



Hochschule für Forstwirtschaft
Rottenburg

Hochschule für Angewandte Wissenschaften

BACHELORARBEIT

Wärmebedarfsermittlung und Konzipierung eines
Wärmenetzes mit Heizzentrale in Rottenburg
Oberndorf

Janik Schückler
Adersbacher Str.1
74889 Sinsheim

Allgemeine Angaben

Verfasser und Wohnadresse

Janik Schückler

Adersbacher Straße 1

D-74889 Sinsheim

Erstprüfer

Herr Prof. Dr. rer.nat. Martin Brunotte, Hochschule für Forstwirtschaft

Zweitprüfer

Herr Thomas Hartmann, Geschäftsführer Hartmann Energietechnik GmbH

Anschrift der HFR

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Schadenweilerhof

72108 Rottenburg am Neckar

Praktikumsstelle

RUOFF Energietechnik GmbH

Rudolf-Diesel-Straße 5

72585 Riederich

Copyright

© 2020

D-72108 Rottenburg

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung reproduziert oder über elektronische Systeme verbreitet werden. Die Genehmigung ist bei der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg einzuholen. Bei gesperrten Arbeiten ist jegliche Art der Weiterverwendung verboten.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Kurzfassung.....	1
Abstract.....	2
1. Einleitung	3
2. Stand des Wissens	4
2.1 Wärmeversorgung durch Wärmenetze.....	4
2.2 Allgemeine Vorteile eines Nahwärmenetzes	5
2.3 Erste Beurteilungskriterien für ein Wärmenetz	7
2.4 Solar unterstützte Wärmenetze aus der Praxis	8
2.4.1 Das Bioenergie Dorf Büsingen	8
2.4.2 Solare Fernwärme in der dänischen Kleinstadt Marstal	10
2.5 Solarunterstützte Wärmenetze	13
2.6 Solarer Deckungsanteil	15
2.7 Zusätzliche Wärmeerzeuger in solar unterstützten Wärmenetzen	16
2.8 Verschiedene Wärmenetzstrukturen	17
2.9 Rohrsysteme zur Wärmeverteilung	19
2.10 Wärmeübergabe am Gebäude und Warmwasserbereitung von Trinkwasser	21
3. Material und Methoden.....	25
3.1 Der Ortsteil Oberndorf bei Rottenburg am Neckar	25
3.1.1 Oberndorf als Vorranggebiet für ein Wärmenetz.....	26
3.2 Vorgehen bei der Datenerhebung	26
3.3 Abschätzung von Gebäudedaten	28
3.4 Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung des Wärmebedarfs	29
3.4.1 Berücksichtigung des Jahresnutzungsgrades von Heizungsanlagen.....	29
3.4.2 Heizwerte von Brennstoffen	31

3.5 Bestimmung des Wärmeverbrauchs aus abgeschätzten Daten	32
3.6 Ermittlung und Berücksichtigung des Ertrages der Solarthermieanlagen.....	33
4. Ergebnisse	36
4.1 Auswertung der Fragebögen und der abgeschätzten Daten	36
4.2 Energieträgerauswertung und Wärmebedarfsermittlung	52
4.2.1 Auswertung der eingesetzten Energieträger und ermittelter Wärmebedarf....	52
4.2.2 Wärmebedarfsdichte in Oberndorf	55
4.3 Standort von Kollektorfeld und Heizzentrale	57
4.4 Grobauslegung des Rohrnetzes zur Wärmeverteilung.....	59
5. Diskussion	61
5.1 Mögliche Herausforderungen bei einer Projektrealisierung in Oberndorf	61
5.2 Einwände gegen ein Wärmenetz in Oberndorf.....	64
6. Zusammenfassung und Ausblick	68
7. Literaturverzeichnis	70
8. Datenverzeichnis	72
9. Eidesstattliche Erklärung.....	74
10. Anhang	75

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
°C	Grad Celsius
a	annus (Jahr)
bzw.	beziehungsweise
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CPC	Compound Parabolic Concentrator
etc.	et cetera
GWh	Gigawattstunde
ha	Hektar
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
KW	Kaltwasser
kW _{el}	Kilowatt elektrisch
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW _p	Kilowatt peak
kW _{th}	Kilowatt thermisch
l	Liter
LKW	Lastkraftwagen
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
MW _{th}	Megawatt thermisch
ORC	Organic Rankine Cycle
RL	Rücklauf
rm	Raummeter
TW	Trinkwasser
usw.	und so weiter
vgl.	vergleiche
VL	Vorlauf
WW	Warmwasser
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vereinfacht dargestellter Aufbau eines Wärmenetzes.....	4
Abbildung 2: Heizzentrale und Freiflächenkollektoren im Bioenergiedorf Büsingen	9
Abbildung 3: Luftaufnahme der solaren Fernwärmanlage in Marstal	11
Abbildung 4: Solare Deckungsanteile verschiedener Anlagentypen am Wärmebedarf	14
Abbildung 5: Jahreszeitlicher Verlauf von Raumwärmebedarf und solarer Einstrahlung.....	15
Abbildung 6: Strahlennetz	18
Abbildung 7: Ringnetz	18
Abbildung 8: Maschennetz	19
Abbildung 9: Aufbau eines Kunststoffmantelrohrs	20
Abbildung 10: Flexibles Kunststoffmantelrohr.....	20
Abbildung 11: Querschnitt Doppelrohr.....	20
Abbildung 12: Direkter Hausanschluss.....	21
Abbildung 13: Indirekter Hausanschluss.....	21
Abbildung 14: Typische Wärmeübergabestation im Keller montiert.....	22
Abbildung 15: Schema Durchflusssystem.....	23
Abbildung 16: Schema Speichersystem	24
Abbildung 17: Schema Speicherladesystem.....	24
Abbildung 18: Simulationsergebnis eines Gebäudes aus Oberndorf	33
Abbildung 19: Gebäudetypologie in Oberndorf	36
Abbildung 20: Solarthermieanlagen auf den Dachflächen in Oberndorf.....	37
Abbildung 21: Zukünftig geplante energetische Sanierungen der Gebäude.....	39
Abbildung 22: Baulicher Zustand der Gebäude	40
Abbildung 23: Dämmstandard der Gebäude.....	41
Abbildung 24: Art der Heizungen.....	42
Abbildung 25: Heizungssysteme	43
Abbildung 26: Alter der Heizungsanlagen.....	44
Abbildung 27: Unverbindliches Interesse der Befragten an einer Nahwärmeversorgung	45
Abbildung 28: Interesse an einem Wärmenetzanschluss der Befragten	46
Abbildung 29: Gewichtung der Gründe gegen einen Nahwärmenetzanschluss	47
Abbildung 30: Aspekte beim Umstieg auf Nahwärme	48
Abbildung 31: Interesse der Befragten an der Mitarbeit in einer Arbeitsgruppe	50
Abbildung 32: Anzahl potentieller Vertreter in der jeweiligen Arbeitsgruppe	50
Abbildung 33: Interessensbekundung der Befragten an schnellem Internet.....	51
Abbildung 34: Wärmebedarfsdichte in Oberndorf	55
Abbildung 35: Potentieller Standort für Heizzentrale und Kollektorfeld	57
Abbildung 36: Mögliche Anordnung der Komponenten am Standort.....	59
Abbildung 37: Möglicher Trassenverlauf eines Nahwärmenetzes in Oberndorf	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Hauptkomponenten der Fernwärmanlage in Marstal	12
Tabelle 2: Jahresnutzungsgrade verschiedener Heizungsarten	30
Tabelle 3: Heizwerte verschiedener Brennstoffe	31
Tabelle 4: Anzahl und Fläche nach Kollektorarten	38
Tabelle 5: Jährlicher Verbrauch nach Energieträger und Heizungsanzahl	52
Tabelle 6: Berechneter Wärmebedarf der Gebäude aus den Datenerhebungen	54

Kurzfassung

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie eines potentiellen Nahwärmenetzes für die Gemeinde Oberndorf, einem Stadtteil der Stadt Rottenburg am Neckar, soll überprüft werden, ob die Idee eines Projektes einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung weiter in Betracht gezogen werden kann. Bezüglich der Wärmeversorgung von Gebäuden gibt es verschiedene Lösungsansätze. So kann klassisch in jedem Gebäude eine Heizungsanlage installiert werden. Alternativ dazu können aber auch größere, zusammenhängende Gebiete, bis hin zu einem gesamten Dorf, durch ein Wärmenetz versorgt werden. In diesem Fall wird die Wärme in einer Heizzentrale erzeugt und im Anschluss über Rohrleitungen zu den Verbrauchern verteilt. Diese Art der Wärmeversorgung bietet nicht nur dem Gebäudeeigentümer, sondern auch einer Gemeinde, eine ganze Reihe an Vorteilen. Darüber hinaus können in einem Nahwärmenetz erneuerbare Energieträger sehr gut eingebunden und effizient genutzt werden, wovon alle an das Netz angeschlossenen Verbraucher profitieren.

Um beispielsweise Aussagen über den Wärmebedarf der Gebäude, sowie das Interesse, von Seiten der Bürger, an einer Nahwärmeversorgung in Erfahrung zu bringen, wurde ein Fragebogen erstellt und an alle Haushalte verteilt. Sonstige wesentliche Daten, unter anderem solche, die zur Berechnung des Wärmebedarfs der nicht mit den Fragebögen erfassten Gebäude dienen, wurden im Zuge einer Vorortbegehung abgeschätzt.

Das Resultat der ausgewerteten Fragebögen hat ergeben, dass die eindeutige Mehrheit der Befragten grundlegend an einem Anschluss an ein Wärmenetz interessiert ist. Vor allem ökologische Aspekte, wie der Beitrag zum Klimaschutz durch Nutzung regenerativer Energieträger, die Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen, aber auch Aspekte wie eine mögliche Kostenersparnis und der geringere Aufwand bei solch einer Wärmeversorgung, stehen im Vordergrund der Befragten. Das gegenüberstehende fehlende Interesse der restlichen Befragten ist größtenteils darauf zurückzuführen, dass deren Heizungsanlage erst vor kurzem erneuert wurde und somit vorerst nach keiner anderen Alternative mehr gesucht werden muss. Teilweise ist auch die Unwissenheit der Bürger, bezüglich des Themas der Nahwärme, Grund für das zögernde Verhalten. Was die Voraussetzung einer ausreichend hohen Wärmebedarfsdichte betrifft, ist für Oberndorf festzustellen, dass zwischen einzelnen Gebieten zwar Schwankungen zu verzeichnen sind, jedoch flächendeckend diese Grundvoraussetzung prinzipiell erfüllt ist. Der ermittelte Wärmebedarf hat ergeben, dass den Gebäuden rund 8,1 GWh an Wärme über das Wärmenetz bereitgestellt werden müssten. Zusammenfassend führen die Ergebnisse zur Erkenntnis, dass aus verschiedenen Perspektiven betrachtet, ein Nahwärmenetz durchaus eine Möglichkeit der zukünftigen Wärmeversorgung der Gebäude in Oberndorf darstellen könnte.

