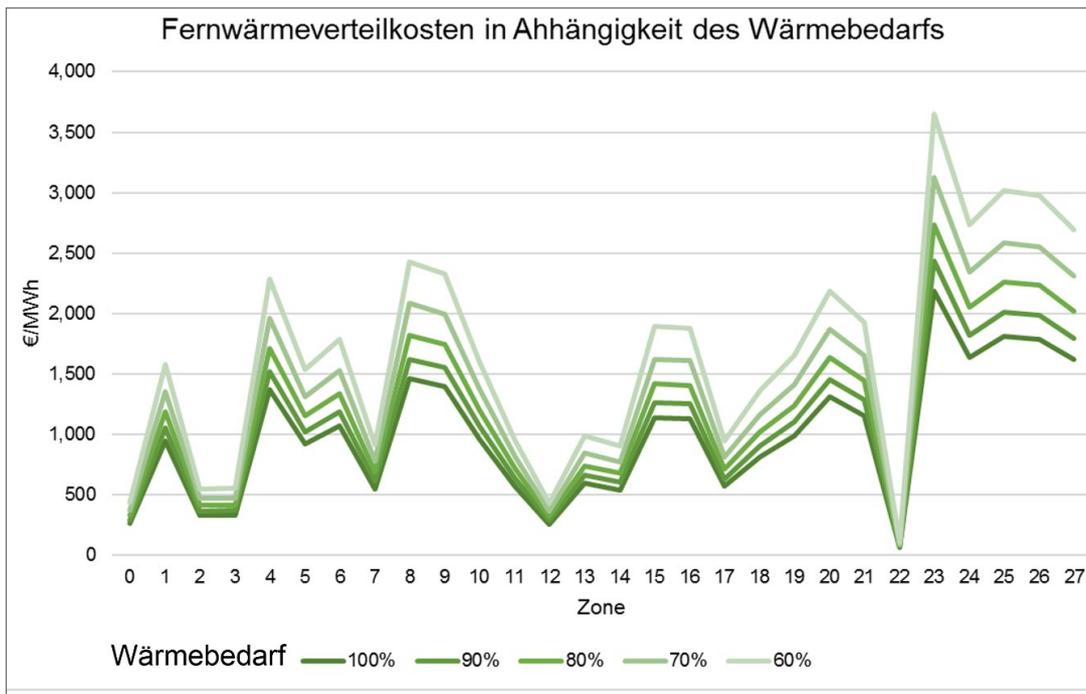


Abbildung 19: Auswirkung einer Absenkung des Wärmebedarfs je Zone auf die Wärmeverteilkosten

Wärmeverbände sollten zunächst in Gebieten entstehen, wo die höchste Wahrscheinlichkeit besteht, dass diese auch erneuerbar und/oder mit Abwärme betrieben werden können und auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten am ehesten zu realisieren sind. Neben den Aspekten der Wirtschaftlichkeit von Projekten muss aber auch die Notwendigkeit von Wärmenetzen aufgrund der Alternativlosigkeit bestimmter Gebiete berücksichtigt werden. Je älter Gebäude sind, je schwieriger diese zu sanieren sind und je dichter die Bebauung in einem Gebiet ist, desto unwahrscheinlicher ist es, dass sich die Gebäude dezentral mit erneuerbarer Wärme versorgen können (vorausgesetzt Pelletheizungen sind als flächendeckende, dezentral-erneuerbare Lösung aus Nachhaltigkeits-gesichtspunkten ausgeschlossen). „Alternativlose“ Gebiete wie die Altstadt von Konstanz, werden sich aus heutiger Sicht kurzfristig ohne Wärmenetz nicht ökologisch nachhaltig mit Wärme versorgen können. Die Ergebnisse der Nutzwertanalyse im Rahmen dieser quantitativen Betrachtung lassen diesen Aspekt unberücksichtigt. Welche Gebiete dezentral nicht erneuerbar mit Wärmepumpen versorgt werden können, lässt sich aus der Wärmepumpenampel der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. München (FfE) ableiten (Abbildung 20). Die Ergebnisse der Studie der FfE zeigen, dass sich Gebäude, welche sich sehr unwahrscheinlich dezentral mittels Wärmepumpe versorgen können, hauptsächlich im Berchengebiet, in Fürstenberg, in Petershausen West, im Paradies sowie in der Altstadt mit Niederburg und Stadelhofen befinden.<sup>30</sup> Die Gebäude befinden sich also genau in den Gebieten, welche sich im Rahmen dieser Untersuchung für den Aufbau von Wärmenetzen eignen - mit Ausnahme der Gebiete Altstadt (östlich der Laube) und Stadelhofen. Auch für diese Gebiete müssen erneuerbare Wärmeversorgungs-lösungen erarbeitet werden.