Abstract

As part of a feasibility study of a potential local heating network for the municipality of Oberndorf, a district of the city of Rottenburg am Neckar, it will be examined whether the idea of a project for a pipeline linked heat supply can be further considered. There are various solutions for the heat supply of buildings. In this way, a heating system can be installed in any building. Alternatively, larger contiguous areas, up to an entire village, can be supplied by a heating network. In this case, the heat is generated in a heating centre and then distributed to consumers via pipelines. This type of heat supply offers not only the building owner, but also a whole range of advantages to a municipality. In addition, renewable energy sources can be very well integrated and used efficiently in a local heating network, benefiting all consumers connected to the network.

For example, in order to find out about the heat requirements of the buildings, as well as the interest on the part of the citizens, in a local heating supply, a questionnaire was prepared and distributed to all households. Other data, including those used to calculate the heat requirements of buildings not covered by the questionnaires, were estimated during a suburban inspection.

The result of the evaluated questionnaires has shown that the clear majority of respondents are fundamentally interested in connecting to a heating network. The respondents focus on environmental aspects, such as the contribution to climate protection through the use of renewable energy sources, the independence from fossil fuels, but also aspects such as possible cost savings and the reduced effort involved in such a heat supply. The lack of interest of the remaining respondents is largely due to the fact that their heating system has only recently been renewed and therefore no other alternative has to be sought for the time being. In part, the ignorance of citizens about the issue of local heating is also the reason for the hesitation. As far as the condition of a sufficiently high density of heating requirements is concerned, it should be noted for Oberndorf that although there are fluctuations between individual areas, this basic requirement is met in principle throughout the country. The heat demand determined showed that around 8.1 GWh of heat would have to be supplied to the buildings via the heating network. In summary the results lead to the realization that from different perspectives, a local heating network could well represent a possibility of future heat supply to the buildings in Oberndorf.

1. Einleitung

Im Rahmen des Klimaschutzes bedarf es einer erfolgreichen Energiewende aller drei Sektoren, das heißt Strom, Wärme und Verkehr. Neben der stark im Fokus gehaltenen Energiewende des Stromsektors, gilt es gerade auch noch dem Wärmesektor zukünftig große Beachtung zu schenken. In diesem Sektor ist, neben einer Reduktion des Wärmebedarfs, eine Erhöhung des Anteils regenerativer Energiequellen zur Wärmeerzeugung zwingend notwendig. Noch im Jahr 2016 wurden zur Deckung des Endenergieverbrauchs der Raumwärme und des Warmwassers zu 72% fossile Energieträger eingesetzt, wobei unter den erneuerbaren Energieträgern der Einsatz von Biomasse zur Wärmeerzeugung klar dominierte. Den Solarthermie- und Wärmepumpenanlagen ist zum damaligen Zeitpunkt die geringste Bedeutung zuzuordnen. Dennoch ist dabei zu bedenken, dass auch die Biomasse zur Wärmeerzeugung nachhaltig nur begrenzt zur Verfügung steht, weshalb auch noch andere verschiedene erneuerbare Energiequellen, wie z.B. die Solarthermieanlagen, verstärkt von Relevanz sein werden (Quaschnig 2020).

Im Zusammenhang einer zukünftig nachhaltigen Energiewende im Wärmesektor, können Wärmenetze als mögliches Schlüsselement gesehen werden, da durch einen zukünftigen Aus- und Neubau von Wärmenetzen, die Wärmewende weiter vorangetrieben werden kann. Durch den Einsatz Erneuerbarer Energien in der Wärmeerzeugung eines Wärmenetzes, lassen sich so viele Haushalte mit nachhaltig erzeugter Wärme versorgen. Dass vor allem Solarthermieanlagen, hinsichtlich der regenerativen Energiequellen, mit einem großen Potential in der Wärmeerzeugung verbunden sind, zeigen unter anderem die zwei in dieser Arbeit vorgestellten Projekte solar unterstützter Wärmenetze. Gerade durch das Bioenergiedorf in Büsingen ist in Deutschland erstmals ein sehr bedeutsamer Meilenstein, hinsichtlich der regenerativen Wärmeerzeugung, in Wärmenetzen gesetzt worden. Zum ersten Mal wird eine Solarthermieanlage, neben den Holzhackschnitzelkesseln, zur Deckung des Wärmebedarfs miteingebunden. Dieses Projekt beweist somit sehr erfolgreich, dass ein ganzes Dorf über ein Wärmenetz komplett mit nachhaltig erzeugter Wärme versorgt werden kann und dass sich auch gleichzeitig durch Nutzung der solaren Strahlung der Einsatz von Biomasse reduzieren lässt. Aus diesem Grund ist ein solches Modell, als Vorbildfunktion für den Beitrag in der Wärmewende zu betrachten.

Im Zuge dieser Arbeit, soll an dem Punkt einer nachhaltigen Wärmeversorgung angeknüpft und im Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht werden, ob in Oberndorf der Aufbau eines Nahwärmenetzes, als Lösung einer zukünftigen Wärmeversorgung der Haushalte, in Betracht gezogen werden kann. Zunächst wird zu Beginn dieser Arbeit ein allgemeiner Überblick bezüglich des Themenfeldes von Wärmenetzen gegeben, in dem z.B. auf das grundlegende Prinzip einer solchen Versorgung, aber auch speziell auf solar unterstützte Wärmenetze, anhand zweier Beispiele aus der Praxis, eingegangen wird. Anschließend werden sowohl die Ergebnisse aus der Auswertung der Fragebögen, als auch die aus der Vorortbegehung, ausführlich dargestellt. Weiterhin soll aber auch am Ende noch auf mögliche Herausforderungen, die es womöglich im Kontext bei einer potentiellen Umsetzung eines Nahwärmenetzprojektes in Oberndorf zu bewältigen gilt, Bezug genommen werden.

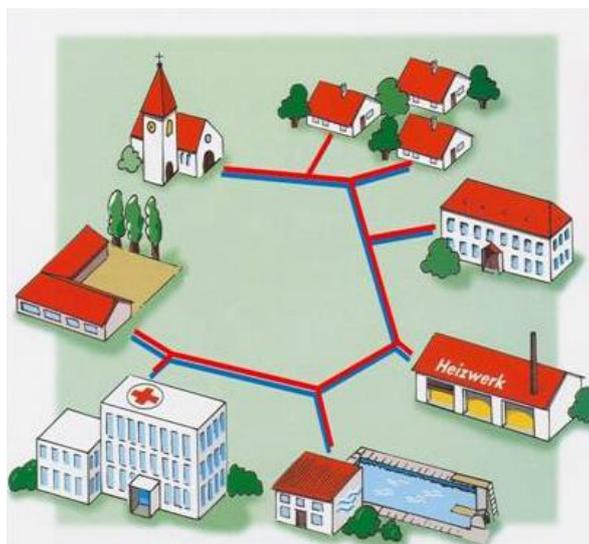
2. Stand des Wissens

2.1 Wärmeversorgung durch Wärmenetze

Zur Deckung des Wärmebedarfs von Gebäuden können, für die Wärmebereitstellung, unterschiedlichste Varianten genutzt werden. Neben einzelnen Heizungsanlagen in jedem Gebäude, kann die Wärmeversorgung auch durch einen Anschluss an ein Wärmenetz erfolgen. Auf die grundsätzliche Funktionsweise eines Wärmenetzes soll nun im Folgenden näher eingegangen werden.

In einem Wärmenetz werden die Verbraucher meist durch erdverlegte Rohrleitungen mit Wärme versorgt. Die Wärmebereitstellung, für welche unterschiedlichste Wärmequellen genutzt werden können, findet hierbei an zentraler Stelle statt. Heiz- oder Heizkraftwerke, Biogasanlagen usw. sind Beispiele für Wärmequellen, welche Wärme erzeugen und im Anschluss in das Wärmenetz einspeisen, um so Wohnhäuser, gewerbliche Gebäude, Schulen etc. zu versorgen. Auch Abwärme lässt sich zur Versorgung des Netzes nutzen, sofern diese in unmittelbarer Nähe verfügbar ist. In Abhängigkeit der lokalen Umstände ist auch eine Kombination aus verschiedenen Wärmequellen, wie auch die Einbindung einer Solarthermieanlage denkbar. Zunächst muss in der Heizzentrale Wärme, durch z.B. einen Biomassekessel, erzeugt werden, bevor diese dann meist in Form von heißem Wasser, durch das Netz, zum Kunden gepumpt wird. Durch einen beim Kunden installierten Wärmetauscher, wird die Wärme vom Netz an den Heizkreislauf im Gebäude übertragen. Dort kann sie unter anderem zur Beheizung des Gebäudes genutzt werden. Dabei wird das Wasser des Wärmenetzes wieder abgekühlt und gelangt durch eine zweite Rohrleitung zurück zur Heizzentrale. Nun beginnt der Kreislauf auf ein Neues. In einem Wärmenetz ist von einem Zusammenschluss aus wenigen Gebäuden, bis hin zur Versorgung von größeren Quartieren bzw. auch ganzen Stadtteilen, alles möglich. In Abhängigkeit der Netzgröße spricht man von Nah- oder Fernwärmenetzen (C.A.R.M.E.N. e.V. 2020).

Abbildung 1: Vereinfacht dargestellter Aufbau eines Wärmenetzes



Quelle: C.A.R.M.E.N. e.V. 2020

Allerdings kann der Begriff der Nahwärme weder klar vom Begriff der Fernwärme abgegrenzt, noch definiert werden. Trotzdem findet oftmals im fachsprachlichen Gebrauch eine Unterscheidung der Begrifflichkeiten statt. Im Zuge der funktionalen Betrachtungsweise, muss zwischen den beiden Begriffen nicht unterschieden werden, da in beiden Fällen das gleiche Prinzip mit ähnlicher Anlagenzusammensetzung zugrunde liegt. Nur in einzelnen Anlagenkomponenten sind Gegensätze festzustellen. In Fernwärmesystemen wird Wärme direkt in Heizwerken erzeugt oder aus Stromerzeugungsanlagen, welche klassischerweise mit Dampfprozessen betrieben sind, ausgekoppelt und in ausgedehnte Netze eingespeist. Die Anlagen zur Wärmeerzeugung weisen, im Vergleich zu denen in einem Nahwärmenetz, größere Leistungen auf. In Nahwärmenetzen sind die räumlichen Entfernungen von Verbrauchern und Erzeugungsanlagen, sowie das Leitungsnetz zur Wärmeverteilung, nicht so stark ausgeprägt. Zur Bereitstellung von Wärme spielen hier vor allem Kesselanlagen, aber auch mit immer größer werdender Relevanz KWK-Anlagen, eine Rolle. Diese eher kleineren Erzeugungsanlagen können, im Gegensatz zu den größeren Kraftwerken, in Fernwärmenetzen deutlich flexibler an den Leistungsbedarf angepasst, gefahren werden. Um dennoch, für ein besseres Verständnis, das Nahwärmenetz von einem Fernwärmenetz zu trennen, können folgende zwei Faktoren als mögliche Anhaltspunkte dienen. So beträgt in einem Nahwärmenetz die thermische Leistung aller Erzeugungsanlagen etwa 5 MW und die Temperatur des Wärmeträgers beträgt weniger als 110 °C. Außerdem werden vorwiegend regenerative Energieträger zur Wärmebereitstellung genutzt (Krimmling 2011).