Gemäß den Erkenntnissen dieser quantitativen Untersuchung lässt sich schlussfolgern, dass Ressourcen zunächst in den Gebieten mit dem höchsten Nutzwert aufgewendet werden sollten, um erfolgreiche Projekte umzusetzen. Nichtsdestotrotz wird es aufgrund der Notwendigkeit einer erneuerbaren Wärmeversorgung aus heutiger Sicht auch notwendig sein, für Gebiete wie die Altstadt (östlich der Laube) Lösungen zu erarbeiten - beispielsweise in Form eines Wärmenetzes. Ob ein Wärmenetz als technische Lösung für eine erneuerbare Wärmeversorgung in Frage kommt, hängt von technischen Faktoren, darunter der Möglichkeit des Baus von Wärmeleitungen, ab. Herausforderungen in den genannten Gebieten sind beispielsweise der geringe Platzbedarf, denkmalgeschützte Gebiete und Interessenskonflikte beim Umgang mit archäologischen Funden beim Ausbau eines Wärmenetzes.

Die Erschließung der alternativlosen Altstadt-Gebiete sollte in Betracht gezogen werden, aber gemäß der vorliegenden Ergebnisse nicht als oberste Priorität. Wie in Kapitel 6 bereits erwähnt, sind allerdings Grenzen von Zonen zueinander nicht als unüberwindbar zu sehen. Die Entwicklung eines Wärmeverbands mittels Wärmenetz im Paradies kann Synergieeffekte für Teile der Altstadt mit sich bringen. Wärmeverbände können und müssen über die Grenzen der Zonierung hinweg gedacht werden und können in der Dimensionierung sowohl größer als auch kleiner als die Zonen ausfallen.

.....

<sup>30</sup> <https://waermepumpen-ampel.ffe.de/78464> [Abgerufen 18.12.2022]

## Was bedeuten die Ampelfarben der Gebäude?

Das Gebäude ist ...

- ... für mindestens eine Wärmepumpen-Technologie **wahrscheinlich** geeignet.
- ... für mindestens eine Wärmepumpen-Technologie **gegebenenfalls** geeignet.
- ... für alle Wärmepumpen-Technologien **eher nicht** geeignet.
- ... aus verschiedenen Gründen nicht bewertet worden. [Gründe finden Sie im FAQ.](#)