2.2 Allgemeine Vorteile eines Nahwärmenetzes

Nahwärmenetze als Infrastruktur zur Wärmeversorgung von Gebäuden, weisen in vielerlei Hinsicht eine große Anzahl von Vorteilen auf. Bezüglich der Wärmeerzeugung besteht die Möglichkeit, auf eine Vielzahl von Technologien zurückzugreifen. Besonders gut können aber erneuerbare Energien in solche Systeme eingebunden werden. Mit dem Einsatz von regenerativen Energieträgern, lässt sich die Abhängigkeit zu fossilen Energieträgern reduzieren, was im Sinne einer nachhaltigen Energieversorgung positiv zu werten ist. Ein weiterer Vorteil von Nahwärmenetzen ist deren Flexibilität und Zukunftsoffenheit, damit verbunden auch deren Technologieoffenheit. Das Leitungsnetz stellt, wenn es einmal aufgebaut ist, lediglich nur die Verteilstruktur dar. Die Energiequellen, welche das Netz versorgen, sind aber sehr flexibel und auch für die Wahl des Energieträgers zukunfts offen. Jegliche Optionen in der Wärmeerzeugungstechnik wie z.B. die Erweiterung um eine Solarthermieanlage oder KWK-Anlage sind denkbar. Vorteilhaft an einer Nahwärmeversorgung ist folglich, dass jedem angeschlossenen Objekt am Netz, die Änderung auf einen neuen Stand der Technik in der Heizzentrale und die Versorgung mit erneuerbarer Wärme zu Gute kommen. Dabei müssen die Bauarbeiten nur in der Heizzentrale und nicht an jedem einzelnen Gebäude durchgeführt werden. Auch das Verlagern der Heizungstechnik von jedem einzelnen Gebäude auf einen zentralen Punkt, nämlich in die Heizzentrale, ermöglicht ein effizientes Betreiben und Instandhalten der Anlagen (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2007).

Außerdem bietet der Einstieg in eine Nahwärmeversorgung einer Gemeinde ebenfalls Vorteile an. Überwiegend fossil versorgte Gebiete sind mit einem Geldabfluss verbunden, was wiederum zu einem Wohlstandsverlust beiträgt. Im Gegensatz dazu tragen Nahwärmenetze zu einer regionalen Wertschöpfung bei. Durch den Einsatz von regenerativen Energien werden nicht nur CO₂-Emissionen eingespart, auch die Energiebereitstellung lässt sich auf die Region beschränken, wodurch keine Gelder mehr abfließen, sondern vielmehr als Kaufkraft vor Ort erhalten bleiben. So vereinen sich der Beitrag zum Klimaschutz und die regionale Wertschöpfung. Darüber hinaus ist eine langfristige Wärmeversorgung in der Gemeinde gewährleistet. Mit dem Bau des Leitungsnetzes lassen sich Synergieeffekte erzielen. Oftmals können so mehrere Modernisierungsschritte sinnvoll kombiniert und in einem Zuge durchgeführt werden. Dies können z.B. das gleichzeitige Verlegen von Glasfaserkabel, die Sanierung des Wasser- und Abwassersystems oder die Straßensanierung sein. Die dabei anfallenden Tiefbaukosten teilen sich auf. Am Ende des Nahwärmenetzes stehen die Wärmekunden, welche bei einem Umstieg auf die leitungsgebundene Wärmeversorgung, im Gegensatz zu einem individuellen Heizungssystem, von einer Vielzahl an Vorteilen profitieren. Die nun folgend aufgeführten Aspekte zeigen auf, warum gerade der Anschluss an ein Wärmenetz sinnvoll ist und welche Vorteile damit verbunden sind. Aus den unterschiedlichsten Gesichtspunkten ist ein Nahwärmeanschluss komfortabler, als die eigene Heizung. Es muss sich nicht mehr um die Beschaffung des Brennstoffes gekümmert werden. Im Vergleich zu fossilen Energieträgern unterliegt der Nutzer keinen starken Preisschwankungen mehr und muss nicht den besten Zeitpunkt günstiger Ölpreise abwarten. Die eigenen anfallenden Heizkosten sind besser kalkulierbar. Durch einen Anschluss an das Wärmenetz wird die vorhandene Heizungsanlage nicht mehr benötigt. Somit ist es bedeutend weniger Aufwand, denn die Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen für den Heizungskessel sind nicht mehr nötig. Sämtliche damit verbundene Kosten, wie auch die Schornsteinfegerkosten, entfallen zukünftig. Im gleichen Zuge stehen die Räume, in welchen sich das Brennstofflager und der Heizungskessel befanden, einer anderen Nutzung zur Verfügung. Der Mehrwert liegt folglich in einem größeren Platzangebot im Haus. Sofern eine Ölheizung installiert war, ist nun kein Ölgeruch mehr zu vernehmen. Auch der Anschluss von Neubauten an ein Nahwärmenetz, in welchem ausschließlich erneuerbare Energien zur Wärmeerzeugung genutzt werden, ist sehr vorteilhaft. Gesetze, wie die Energieeinsparverordnung und das Erneuerbare Energien Wärmegesetz, können eingehalten werden. Diese fordern unter anderem einen niedrigen Primärenergiebedarf des Hauses und einen Mindestanteil von erneuerbaren Energien bei der Energieversorgung eines Gebäudes. Zur Berechnung des Primärenergiebedarfs, kann ein Primärenergiefaktor von 0,2 angesetzt werden. Ebenso wird auch, der zur Nutzung von erneuerbaren Energien vorgeschriebene Mindestanteil, komplett erfüllt (Naturstrom AG 2020).

2.3 Erste Beurteilungskriterien für ein Wärmenetz

Der Aufbau eines Wärmenetzes in einem ganzen Ort oder auch in Stadtteilen, kann aus den verschiedensten Gründen eine sehr gute Alternative gegenüber einzelnen Heizsystemen in jedem Gebäude darstellen. Allerdings ist aber der Bau einer solchen Wärmeversorgung mit hohen Kosten verbunden. Die Wirtschaftlichkeit bei einem Neubau eines Wärmenetzes hängt von unterschiedlichen Rahmenbedingungen ab, weshalb die einzelnen beeinflussenden Faktoren, unbedingt im Auge behalten werden müssen. Ob nun also ein Aufbau der leitungsgebundenen Wärmeversorgung sinnvoll ist und die Idee eines Wärmenetzes weiterverfolgt werden sollte, kann bereits schon im Vorfeld durch einfache Beurteilungskriterien abgeschätzt werden. Umso mehr der nun folgend genannten Aspekte zutreffend sind, desto lohnenswerter und wirtschaftlicher ist es, eine solche Infrastruktur in Betracht zu ziehen und diese dann auch zu betreiben.

Zu der mitunter wichtigsten Grundvoraussetzung, für den Aufbau eines Wärmenetzes, ist eine ausreichend hohe Wärmebedarfsdichte im geplanten Versorgungsgebiet zu zählen. Um eine grundsätzliche Wirtschaftlichkeit zu gewähren, sollte der Wärmebedarf den Wert von 250-300 MWh/ha*a nicht unterschreiten. Je höher dieser Wert ist, desto besser sind die Voraussetzungen, denn eine steigende Wärmebedarfsdichte hat in vielerlei Hinsicht positive Auswirkungen auf eine insgesamt günstigere Ausgangssituation. Begünstigt wird diese durch z.B. Großabnehmer mit hohem Wärmebedarf oder auch durch eine hohe Bebauungsdichte. Daher sollten auch die Bebauungsstruktur und Objekte mit hohem Wärmeverbrauch mitberücksichtigt werden. Im Regelfall tauschen Eigentümer eine funktionierende Heizungsanlage nicht aus, bevor diese nicht kaputt ist oder ausgetauscht werden muss. Tritt jedoch einer der beiden genannten Fälle ein, wird eventuell der ein oder andere über einen Nahwärmeanschluss nachdenken, falls ein solches Angebot besteht. Es stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob es Wohngebiete gibt, in welchen in naher Zukunft viele Heizungssysteme austauschpflichtig sind. Vorbildobjekte können oftmals eine Welle von Nachfolgern auslösen. Angesichts dessen sollte überprüft werden, ob es womöglich Objekte gibt, die als Kristallisationskeim für die Nahwärme eine Wirkung erzielen. Hierzu zählen z.B. öffentlich oder gewerblich genutzte Gebäude. Ferner kann auch, falls vorherrschend, eine Schadstoffbelastung, durch viele Einzelfeuerungsanlagen, eine Nahwärmeversorgung begünstigen. Neben der reibungslosen Verteilung der Wärme ist die Energieerzeugung, mit der damit verbundenen Bereitstellung von Rohstoffen, ein sehr wichtiger Schlüsselparameter hinsichtlich der Gesamtbetrachtung. Um Transportwege möglichst kurz zu halten und Kosten zu sparen, sollte überprüft werden, ob ein lokales Angebot an land- und forstwirtschaftlichen Rohstoffen bzw. Reststoffen vorherrscht. Dazu zu zählen sind beispielweise Waldrestholz, Landschaftspflegeholz usw., also alle Rohstoffe, welche einer thermischen Verfeuerungsanlage zugeführt werden können. Üblicherweise wird von parallelen Infrastrukturen abgesehen, die letztendlich ähnliche Ziele verfolgen. Angesichts dessen, sollte im geplanten Versorgungsgebiet keine Erdgasversorgung vorliegen oder es sollte zumindest größere zusammenhängende Gebiete ohne Erdgasnetz geben. Weiterhin ist im Vorfeld zu prüfen, ob in der Gemeinde oder in einem Teilgebiet in der nächsten Zeit bauliche Sanierungsmaßnahmen vorgesehen sind.

Oftmals ergeben sich nämlich Synergieeffekte mit anderen Bauprojekten, welche sinnvoll genutzt werden könnten. Des Weiteren tragen ältere Gebäude, im Vergleich zu Neubauten, aufgrund des damaligen schlechteren Baustandards, zu einem höheren Wärmebedarf bei. Gibt es viele Wohngebäude im Ort, deren Baujahre auf die 50er- und 60er- Jahre zurückzuführen sind, stellt dies primär zunächst eine gute Grundvoraussetzung für den Aufbau eines Wärmenetzes dar (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2007).

Dennoch sollten gerade diese Gebäude besonders im Auge behalten werden. Denn einerseits haben sie einen vergleichsweise hohen Wärmebedarf, andererseits aber kann dieser auch relativ leicht, durch energetische Sanierungsmaßnahmen gesenkt werden. Dies hat Auswirkungen auf die Wärmenachfrage und lässt die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes schnell anders aussehen. Angesichts dessen, muss unbedingt zu Beginn Klarheit herrschen, wie die zukünftige Verbrauchsstruktur aussehen wird. Diese sollte unbedingt noch in den folgenden Jahren gleichbleibend sein. In diesem Zusammenhang spielen Gebäude mit historischem Kontext ebenfalls eine Rolle. Oftmals ist an historischen Gebäuden, wegen des Denkmalschutzes, eine energetische Verbesserung, wie z.B. eine einfache Außenwanddämmung, schwierig zu realisieren. Perspektivisch gesehen ist folglich bei diesen Gebäuden, längerfristig mit einer gleichbleibenden hohen Wärmeabnahme zu rechnen. Nicht zu Letzt stellt sich die Frage, die es zu beantworten gilt, ob historische Gebäude im potentiellen Versorgungsgebiet liegen (Regionalverband FrankfurtRheinMain 2014).

Dieser Abschnitt soll zur Verdeutlichung eines Überblicks dienen, welche Beurteilungskriterien herangezogen werden können, um erste grobe Erkenntnisse zu erlangen, ob grundsätzlich ein Wärmenetz denkbar wäre. Natürlich können noch weitere, hier nicht aufgeführte Aspekte, für eine erste Überprüfung hinzugezogen werden.

2.4 Solar unterstützte Wärmenetze aus der Praxis

2.4.1 Das Bioenergiedorf Büsingen

Mit dem am Hochrhein zur schweizerischen Grenze gelegenen Bioenergiedorf Büsingen, wurde in Deutschland ein bedeutender Meilenstein, mit Vorbildfunktion hinsichtlich eingesetzter Technologien in Wärmenetzen, gesetzt. Hier wurde zum ersten Mal in das System für die Wärmebereitstellung, neben den Holzhackschnitzelkesseln, eine Solarthermieanlage integriert. Der Grundstein für eine umweltfreundliche, sowie einer noch ressourcenschonenderen Energieversorgung war damit gelegt. Im Jahre 2013 wurde dieses Projekt durch die Solarcomplex AG realisiert und fortan auch von dieser betrieben. Mangelnde Alternativen, wie die fehlende Abwärmenutzung einer Biogasanlage, sowie das regional beschränkte Angebot an Biomasse aus deren Wäldern, seien die maßgebenden Faktoren für die Idee eines solchen Konzeptes gewesen.

Abbildung 2: Heizzentrale und Freiflächenkollektoren im Bioenergiedorf Büsingen



Quelle: Solarcomplex AG 2018

Das Wärmenetz wird ausschließlich mit regenerativen Energiequellen betrieben, womit ein Beitrag zur Dekarbonisierung im Wärmemarkt geleistet wird. Im Jahr können ca. 400.000 Liter Heizöl ersetzt und 1.200 Tonnen an CO₂-Emissionen eingespart werden. Des Weiteren bleiben der Region rund 350.000 € Kaufkraft erhalten. Zum damaligen Zeitpunkt wurden 105 Gebäude an das 5,8 km lange Wärmenetz angeschlossen (Ritter XL Solar 2020). In Büsingen leben knapp 1.400 Einwohner, welche sich auf 400 Haushalte aufteilen. Gegen Ende des Jahres 2017, ist die Anschlussrate auf 210 Gebäude angestiegen. Etwas mehr als die Hälfte aller Haushalte wird nun mit regenerativ erzeugter Wärme versorgt. Das gesetzte Ziel, das komplette Dorf regenerativ mit Wärme zu versorgen, ist ein Stück näher gerückt (FNR 2017). Zur Deckung des jährlichen Verbrauchs müssen 4,2 GWh Wärme erzeugt werden. Die Netztemperaturen betragen in den Sommermonaten im Vorlauf 80°C und im Rücklauf 60°C. Über die Winterzeit wird das Netz mit einer leicht höheren Vorlauftemperatur von 90°C und einer Rücklauftemperatur von 55°C betrieben. Zur Zwischenspeicherung von Wärme stehen zwei Pufferspeicher mit je 50 m³ Wasservolumen zur Verfügung. Im Sommerhalbjahr liefert die Solarthermieanlage die komplett benötigte Wärme. Auf einer ca. 2.500 m² großen Grundfläche ist eine Kollektorfläche von 1.000 m² aufgestellt. Die Solarkollektoren teilen sich auf zwei etwa 500 m² große Kollektorfelder im Freiland auf. Weitere 100 m² sind an der Fassade der Heizzentrale montiert. Insgesamt umfasst die Solarthermieanlage so eine Kollektorfläche von 1.090 m². Dabei handelt es sich um hochwertige CPC-Vakuurröhrenkollektoren der Firma Ritter XL. In Summe steht eine maximale Dauerleistung der Kollektoren von 650 kW zur Verfügung. Sie liefern einen Jahreswärmeertrag von 565 MWh. Der spezifische Ertrag pro m² Kollektorfläche am Standort Büsingen liegt bei 518 kWh/a. Im Sommer liegt eine solare Volldeckung vor, lediglich im Winter und in der Übergangszeit bedarf es einer anderweitigen Unterstützung der Solarkollektoren. Der solare Deckungsgrad des Wärmenetzes liegt bei 13,5% (Ritter XL Solar 2020).

Die oben beschriebene Solarthermieanlage ist, wie bereits schon kurz erwähnt wurde, alleine nicht ausreichend, um vor allem in der Übergangszeit und im Winterhalbjahr Wärme, zur Befriedigung des Verbrauchs, bereitzustellen. Folglich stehen zwei Holzhackschnitzelkessel unterschiedlicher Leistungen (1 x 450kW, 1 x 900 kW) mit insgesamt 1.350 kW zur Deckung der Mittellast bereit. Diese werden mit Biomasse aus regionalen Wäldern beschickt. Kessel unterschiedlicher Leistung können bedarfsgerechter eingesetzt und je nach Anforderung zugeschaltet werden. Über die Sommerzeit ist die Abnahme aus dem Wärmenetz so gering, dass die Kessel ausgeschaltet bleiben können. Dies bietet Raum für Inspektions- und Wartungsarbeiten an den Kesseln. Zusätzlich ist für Spitzenlasten ein Rapsölkessel mit 750 kW in der Heizzentrale untergebracht (Solarcomplex AG 2018).

Eine Photovoltaikanlage mit 22 kW_p-Leistung auf dem Dach der Heizzentrale, rundet das Bild einer nachhaltigen Energieversorgung ab. Der vor Ort produzierte Strom wird für den Eigenbedarf in der Heizzentrale genutzt. Die Gesamtkosten dieses Projektes in Höhe von 3,75 Millionen Euro erstreckten sich vom Bau der Heizzentrale, einschließlich den Solarkollektorfeldern, über das Wärmenetz, bis hin zu den Wärmeübergabestationen beim Kunden (Schabbach 2014).

2.4.2 Solare Fernwärme in der dänischen Kleinstadt Marstal

Ein weiteres Beispiel eines solar unterstützten Fernwärmenetzes, etwas anderer Dimension wie im Bioenergiedorf Büsingen, auf welches dieses Kapitel näher eingehen möchte, ist das auf der dänischen Insel Aerö gelegene Wärmenetz, in der Kleinstadt Marstal. Im Vergleich zu Deutschland spielt in Dänemark die Integration von Solarthermieanlagen in Wärmenetzen eine sehr bedeutende Rolle. Es werden nämlich, wie auch in der Pilotanlage in Marstal, riesige Kollektorfelder zur unterstützenden Wärmebereitstellung aufgestellt. Der Stellenwert von Solarkollektoren im Fernwärme-markt Dänemarks, soll mit kurzem Blick auf deren installierte Aperturfläche hervorgehoben werden.

In den letzten Jahren nahm in Dänemark, im Betrachtungszeitraum von 2006 bis zum Jahre 2016, der Zubau an Solarthermie mit ungebremstem Wachstum zu. Von gerade einmal 39.582 m² Kollektorfläche im Jahre 2006, waren 2016 bereits insgesamt etwas mehr als 1,3 Mio. m² installiert und in Betrieb. Im Rekordjahr von 2015 zu 2016, war eine Zubauquote von 62 % zu verzeichnen. In absoluten Zahlen bedeutet dies, dass der Wert von 800.000 m² auf über 1,3 Mio. m² angestiegen ist. Zum damaligen Zeitpunkt wurde bis 2019 mit einem weiteren Zubau von ca. 400.000 m² gerechnet (PlanEnergi 2020).

Der Beginn der Fernwärmeversorgung in Marstal ist auf das Jahr 1962 zu führen. Seitdem wurden in insgesamt drei Bauabschnitten die Wärmeerzeugung und die Speichertechnologien erweitert. Im ersten Bauabschnitt im Jahre 1996 wurde hier zum ersten Mal eine 8.000 m² große Solarthermieanlage installiert. Die Wärme ist in 2.100 m³ großen Stahltanks gespeichert worden. Bereits im zweiten Bauabschnitt im Jahre 2003 wurde die Kollektorfläche auf 18.300 m² erweitert. In diesem Zuge entstand ebenfalls ein

10.000 m³ großer saisonaler Erdbecken-Wärmespeicher. Zu diesem Zeitpunkt betrug der solare Deckungsgrad ca. 30 % an der jährlichen Wärmeerzeugung, die insgesamt 28 GWh beträgt. Im letzten Bauabschnitt im Jahre 2012 wurden im Kontext des EU-Projektes „SUNSTORE 4“ weitere 15.000 m² Kollektorfläche und ein zusätzlicher Erdbecken-Wärmespeicher von 75.000 m³ zugebaut. Nun bringen es in Summe 33.300 m² Solarkollektoren auf eine thermische Nennleistung von 23,3 MW. Weitere Anlagenbestandteile sind, neben einer CO₂-Wärmepumpe, noch ein Biomasseheizkraftwerk mit ORC-Prozess zur Wärme- und Stromproduktion. Dieses Konzept gewährt eine zu 100 % auf regenerativen Energien basierte Wärmeversorgung von Marstal (Solites 2013).

Abbildung 3: Luftaufnahme der solaren Fernwärmanlage in Marstal



Quelle: Schabbach 2020

Zusammenfassend stellt die Tabelle 1 nochmals alle wichtigen Hauptkomponenten der Pilotanlage aus Marstal für eine Gesamtübersicht dar. Sie umfasst sowohl die Anlagenbestandteile des Bestandes (Bauabschnitt 1 und 2), als auch den durch das EU-Projekt neu hinzugekommenen Anlagenteil. In allen Wärmespeichern dient Wasser als Speichermedium und die Solarthermieanlagen sind als bodenaufgeständerte Freiflächen montiert.