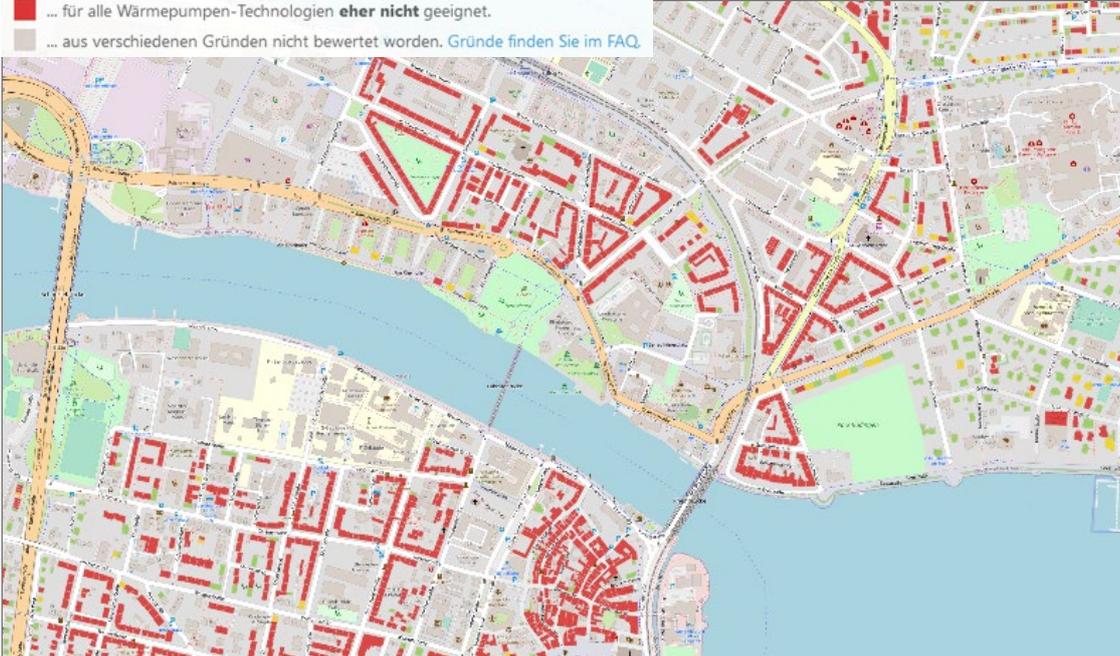


Abbildung 20: Auszug aus der Wärmepumpenampel des FfE

Basierend auf den Ergebnissen in Kapitel 13 und den Ausführungen in Kapitel 15 ergibt sich das nachfolgend ersichtliche Bild für Konstanz. Die schraffierten Gebiete sind Gebiete, welche zwar in der Projektentwicklung mitberücksichtigt werden sollten, allerdings nachrangig zu den nicht schraffierten Gebieten. Der neu entstehende Stadtteil Hafner ist hier mit aufgeführt, da dieses Neubaugebiet ohnehin über Wärmenetze statt, wie in der Vergangenheit üblich, per Gasnetz erschlossen werden soll.

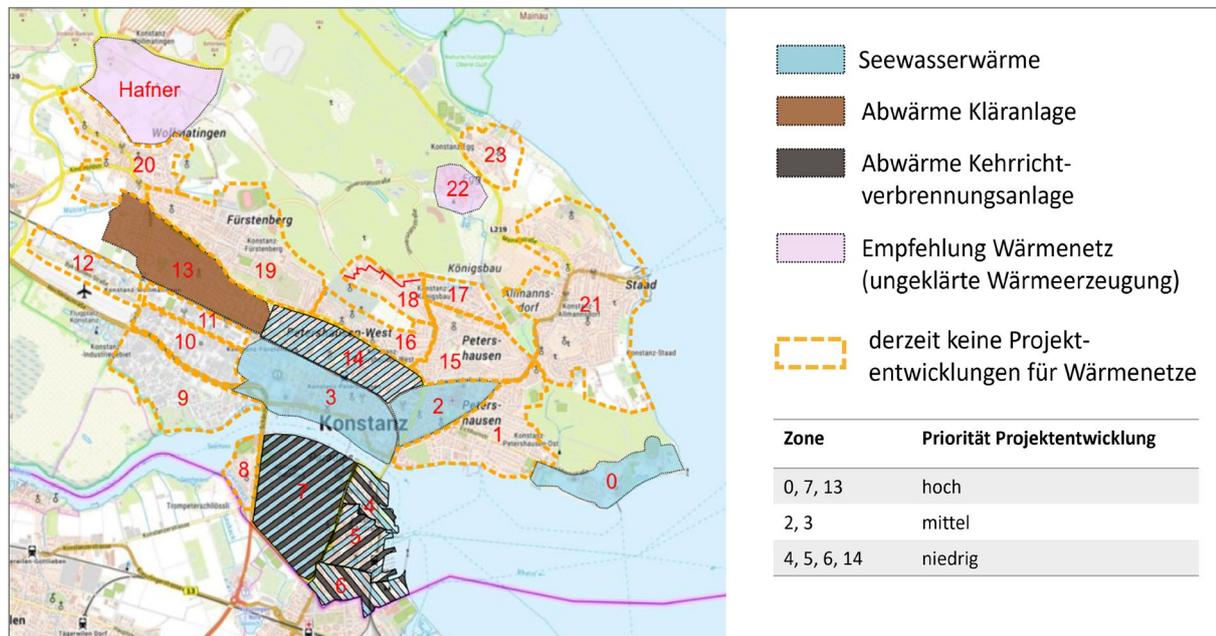


Abbildung 21: im Fokus stehende Projektentwicklungsgebiete für erneuerbare Wärmenetze

Im Folgenden werden die Ergebnisse und die Methodik thematisch diskutiert und Handlungsempfehlungen für zukünftige Schritte der Wärmewende in Konstanz gegeben.

### 17.1 Datengrundlage Energienutzungsplan 2018

Die Aufarbeitungen des Energienutzungsplans 2018 sind eine unentbehrliche Grundlage für die Untersuchungen dieser Arbeit. Ohne die Datengrundlage wäre eine Betrachtung und Aussage zur strategischen Wärmenetzplanung nicht möglich. Zwar sind die Daten von 2018 und damit nicht aktuell, allerdings ist nicht davon auszugehen, dass sich in den vergangenen vier Jahren an der Wärmeversorgung in Konstanz großflächig erhebliche Veränderungen ergeben haben, welche das vorgestellte Ergebnis verändert hätten. Nichtsdestotrotz empfiehlt es sich für die dynamische Anpassung dieser Betrachtung, die Datengrundlage in regelmäßigen Abständen zu aktualisieren.

### 17.2 Wirtschaftlichkeit und Wärmepreise

Die vorgestellte Methode tätigt leider keine Aussage über zukünftige Wärmepreise in einzelnen Zonen basierend auf einem Wärmenetz. Dies ist ohne eine ausführliche und detaillierte Projektentwicklung auch nicht möglich. In der Vergangenheit sind Wärmenetzprojekte oftmals auf Basis von erdgasbetriebenen Blockheizkraftwerken entstanden. Regenerative Versorgungslösungen sind allerdings weitaus komplexer. Pauschale Annahmen zu Investitionen für die Ausgestaltung der Wärmeversorgungslösungen können dementsprechend nicht getroffen werden.

Die Untersuchung ist folglich eher als Wahrscheinlichkeitsrechnung zu verstehen, was sich sehr gut am Beispiel der Wärmeverteilungskosten zeigen lässt. Die Investition in ein Wärmenetz lässt sich mit einer höheren Wahrscheinlichkeit mit wirtschaftlichen und sozial verträglichen Wärmepreisen abdecken, wenn das Netz in Gebieten mit geringen Wärmeverteilungskosten errichtet wird, als in Gebieten mit hohen Wärmeverteilungskosten. Ohne die genauen Wärmepreise zu kennen, kann also durchaus eine Aussage darüber getroffen werden, wo diese Wärmepreise vermutlich höher und geringer ausfallen.

### 17.3 Alternativlosigkeit von Gebieten

Auch wenn die Alternativlosigkeit von Gebieten in einer quantitativen Untersuchung nicht mitberücksichtigt ist, empfehlen die Stadtwerke Konstanz, diesen Punkt bei der zukünftigen Projektentwicklung von Wärmeverbänden zu berücksichtigen. Es sollte allerdings gemäß den vorliegenden Ausführungen nachvollziehbar sein, dass in den Zonen 4, 5 und 6 mit weitaus höheren Wärmepreisen zu rechnen ist, als dies in anderen Gebieten zu erwarten ist. Grund ist der entsprechend höhere Aufwand in der Verlegung von Wärmenetzen. Hinzu kommt, dass die technische Machbarkeit der Trassenverlegung in den Zonen 4, 5 und 6 noch nicht geklärt ist. Auch hier empfiehlt sich eine tiefergehende Untersuchung.