Tabelle 1: Technische Hauptkomponenten der Fernwärmanlage in Marstal

Hauptkomponenten Bestandsanlage	Hauptkomponenten neuer Anlagenteil
18.300 m ² Solarkollektoren	15.000 m ² Solarkollektoren
2.100 m ³ Stahltank-Wärmespeicher	75.000 m ³ Erdbecken-Wärmespeicher
10.000 m ³ Erdbecken-Wärmespeicher	4 MW Biomassekessel
500 kW _{th} Kompressions-Wärmepumpe	750 kW _{el} ORC-Anlage
18,3 MW Bio-Öl-Kessel	1,5 MW _{th} CO ₂ -Kompressions-Wärmepumpe

Quelle Tabelle: eigene Darstellung nach Solites 2013

Für die Gewährleistung der ganzjährigen Deckung des Wärmebedarfs, ist das Zusammenspiel aller Komponenten entscheidend. Die Solarthermieanlage stellt im Sommer dem Netz die nötige Wärme bereit. Zudem werden die beiden saisonalen Wärmespeicher beladen, da das solare Angebot im Sommer größer ist, als die nachgefragte Wärmemenge. Wenn in den Übergangszeiten die Leistung der Kollektoren nicht mehr ausreichend ist und die Temperatur aus den Wärmespeichern für die direkte Nutzung im Netz zu niedrig ist, können ein Hackschnitzelkessel und eine Wärmepumpe zugeschaltet werden. Der Biomassekessel, mit einer Leistung von 4 MW, produziert gleichzeitig neben der Wärme in einem ORC-Prozess 750 kW Strom. Weiterhin besteht die Möglichkeit, je nach Bedarf den Biomassekessel, ohne den ORC-Prozess zu betreiben, um so das Fernwärmenetz direkt mit Wärme zu bedienen (Solites 2013). Vorzugsweise wird die CO₂-Wärmepumpe in Zeiten von niedrigen Strompreisen betrieben. Die Wärmepumpe kühlt auf der einen Seite die saisonalen Wärmespeicher ab, um auf der anderen Seite, aus der gewonnenen Nutzwärme, das Netz mit erforderlichen 75 °C wieder zu versorgen. Ein Absenken der Speicher unterhalb von 10 °C ist mittels der Wärmepumpe möglich. Somit wird durch das intensive Abkühlen der Speicherseen nicht nur deren Effizienz stärker ausgenutzt, sondern dies soll auch eine Effizienzsteigerung der Solarkollektoren von 6-8% bewirken, da den Kollektoren eine größere Temperaturspreizung bereitgestellt wird. Ergänzend ist ein Bestandsölkessel, um Spitzenlasten im Winter decken zu können. Ziel ist es, mit dieser Anlagenkonstellation im Ganzen einen solaren Deckungsgrad von 55% zu erreichen (AEE 2011).

Die im Rahmen des SUNSTORE 4 Projektes errichtete Pilotanlage soll zum Ausdruck bringen, dass eine vollständige regenerative Energieversorgung von Dörfern oder Städten technisch umsetzbar ist und die Kosten dafür in einem akzeptablen Bereich liegen. Für dieses Konzept wurden einzelne, erfolgreiche Technologien miteinander verknüpft. Gerade unter Berücksichtigung von z.B. Rahmenbedingungen und jahreszeitlichen Verfügbarkeiten erneuerbarer Energiequellen, liegt besonderes Augenmerk auf der Energieerzeugung. Um Effizienzsteigerungen und einen verbesserten Anlagenbetrieb zu erzielen, wurden einzelne verbesserte Anlagenteile

eingesetzt. Ferner werden durch dieses Projekt gesammelte Erfahrungen genutzt, um dieses Modell, auch mit Erweiterung von zusätzlichen Komponenten, ebenso auf andere Länder übertragen zu können. Insgesamt stand ein Budget für dieses Projekt von 15,1 Mio.€ zur Verfügung, wovon 6,1 Mio.€ aus EU-Förderungen stammten (AEE 2011).

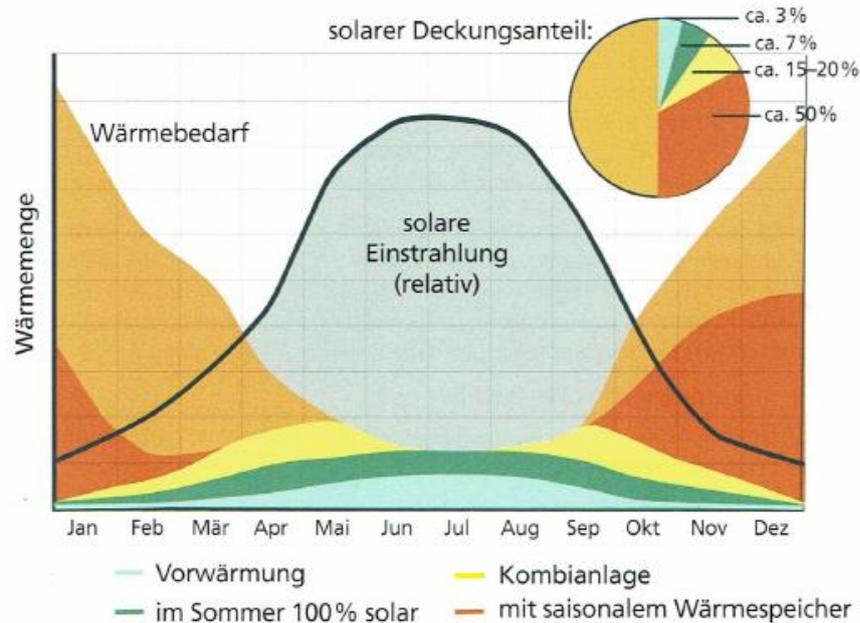
2.5 Solarunterstützte Wärmenetze

Überwiegend wird Wärme in Wärmenetzen konventionell bereitgestellt. In einem solar unterstützten Wärmenetz hingegen, wird ein Anteil des Wärmebedarfs über eine Solarthermieanlage gedeckt. Dabei können sowohl dezentrale Anlagen, als auch große, zusammenhängende Kollektorflächen in das Wärmenetz eingebunden werden. Im Gegensatz zu kleinen Anlagen auf den Dächern der Gebäude, können in einem solaren Wärmenetz große, in einem Zusammenschluss stehende, Kollektorflächen bedeutend kostengünstiger errichtet werden (Bollin et al. 2013).

Außer einer zusätzlich für die Wärmezeugung integrierten Solarthermieanlage, unterscheidet sich ein solar unterstütztes Wärmenetz, bezüglich den anderen technisch notwendigen Komponenten, nicht bedeutend. Neben der Solarthermieanlage stehen auch in der Heizzentrale noch weitere Heizkessel zur Verfügung, damit die Versorgung des Netzes, zu Zeiten von nicht ausreichender Leistung der Solaranlage, mit der erforderlichen Netztemperatur gewährleistet ist. Auch Kurzzeitpufferspeicher, zur Wärmespeicherung, sind in der Heizzentrale untergebracht. Die erzeugte Wärme wird im Anschluss über das Netz zu den Verbrauchern verteilt. Über eine Wärmeübergabestation im Haus des Kunden, kann diese zur Beheizung des Gebäudes und zur Erwärmung des Trinkwassers genutzt werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, einen saisonalen Wärmespeicher einzubinden, um die im Sommer solar erzeugten Überschüsse auch noch im Winterhalbjahr nutzen zu können (Eicker 2012).

Generell ist in solaren oder solar unterstützten Wärmenetzen, die nicht über das Jahr konstant bleibende Leistung der Solarthermieanlage, aufgrund von schwankender Einstrahlung, sowie die jahreszeitliche Verschiebung des solaren Angebots und der nachgefragten Wärmemenge, als Grundproblem anzusehen. Gerade in den Monaten im Jahr, also im Sommer, an denen die solare Einstrahlung am höchsten ist, ist der geringste Wärmebedarf zu verzeichnen. Sehr große Kollektorflächen und Wärmespeicher mit großem Volumen erlauben es allerdings, den solaren Deckungsanteil in Wärmenetzen zu erhöhen. In Abhängigkeit des Anteils, der solar am Gesamtwärmebedarf gedeckt werden kann, lassen sich solar unterstützte Wärmenetze, wie in Abbildung 4 dargestellt, in unterschiedliche Systeme einteilen (Bollin et al. 2013). Neben dem typischen Verlauf der solaren Einstrahlung und des Wärmebedarfs über ein Jahr hinweg, werden die Anteile, welche mit den unterschiedlich ausgelegten Systemen solar am Wärmebedarf gedeckt werden können, durch verschieden farbige Flächen visualisiert.

Abbildung 4: Solare Deckungsanteile verschiedener Anlagentypen am Wärmebedarf



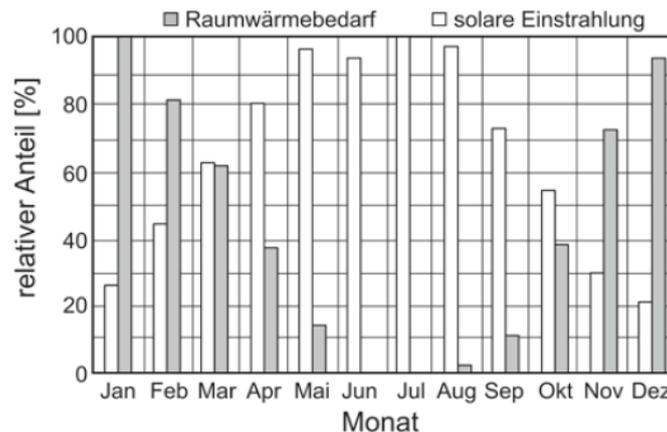
Quelle: Bollin et al. 2013

Die erste Möglichkeit besteht darin, dass System so auszulegen, dass etwa 3-7% des Wärmebedarfs solar gedeckt werden. Dabei dient die Solaranlage lediglich nur zur Vorwärmung des Wärmeträgermediums. Bei diesem Konzept besteht die Notwendigkeit auch im Sommer, mithilfe anderer Wärmeerzeuger, das Wärmeträgermedium auf die erforderliche Netztemperatur aufzuheizen. In einer weiteren Auslegungsvariante des Systems kann die Solaranlage so dimensioniert werden, dass möglichst keine Wärmeüberschüsse erzeugt werden, aber dennoch der Wärmebedarf im Sommer vollständig solar gedeckt wird. Die Nachheizung, mittels zusätzlicher Heizkessel, ist somit in der Sommerzeit nicht mehr notwendig. Eine zusätzliche Einbindung von Kurzzeitwärmespeichern bietet die Option den solaren Deckungsanteil auf 10-20% zu erhöhen. Somit kann auch in den Übergangszeiten ein größerer Anteil am Wärmebedarf aus solarer Energie bereitgestellt werden, womit sich auch der Anteil, welcher ansonsten über andere Wärmeerzeuger schon in dieser Zeit bereitgestellt werden müsste, weiter reduzieren lässt. Die Solaranlage dient klar als heizungsunterstützende Komponente und zwar sowohl in der Übergangszeit, als auch im Winterhalbjahr. Um im betrachteten Wärmenetz einen solaren Deckungsanteil von etwa 50% am Gesamtwärmebedarf zu erreichen, ist neben einer Solaranlage, mit sehr großer Kollektorfläche, ebenfalls ein sehr großes Speichervolumen erforderlich. Sogenannte saisonale Wärmespeicher ermöglichen es, die hohe Einstrahlung im Sommer auszunutzen und die bedingt durch den geringen Wärmebedarf erzeugten Überschüsse, bis in den Winter hinein zu speichern. Somit kann die im Sommer erzeugte Wärme, im Winterhalbjahr, wenn der Wärmebedarf wieder am größten ist, auch noch genutzt werden (Bollin et al. 2013).

2.6 Solarer Deckungsanteil

Wird der Heizwärmebedarf von Wohngebäuden oder auch beispielsweise der eines üblichen Wärmenetzes über den Zeitraum eines Jahres betrachtet, so ist festzustellen, dass dieser sich gegenläufig zum solaren Strahlungsangebot verhält. Der benötigte Wärmebedarf ist über das Winterhalbjahr am größten, die solare Einstrahlung jedoch am geringsten. In den Sommermonaten liegt genau der umgekehrte Fall vor. Deutlich wird dies auch nochmals in der Abbildung 5, in welcher der Verlauf des Raumwärmebedarfs und der solaren Einstrahlung aller Monate direkt gegenübergestellt sind (Stieglitz 2012).