### 17.4 Klärung der Potenziale von Konstanzer Trichter und Seerhein

Für die in dieser Untersuchung identifizierten Gebiete für Wärmenetze sind hauptsächlich Umweltenergiequellen (geklärtes Wasser, Seerhein und Obersee) identifiziert, außerdem die Abwärme der KVA Thurgau. Während für den Obersee bereits klare Regelungen für dessen thermische Nutzung vorliegen, sind für den Seerhein bislang keine konkreten Untersuchungen für die Erschließung von dessen thermischem Potenzial durchgeführt worden. Es empfiehlt sich daher, speziell für den Seerhein das technisch nutzbare thermische Potenzial zu erarbeiten, um die konkrete Projektentwicklung zu Wärmenetzen anstoßen zu können. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass in bis auf zwei Gebieten die thermische Nutzung des Konstanzer Trichters aufgrund der Bodenseerichtlinie vertiefte Prüfungen für dessen thermische Nutzung notwendig sein dürften. Die nutzbaren Gebiete begrenzen sich auf das Grenzgebiet zwischen Deutschland und der Schweiz und das Gebiet nahe der Bodenseetherme. Für die thermische Nutzung des Konstanzer Trichters müssen also entweder bestehende Regelungen für den Obersee angepasst werden oder Möglichkeiten erarbeitet werden, inwiefern Wasserentnahmeleitungen aus dem Konstanzer Trichter bis in tiefere Gebiete hinausgeführt werden können, um bspw. auch die Zone rund um das Klinikum mit Wärme aus dem Obersee zu versorgen.

## 17.5 Klärung zum Umgang mit Abwärme aus der KVA Thurgau

Regelungen zum Umgang mit Abwärme aus Müllverbrennungsanlagen sind in der Europäischen Union und in der Schweiz unterschiedlich. Zwar ist die Abwärme der Müllverbrennungsanlage als Energiequelle in dieser Arbeit mit aufgeführt, allerdings ist unklar, als wie klimafreundlich diese Abwärme künftig beurteilt werden wird. Während Umwelt- und Klimaschutzverbände und AktivistInnen häufig darauf verweisen, dass das stoffliche Aufkommen für Müllverbrennungsanlagen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft drastisch reduziert werden muss, ist es aktuell Realität, dass noch viel Abfall verbrannt wird. Auch wenn die daraus gewonnene Energie nicht als vollständig regenerativ klassifiziert werden dürfte, macht es Sinn, sie zu nutzen, anstatt sie ungenutzt der Umgebung zuzuführen.

## 17.6 Bioenergiedörfer in den Vororten

In den vergangenen Jahren bis Jahrzehnten sind deutschlandweit sogenannte Bioenergiedörfer entstanden. Speziell im süddeutschen Raum haben lokale Akteure eine Vielzahl von Projekten mit einem Fokus auf Solarthermie und Biomasse umgesetzt. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Konstanzer Ortsteile Dettingen-Wallhausen, Dingelsdorf und Litzelstetten zunächst keine Prioritätsgebiete für den Bau von Wärmenetzen darstellen. Gleichzeitig ist die Nutzung von Solarthermie allerdings nur in den Vororten möglich, da im städtischen Bereich wenig bis keine geeigneten Freiflächen vorhanden sind. Eine Ausnahme stellt dabei der Verkehrslandeplatz dar, welcher als eine „freie Fläche“ in unmittelbarer Nähe von dichter Wohnbebauung für die Energieerzeugung infrage kommen könnte. Bei der Nutzung von Solarthermie in Kombination mit Biomasse ist hervorzuheben, dass der solarthermische Anteil meist bei eher 10 bis 20 % liegt. Sprich: 80 bis 90 % werden oftmals durch Holzhackschnitzelanlagen bereitgestellt. Eine Projektentwicklung von Bioenergiedörfern hat also zur Folge, dass die Nutzung von Biomasse einen weitaus höheren Anteil am zukünftigen Wärmeenergiesystem haben wird als heute. Zu beachten ist dabei die Frage, wie viel Biomasse nachhaltig und regional zur Verfügung gestellt werden kann.