Abbildung 5: Jahreszeitlicher Verlauf von Raumwärmebedarf und solarer Einstrahlung



Quelle: Stieglitz 2012

Um z.B. solar unterstützte Wärmenetze dahingehend bewerten zu können, wie viel Prozent des Gesamtenergiebedarfs letztendlich über die Solarthermieanlage bereitgestellt wurde, besteht die Notwendigkeit den solaren Deckungsanteil zu bestimmen. Dieser wird aus dem Verhältnis von nicht solar erzeugter Energie, zum gesamten Wärmebedarf des betrachteten Systems berechnet. Jegliche Verluste der Wärmespeicher und der Rohrleitungen werden der Solaranlage zugewiesen. Weiterhin gilt es zu beachten, dass in der Literatur verschiedene Definitionen des solaren Deckungsanteils zu finden sind. Daher ist es von besonderer Relevanz, bei einem Vergleich verschiedener Anlagen, die genaue Definition des solaren Deckungsanteils zu beachten (Kaltschmitt et al. 2013). Der solare Deckungsanteil, wie gerade beschrieben, wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$f_{sol} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n Q_{Zusatzheizung}}{Q_{Bedarf}}$$

Es gilt dabei:

f_{sol} solarer Deckungsanteil [%]

$Q_{Zusatzheizung}$ Summe der Energie, die nicht über die Solaranlage bereitgestellt wird [kWh]

Q_{Bedarf} gesamter Wärmebedarf des betrachteten Systems [kWh]

(Kaltschmitt et al. 2013)

Prinzipiell sind möglichst hohe solare Deckungsanteile erstrebenswert, um andere Energieträger einsparen zu können. Dabei muss allerdings bedacht werden, dass mit immer höher werdenden solaren Deckungsanteilen, auch die spezifischen Erträge der Solarthermieanlage geringer werden. Grund dafür ist, dass bei nicht ausreichender Wärmespeicherkapazität, gerade in den Sommermonaten, große Überschüsse erzeugt werden, welche ungenutzt bleiben. Somit steigt der Anteil an nicht genutzter solarer Einstrahlung. Aus wirtschaftlicher Sichtweise gilt es daher die Anlagen so auszulegen, dass möglichst keine Stillstandzeiten der Kollektoren auftreten, wodurch der Anteil an nicht genutzter solarer Energie reduziert wird. Damit ist zwar ein geringerer solarer Deckungsanteil verbunden, die spezifischen Erträge der Kollektoren hingegen sind jedoch größer (Stieglitz 2012).

2.7 Zusätzliche Wärmeerzeuger in solar unterstützten Wärmenetzen

Bei solar unterstützten Wärmenetzen stellen, in Abhängigkeit vom solaren Deckungsanteil, weitere Wärmeerzeuger eine wichtige Grundvoraussetzung dar, damit die Wärmeversorgung zu jedem Zeitpunkt sichergestellt ist. Für die Wärmeerzeugung über Heizkessel, kann ein sehr großes Spektrum an Energieträgern eingesetzt werden. Sowohl fossile, als auch regenerative Energieträger, in fester, flüssiger oder gasförmiger Form, können mit der entsprechenden Kesseltechnik genutzt werden. Dennoch gilt es bei der Wahl des Energieträgers, mit Blick auf eine zukünftige nachhaltige Wärmeversorgung, die regenerativen Energiequellen zu bevorzugen. Angesichts dessen sind Biomassekessel als sehr gute Option zur Ergänzung einer Solarthermieanlage zu sehen. Dies wurde auch bei der Vorstellung der beiden solar unterstützten Wärmenetze aus der Praxis in Kapitel 2.4 klar. In beiden Anlagen dienen Holzhackschnitzelkessel als zusätzliche Wärmeerzeuger zur Deckung der Mittellasten. Im Bioenergiedorf Büsingen steht nicht nur ein großer, sondern zwei Kessel mit unterschiedlicher Leistung zur Verfügung. Durch das Aufteilen der Leistung auf mehrere Kessel, ist ein Kesselbetrieb mit hohen Wirkungsgraden möglich, denn so muss nicht ein großer Kessel, bei geringem Wärmebedarf, im Teillastbereich, betrieben werden. Gerade auch in der Übergangszeit, in welcher die Leistung der Solaranlage langsam geringer wird und noch nicht allzu große Leistungen zum Nachheizen benötigt werden, ist dies als Vorteil zu sehen. Zudem steht beim Ausfall eines Heizkessels, immer noch ein anderer zur Verfügung. Um die auftretenden Spitzenlasten im Netz zu decken, müssen Heizkessel, welche innerhalb kürzester Zeit ihre maximale Leistung zur Verfügung stellen können, eingesetzt werden. Dieser Anforderung kann ein Hackschnitzelkessel nicht gerecht werden, weshalb in Büsingen und Marstal ein Ölkessel zur Deckung der Spitzenlasten bereitsteht. Im Sinne der Nachhaltigkeit wird in diesen Kesseln kein Heizöl, sondern Bioöl (Rapsöl in Büsingen) verbrannt. Da in einem solar unterstützten Wärmenetz in der Praxis oftmals Hackschnitzelkessel, als weitere Wärmeerzeuger, eingesetzt werden, soll im kommenden Abschnitt die Wärmeerzeugung mit dieser Kesseltechnik etwas näher beschrieben werden.

Holz, als regenerativer Energieträger, kann durch mechanische Verfahren zu Hackschnitzel zerkleinert und in vollautomatischen Heizkesseln verbrannt werden. Zur Erzeugung von Hackschnitzel können verschiedene Rohstoffquellen in Betracht gezogen werden, wie z.B. Restholz aus dem Wald, Sägerestholz aus der Holzverarbeitenden Industrie oder auch Hölzer aus der Landschaftspflege. So vielfältig die Quellen zur Hackschnitzelerzeugung auch sind, so unterschiedlich kann auch deren Qualität sein. Dennoch erlauben es verschiedene Kessel, auch Hackschnitzel mit unterschiedlichem Wassergehalt und Rindenanteil zu verbrennen. Die Hackschnitzel werden in einer Lagerhalle oder in einem Bunker auf dem Gelände der Heizzentrale gelagert. Sie werden dann automatisch, z.B. über einen Schubboden und eine Schnecke, zum Kessel befördert (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2007). Je nach Kesseltyp, gelangen die Hackschnitzel über verschiedene Wege in die Brennkammer, in welcher sie schließlich verbrannt werden. Beispielsweise wird in einer Unterschubfeuerung, der Brennstoff von unten in die Brennkammer eingebracht. Die Brennstoffzufuhr erfolgt automatisch und nach Bedarf. Trotz variabler Mengenzufuhr des Brennstoffeintrags in die Brennkammer, sind Hackschnitzelkessel nur langsam in ihrer Leistung nach unten hin regelbar. Gleichzeitig ist das starke Herunterregeln der Leistung, auch mit einem sinkenden Wirkungsgrad verbunden (Kempf 2011). Durch einen Wärmeübertrager wird die thermische Energie aus der Verbrennung, an das Wärmeträgermedium übergeben. Zur Rauchgasreinigung werden verschiedene Technologien wie Elektrofilter, Zyklon usw. eingesetzt (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2007).

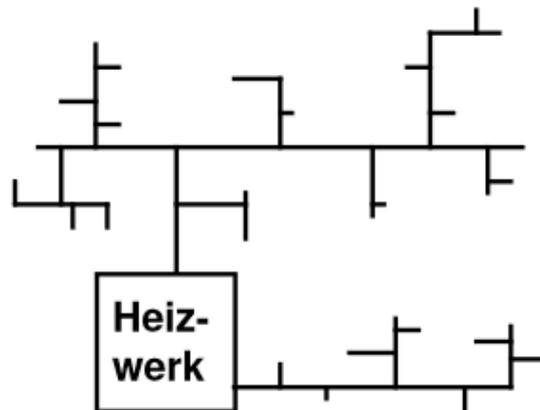
2.8 Verschiedene Wärmenetzstrukturen

Um die erzeugte Wärme von der Heizzentrale zu den Wärmeverbrauchern zu verteilen, können Wärmenetze, hinsichtlich der Rohrverlegung, baulich unterschiedlich aufgebaut sein. So unterteilt man die Wärmenetze, je nach strukturellem Aufbau, in Strahlen-, Ring- und Maschennetze.

Der strukturelle Aufbau des Wärmenetzes wird durch verschiedene äußere Faktoren beeinflusst. So sind beispielsweise die räumliche Verteilung der Netzkunden, die Straßenführung, die Größe des Netzes und auch die Positionierung der Heizzentrale ausschlaggebende Parameter für die entsprechende Netzform. Strahlennetze werden üblicherweise, wegen ihrer einfachen Struktur und der vergleichsweise kürzesten Trassenlänge, für eher kleine und mittelgroße Nahwärmenetze bevorzugt. Bei einem Strahlennetz, wie es in Abbildung 6 zu sehen ist, führen eine oder mehrere Hauptleitungen, einzeln von der Heizzentrale aus, hin zu den jeweiligen Teilgebieten im Gesamtnetz. Auch weitere Nebenleitungen können an der Hauptleitung, durch Abzweige, angeschlossen werden. Im Regelfall ist bei dieser Netzstruktur die Trassenlänge am kürzesten. Durch insgesamt kurze Leitungswege und geringer werdenden Rohrdurchmessern mit zunehmender Entfernung von der Erzeugungsanlage, können nicht nur Baukosten, sondern auch die Wärmeverluste geringgehalten werden. Eine Erweiterung des Netzes stellt sich, wegen der kleiner werdenden Durchmesser gegen Ende der Hauptleitung, aus hydraulischer Sicht nur sehr schwierig, also sehr begrenzt,

dar. Bei einem Strahlennetz ist die Versorgungssicherheit am geringsten, denn im Falle einer Störung muss der gesamte betroffene Strang stillgelegt werden (Dötsch et al. 1998).

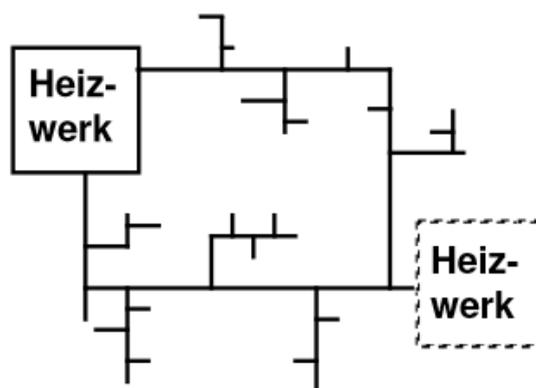
Abbildung 6: Strahlennetz



Quelle: Dötsch et al. 1998

In Abbildung 7 ist das Ringnetz zu erkennen. Bei einem Ringnetz wird ein Hauptring durch das gesamte Versorgungsgebiet gelegt. Davon zweigen Leitungen ab, welche die Kunden versorgen. Auch eine Kombination von kleineren Strahlennetzen, welche an das Ringnetz angeknüpft sind, sind in der Praxis von Bedeutung. An den Hauptring können mehrere Heizzentralen angeschlossen werden. Durch eine zweiseitige Erreichbarkeit der Kunden und eine potentielle zweite Heizzentrale, wird eine höhere Versorgungssicherheit gewährt. Eine Erweiterung des Gesamtnetzes stellt hier keine größeren Schwierigkeiten dar. Nachteilig stehen hier allerdings höhere Investitionskosten und Wärmeverluste dem Strahlennetz gegenüber (Dötsch et al. 1998).

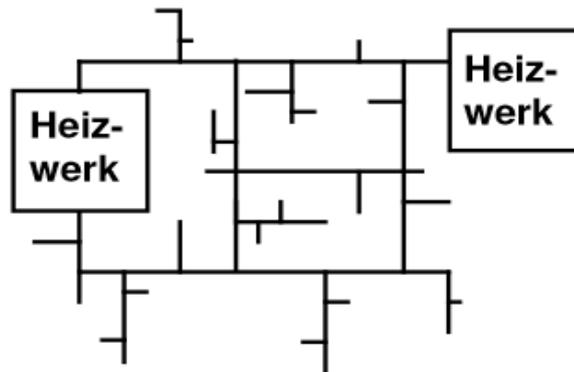
Abbildung 7: Ringnetz



Quelle: Dötsch et al. 1998

Das in Abbildung 8 darstellende Maschennetz stellt eine Sonderform des Ringnetzes dar. Im Gegensatz zu einem Ringnetz, ist hier der Hauptring durch Querverbindungen an verschiedenen Stellen gegenseitig verbunden. Hierfür sind zusätzlich Verbindungsleitungen innerhalb des Hauptrings montiert. Von diesen und dem Hauptring gehen Nebenleitungen zur Versorgung der Kunden ab. Klarer Vorteil des Maschennetzes sind die beste Erweiterungsmöglichkeit und die höchste Versorgungssicherheit. Diese Netzstruktur bringt aber auch die höchsten Investitionskosten mit sich und wird daher in nur sehr großen Versorgungsgebieten umgesetzt (Dötsch et al. 1998).

Abbildung 8: Maschennetz



Quelle: Dötsch et al. 1998

2.9 Rohrsysteme zur Wärmeverteilung

In einem Wärmenetz wird die Wärme von der Heizzentrale aus, über ein Rohrnetz, zu den Verbrauchern verteilt. Die Rohrleitungen können dabei als Freileitungen, in einem Kanalsystem oder in der Erde verlegt werden. Es gilt zu erwähnen, dass heutzutage, bis auf sehr wenige Ausnahmen, in Wärmenetzprojekten die Rohrverlegung in Form von Freileitungen nicht mehr realisiert wird. Oberirdisch, sichtbar verlegte Leitungen beeinflussen das bauliche Bild einer Stadt oder eines Dorfes, weshalb sie aus ästhetischen Gründen nicht mehr gewollt sind und auch kaum noch genehmigt werden. Die Rohrverlegung in einem Kanalsystem spielt ebenfalls eine untergeordnete Rolle. Heute werden nahezu ausschließlich Mantelrohrsysteme in der Erde verlegt. Grundsätzlich wird bei diesen Systemen zwischen Stahl- und Kunststoffmantelrohren unterschieden. Diese Rohre werden sowohl als Stangen oder auch, bis zu einem bestimmten Rohrdurchmesser, als flexible Rohre auf Rollen auf dem Markt angeboten. In Abhängigkeit der Anforderungen, welchen die Rohre standhalten müssen, werden entweder Stahl- oder Kunststoffrohre verlegt. Stahlmantelrohre finden ihren Einsatz in Wärmenetzen mit sehr hohen Temperaturen von bis zu 130°C und auch an Stellen im Trassenverlauf, wo mit erhöhten Belastungen, durch schwere Verkehrslasten, zu rechnen ist. Kunststoffmantelrohre hingegen werden deutlich häufiger verwendet. Jedoch können diese nur für den Bau von Wärmenetzen genutzt werden, in welchen Temperaturen von maximal 100 °C erreicht werden (Krimmling 2011). Der Aufbau solcher Rohre ist in Abbildung 9 zu sehen.

Abbildung 9: Aufbau eines Kunststoffmantelrohrs



Quelle: Rehau 2020

In diesem Bild ist zwar ein flexibles Rohr zu sehen, der Aufbau der Mantelrohrsysteme aus den drei Bestandteilen ist jedoch immer bis auf die jeweiligen Materialien identisch. Im Inneren befindet sich das Mediumrohr, durch welches im Betrieb das heiße Wasser gepumpt wird. Das Mediumrohr kann entweder ein Stahl- oder ein Kunststoffrohr sein. Um die Wärmeverluste so gering wie möglich zu halten, ist dieses von einer Rohrdämmung umgeben. Die letzte Schicht im Aufbau stellt der Außenmantel dar, der zum Schutz des inneren Rohres und der Dämmschicht dient.

Sofern es die Voraussetzungen zulassen, bietet das Verlegen von flexiblen Kunststoffmantelrohren viele Vorteile. Es besteht die Möglichkeit, die Rohre direkt von der Rolle in den Graben zu verlegen. Dies geht sehr schnell, womit sich innerhalb von sehr kurzer Zeit große Strecken verlegen lassen. Aber genauso müssen nicht immer gleich, aufgrund der Flexibilität der Rohre, teure Formstücke wie z.B. ein 90° Bogen verwendet werden, um ein Hindernis zu umgehen. All diese Eigenschaften bewirken eine Kostenersparnis beim Bau des Verteilnetzes. Neben den Einzelleitungen (vgl. Abbildung 9) können die Kunststoffmantelrohre ebenfalls als Doppelrohr ausgeführt sein. Hierbei befinden sich zwei Mediumrohre, isoliert in einem Außenmantel, wobei eines für den Vorlauf und das andere für den Rücklauf genutzt wird (Krimmling 2011).

Abbildung 10: Flexibles Kunststoffmantelrohr



Quelle: Rehau 2020

Abbildung 11: Querschnitt Doppelrohr



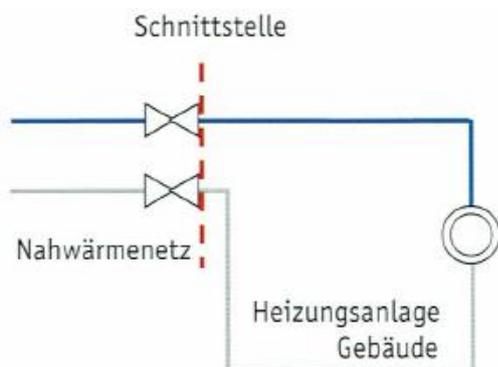
Quelle: Rehau 2020

Weiterhin gilt es zu beachten, dass sich gerade Kunststoffrohre sehr stark ausdehnen, sobald diese erwärmt werden. Für einen Dehnungsausgleich können bauliche Maßnahmen umgesetzt werden, wie z.B. das Verlegen des Rohres nach einer entsprechenden Distanz, in Form eines U-Bogens etc., oder an Stellen, die dies aus Platzgründen nicht erlauben, über den Einbau eines Kompensators. Der Dehnungsausgleich kann aber auch über ein thermisches Vorspannen der Rohre realisiert werden. Dennoch sind Beschädigungen im Rohrnetz, aus welchen Gründen auch immer, nicht auszuschließen. Um frühzeitig eine Leckage zu erkennen, gibt es die Möglichkeit verschiedene Leckwarnsysteme einzusetzen. Beispielsweise kann dies über eine Widerstandsmessung, also mithilfe zweier in der Isolierung integrierten Kupferdrähte erfolgen. Dafür muss einer der beiden Drähte verzinkt sein. Mit steigender Feuchtigkeit in der Dämmschicht, durch eindringendes Wasser aus dem Mediumrohr, verändert sich der gemessene Widerstand zwischen den beiden Drähten. Wird ein Grenzwert unterschritten, erscheint eine Fehlermeldung. Die exakte Schadensstelle kann durch die gemessene Zeit vom Ortungsgerät im Rohrnetz, bis zum Empfänger des Signals ermittelt werden.

2.10 Wärmeübergabe am Gebäude und Warmwasserbereitung von Trinkwasser

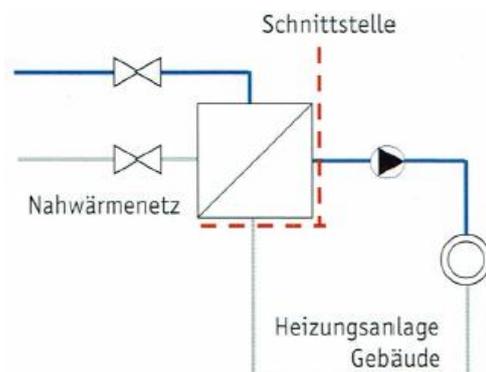
Nachdem das Wasser in der Heizzentrale erhitzt und über das Rohrnetz verteilt worden ist, muss nur noch dem Verbraucher am Gebäude die Wärme übergeben werden. Hierfür sind sogenannte Hausübergabestationen nötig. Grundsätzlich wird dabei zwischen zwei verschiedenen, hydraulischen Anschlussarten unterschieden. So kann die Hausanlage entweder durch einen direkten oder indirekten Anschluss mit dem Wärmenetz verbunden sein. Beide Varianten sind auch den Abbildungen 12 und 13 zu entnehmen.

Abbildung 12: Direkter Hausanschluss



Quelle: Krimmling 2011

Abbildung 13: Indirekter Hausanschluss



Quelle: Krimmling 2011

Bei einem direkten Anschluss liegt keine Trennung zwischen den beiden Netzen vor. Demzufolge fließt das heiße Wasser vom Wärmenetz direkt in das Rohrnetz des Gebäudes und zirkuliert durch die Heizflächen. Allerdings wird diese Anschlussart, aus betrieblichen Gründen, oftmals nur in kleinen Nahwärmenetzen in Erwägung gezogen und spielt daher in der Praxis eine eher untergeordnete Rolle. Im Gegensatz dazu findet

beim indirekten Anschluss eine hydraulische Trennung der beiden Systeme statt. Mittels eines Wärmeübertragers ist das Wasser der Hausanlage, vom Medium des Wärmenetzes getrennt. Grundlegende Bestandteile der Hausstation sind zum einen die Hausübergabestation und zum anderen die Hausanschlussstation. In aller Regel befindet sich die Übergabestation, im Eigentum des Versorgers und die Hausanschlussstation ist Eigentum des Kunden. Die beiden Module können baulich voneinander getrennt oder in einer gängigen Kompaktstation zusammengefasst sein. Der oben genannte Wärmeübertrager ist Bestandteil der Übergabestation. Neben weiteren Komponenten wie z.B. Absperreinrichtungen, Druckregler usw., befindet sich in der Übergabestation ein Wärmemengenzähler, um den Verbrauch zu erfassen. Je nach Anspruch des Gebäudes, kann außerdem die Kompaktstation optional mit einem Anschluss zur Erwärmung des Trinkwassers ausgestattet sein (Krimmling 2011).