## 17.7 Energieplanung als Teil der Stadtplanung

Die Energiewende soll dezentral basierend auf lokalen regenerativen Energieressourcen umgesetzt werden. Dieser Ansatz ist auch bei der strategischen Wärmenetzplanung berücksichtigt, indem das Vorhandensein lokaler Energieressourcen einfließt. Unser heutiges Energiekonzept ist dagegen überwiegend so gestaltet, dass fossile Energieträger für die Wärmeerzeugung aus dem Ausland importiert werden und lediglich durch Gasleitungen oder Öllieferanten in den Städten verteilt werden müssen. Auch das Stromsystem ist tendenziell so gestaltet, dass Strom außerhalb der Städte zentral durch Großkraftwerke, mittlerweile aber auch dezentral mit erneuerbarer Energie, erzeugt wird. Auch hier wird ein Großteil der Energie von außerhalb nach Konstanz geleitet und dort nur verteilt.

Je dezentraler und je lokaler die Energiewende wird, desto mehr muss Energieplanung zu einem Teil der Stadtplanung werden. Bei der Erschließung neuer Gebiete wie auch bei der Sanierung von Bestandsgebieten müssen stets folgende Fragen gestellt und beantwortet werden:

- „Woher kommt meine Erneuerbare Energie? Wie kann sie lokal nutzbar gemacht werden? Wie kann sie verteilt werden?“
- „Werden neben lokalen Energieressourcen auch welche von außerhalb benötigt (insb. Strom, Gas zur Spitzenlastabdeckung, etc.)?“

Die Stadtplanung muss sich folglich darüber bewusst sein, dass die lokal-erneuerbare Energiewende in jeglichen Stadtentwicklungsvorhaben von Anfang an mitgedacht werden muss und Flächen zur Energiegewinnung, -verarbeitung und -verteilung in ausreichendem Maße gesichert und bereitgestellt werden. Die Verfügbarkeit von Flächen zur Aufbereitung und -verteilung der lokalen Energiequellen wurde in dieser Arbeit nur am Rande berücksichtigt, sie erfordert für die konkrete Umsetzung eine intensiviertere bereichsübergreifende Kooperation.

## 17.8 Kältebedarfe

Die gleichzeitige Verlegung von Wärme- und Kältenetzen ist aufgrund großer Synergieeffekte empfehlenswert. Andere Städte wie bspw. Zürich und auch München haben bereits ausgedehnte Kältenetze. Während der Energienutzungsplan der Stadt Konstanz Wärmebedarfe beinhaltet, tätigt er keine Aussage über den Kältebedarf einzelner Gebäude. Daher können heute auch keine flächendeckenden Aussagen zum Kältebedarf gemacht werden. Es stellt sich vermutlich auch schwierig dar, diese Kältebedarfe flächendeckend zu ermitteln. Zu berücksichtigen ist stets, dass bei der Projektentwicklung von Wärmenetzen die Kältelieferung mitgedacht und hinsichtlich ihrer Potenziale geprüft werden sollte. Dies kann zu Effizienzsteigerungen und Kostenersparnissen führen und gleichzeitig eine erneuerbare Kältelieferung ermöglichen.

## 17.9 Absenkpfad für Wärmebedarfe

Die in dieser Arbeit angesetzten Wärmebedarfe beziehen sich auf die heutige Zeit. Selbstverständlich ist damit zu rechnen, dass perspektivisch Wärmenetze für einen geringeren Wärmebedarf geplant werden müssen als heute, da davon auszugehen ist, dass Gebäude energetisch saniert werden. Solcherlei Themen müssen in der Fachplanung von Wärmenetzen Berücksichtigung finden, sind im Rahmen dieser Arbeit aber nicht in die Betrachtung mit eingeflossen. Im Idealfall führt eine Kombination aus der Sanierung bereits angeschlossener Gebäude und einer Erhöhung der Anschlussquote dazu, dass die Netze sich bei gleichbleibendem Absatz auf immer mehr Gebäude ausweiten.

## 17.10 Quaggamuschel

Diese Arbeit geht davon aus, dass die thermische Nutzung des Seerheins und des Obersees technisch problemlos möglich ist. Die generelle thermische Nutzung von Seen wurde anhand einer Vielzahl von Projekten in der Schweiz bereits erprobt. Die Gefahr der Quaggamuschel besteht darin, dass durch sie Rohrleitungen der Wasserentnahme und -rückgabe sowie Wärmetauscher besiedelt werden. In beiden Fällen sind Lösungen zu finden, wie mit der Besiedelung so umzugehen ist, dass weiterhin ein effizientes System zur Wärmeversorgung betrieben werden kann. Stand 2021 besiedelt die Quaggamuschel die Schweizer Seen Bodensee, Genfer See, Neuenburgsee, Bielersee und den Murtensee. In Zürich und Luzern, wo die Seewasserwärme auch genutzt wird, ist die Quaggamuschel noch nicht nachgewiesen.<sup>31</sup> Es empfiehlt sich ein übergeordneter Ansatz für einen Erfahrungsaustausch im Umgang mit der Quaggamuschel in Seen, welche mit der Quaggamuschel besiedelt sind und bereits die Seewasserwärme nutzen. Dies ist beispielsweise am Genfer See der Fall.

.....  
<sup>31</sup> *The distribution and spread of quagga mussels in perialpine lakes north of the Alps, Haltiner et. al [2022]; [https://www.reabic.net/aquaticinvasions/2022/AI\\_2022\\_Haltiner\\_et.al.pdf](https://www.reabic.net/aquaticinvasions/2022/AI_2022_Haltiner_et.al.pdf)*

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass Konstanz erneuerbare Ressourcen für die Wärmeherzeugung zur Verfügung hat. Es zeigt sich auch, dass in räumlicher Nähe dieser Ressourcen Gebiete vorhanden sind, welche sich für den Aufbau von Wärmenetzen eignen. Die Ergebnisse differenzieren in Gebiete mit besserer und schlechterer Eignung für den Aufbau von Wärmenetzen. Die großen Hebel, um die Wärmewende mittels Wärmenetzen umzusetzen, befinden sich demnach eher im urbanen Raum als im ländlichen Gebiet. Es empfiehlt sich bei der Projektentwicklung strategisch vorzugehen und zunächst vielversprechende Gebiete anzugehen, deren Erfolgchancen als höher einzustufen sind. Gleichzeitig sind Wärmenetze nur ein Baustein der Wärmewende. Speziell im weniger dicht besiedelten Raum mit Ein- und Zweifamilienhäusern müssen dezentrale Lösungen einen weiteren Baustein darstellen. Es empfiehlt sich, die Handlungsempfehlungen aus Kapitel 17 wahrzunehmen, um aktuell noch bestehende Lücken für eine schnelle Umsetzung der Wärmewende mittels Wärmenetzen zu schließen.

**Mehr Konstanz im Leben.**  
*Deine Stadtwerke.*

**Stadtwerke Konstanz GmbH**  
Marketing und Vertrieb

Max-Stromeyer-Straße 21-29  
78467 Konstanz

Telefon: 07531 803-0

E-Mail: [info@stadtwerke-konstanz.de](mailto:info@stadtwerke-konstanz.de)

.....  
[www.stadtwerke-konstanz.de](http://www.stadtwerke-konstanz.de)  
.....