Abbildung 14: Typische Wärmeübergabestation im Keller montiert



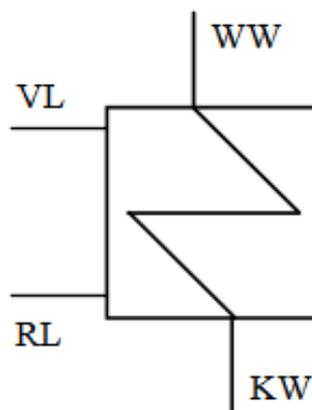
Quelle: LfU 2019

In Abbildung 14 ist eine fertig angeschlossene, an der Wand montierte, Hausübergabestation zu sehen. Die Abmessungen einer solchen Station, für ein Einfamilienhaus, betragen in etwa 80x60x40 cm. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass die Wärmeleistung der Übergabestation identisch mit der bisherigen Leistung vom Heizungskessel ist, sofern sich seit dem Zeitpunkt der Heizungsauslegung, keine Änderungen ergeben haben. Wurde seitdem beispielsweise die Außenwand des Gebäudes gedämmt oder wird das Haus nun von weniger Leuten bewohnt usw., ist der damals ausgelegte Kessel, nicht mehr dem aktuellen Wärmebedarf angepasst. Die genannten Beispiele führen so zu einem geringeren Wärmebedarf des Gebäudes, womit ebenfalls die erforderliche Wärmeleistung sinkt. Folglich muss in diesem Fall die benötigte Leistung neu ermittelt werden, sodass eine unnötige Überdimensionierung der Hausübergabestation ausgeschlossen ist. Ansonsten kann gegebenenfalls auch durch zu groß ausgelegte Hausstationen, welche mit höheren Kosten verbunden sind, die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes nicht mehr gewährleistet sein. Der Versorger sollte daher unbedingt im Vorfeld mit dem Gebäudebesitzer Rücksprache halten, damit die entsprechenden Komponenten dem Gebäude angepasst sind (LfU 2019).

Wie bereits schon kurz erwähnt, kann ebenfalls über die Hausstation, die Erwärmung des Trinkwassers erfolgen. Grundlegend können dafür drei baulich verschiedene Systeme eingesetzt werden, welche im folgenden Abschnitt etwas genauer beschrieben sind.

Das Durchflusssystem, nachgehend auch in der Abbildung 15 dargestellt, ist die erste Möglichkeit der Trinkwassererwärmung. Bei diesem System wird das Warmwasser nur bei Bedarf erhitzt. Das kalte Wasser fließt durch einen Plattenwärmeübertrager und wird dadurch erwärmt. Bei dieser Technologie wird das Warmwasser in keinem Speicher bis zum Verbrauch zwischengespeichert, sondern fließt direkt zur Entnahmestelle. Aus diesem Grund ist eine hohe Leistung des Wärmeübertragers notwendig, da das Wasser in sehr kurzer Zeit erwärmt werden muss. Die Warmwasserbereitung kann im Durchflusssystem ebenfalls in zwei Stufen erfolgen. Zunächst wird das kalte Wasser über den Rücklauf vom Heizungsnetz des Hauses bereits etwas erhitzt. Danach gelangt das vorgewärmte Wasser in den Wärmeübertrager, welcher an den Vorlauf des Wärmenetzes angeschlossen ist. Somit wird schließlich das Wasser auf die nötige Temperatur gebracht. Durch eine kompakte Bauweise und nicht benötigte Pufferspeicher, ist diese Technologie sehr platzsparend. Außerdem wird kaltes Wasser auf ein recht hohes Temperaturniveau erhitzt, wodurch das Medium des Wärmenetzes stark abgekühlt wird, was hinsichtlich der Effizienz des Wärmenetzes positiv zu werten ist (Dötsch et al. 1998).

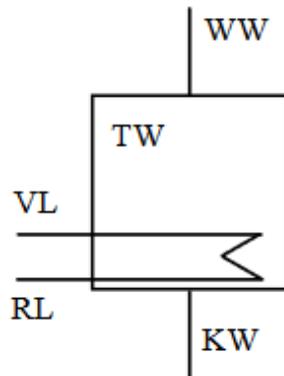
Abbildung 15: Schema Durchflusssystem



Quelle: Dötsch et al. 1998

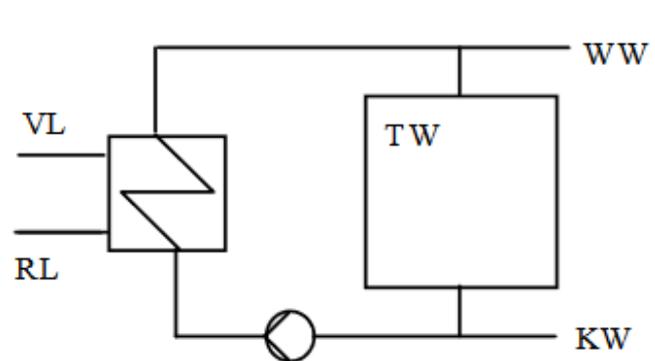
Das Speicher- und das Speicherladesystem sind zwei weitere unterschiedliche Systeme, mit welchen eine Trinkwassererwärmung erfolgen kann. Im Gegensatz zum Durchflusssystem ist die Basis beider Systeme ein Warmwasserspeicher, wie es auch in den Abbildungen 16 und 17 zu sehen ist.

Abbildung 16: Schema Speichersystem



Quelle: Dötsch et al. 1998

Abbildung 17: Schema Speicherladesystem



Quelle: Dötsch et al. 1998

Beim Speichersystem wird das Wasser, durch einen sich im Speicher befindlichen Wärmetauscher erwärmt, der an die Vorlaufleitung vom Wärmenetz angeschlossen sein kann. Das Wasser wird nicht unmittelbar bei Bedarf erhitzt, sondern die Erwärmung des Warmwasserspeichers findet bereits im Vorfeld statt, wodurch ein Wärmeübertrager, mit geringerer Leistung, ausreichend ist. Von diesem gelangt das Wasser dann zur Entnahmestelle. Durch den Speicher stehen sofort größere Mengen an Warmwasser bereit, ohne dass die Temperatur rasch abnimmt oder stark schwankt. Allerdings nimmt das Speichersystem zur Trinkwassererwärmung, bedingt durch den erforderlichen Pufferspeicher, mehr Platz in Anspruch. Besondere Achtung ist auf die Trinkwasserhygiene zu legen, da es wegen unterschiedlichen Temperaturschichtungen im Speicher, zur Legionellenbildung/-vermehrung kommen kann. Da nicht, wie beim Durchflusssystem, kaltes Wasser über das heiße Medium vom Wärmenetz auf hohe Temperaturen erhitzt wird, sondern der Warmwasserspeicher eher eine konstant höhere Temperatur aufweist, ist beim Speichersystem die geringere Abkühlung des Fernheizmediums, als weiterer Nachteil zu sehen. Mit vorangeschrittenem Beladen des Speichers, wird die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf im Wärmeübertrager immer kleiner. Dies hat zur Folge, dass nur geringfügig abgekühltes Wasser, als Rücklauf an das Wärmenetz zurückgegeben wird (Dötsch et al. 1998).

Als letzte Variante kann das sogenannte Speicherladesystem zur Trinkwassererwärmung genutzt werden, welches sich aus den beiden vorher genannten Systemen zusammensetzt. Hierbei erhitzt ein außenliegender Wärmeübertrager das kalte Wasser und über eine installierte Pumpe wird der Warmwasserspeicher beladen. Den Grundbedarf an Warmwasser stellt der Wärmetauscher zur Verfügung. Ist dieser bei größeren nachgefragten Mengen nicht mehr ausreichend, werden die Verbraucher zugleich über den Speicher bedient. Der Speicher wird im Anschluss, wenn der Warmwasserverbrauch zurückgegangen ist, wieder beladen (ebd.).

3. Material und Methoden

3.1 Der Ortsteil Oberndorf bei Rottenburg am Neckar

Grundlage und somit Untersuchungsgegenstand, für die in dieser Arbeit zugrundeliegenden und gewonnenen Ergebnisse, hinsichtlich einer Machbarkeitsuntersuchung eines potentiell denkbaren Wärmenetzes, stellt die Gemeinde Oberndorf dar. Um all denjenigen, einen kleinen Einblick dieses Dorfes zu vermitteln, die nicht mit ihm verbunden sind, möchte sich dieses Kapitel mit ein paar wesentlichen Fakten auseinandersetzen.

Die Ortschaft Oberndorf ist einer von insgesamt 17 Ortsteilen der Römer- und Bischofsstadt Rottenburg am Neckar im Landkreis Tübingen. Oberndorf liegt am nördlichen Rande der Kernstadt, ungefähr 6 km vom Stadtkern entfernt. In diesem noch sehr ländlich geprägtem Ort leben rund 1.500 Einwohner (Einwohnerzahl Stand 31.07.2018: 1.492). Der Dorfkern ist durch eine Vielzahl von Fachwerkhäusern und der katholischen Dorfkirche St. Ursula geprägt. Am Ortseingang befindet sich östlich gelegen das kleine Gewerbegebiet „Im Leimengrübke“, welches noch durch freie Bebauungsflächen Platz für eine wirtschaftliche Weiterentwicklung, durch Ansiedlung weiterer Firmen, bietet. Die Gemarkung Oberndorfs schließt eine Fläche von 6,14 km² ein. Lediglich 16,3% davon sind Siedlungsfläche. Der größte Flächenanteil mit 67,8% sind landwirtschaftliche Flächen. Wald und Gehölz nehmen weitere 15,4% ein. Der restliche Anteil mit 0,5% fallen auf Gewässer sowie übrige Flächen. Die prozentualen Flächenanteile sind Stand vom 18.04.2016. Für die Schaffung weiteren Wohnraumes laufen aktuell noch Planungen für die Erschließung des Neubaugebietes „Engwiesen 2“, welches in zwei Bauabschnitten realisiert werden soll (Stadt Rottenburg am Neckar 2020).

Richtet sich bei einem Blick in das Tal von Oberndorf der Fokus auf die Gebäudedächer, so ist eine besonders große Stückzahl an Dächern mit Photovoltaik- und/oder Solarthermieanlagen versehen. Aus diesem Grund trägt auch dieser Ortsteil den Namen des Sonnen- oder Solardorfes. Im Solardorf findet normalerweise jeden dritten Samstag im Monat ein von Herrn Hartmann, Geschäftsführer der Hartmann Energietechnik GmbH in Oberndorf, organisierter Solarspaziergang statt. Bei einem 3-stündigen Spaziergang durch den Ort werden ca. 30 Projekte, über das breite Themenfeld rund um den Einsatz von erneuerbaren Energien in Gebäuden, vorgestellt. Besucher, nicht nur aus der näheren Umgebung, sondern auch mit weiter Anreise, nehmen dieses Angebot wahr. Diese erhalten nicht nur persönliche Eindrücke aus der Praxis, sondern werden von der Technik über die Planung und Montage, bis hin zu aktuell geltenden Förderprogrammen aufschlussreich informiert.

3.1.1 Oberndorf als Vorranggebiet für ein Wärmenetz

Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurde in Oberndorf, für die Deckung des Wärmebedarfs der Gebäude, noch keine leitungsgebundene Energieversorgung realisiert. So ist in der gesamten Ortschaft kein Erdgasnetz vorzufinden. Hinsichtlich einer Realisierung eines Wärmenetzprojektes ist dies sehr vorteilhaft, da keine Konkurrenz zur Erdgasversorgung besteht. Bei jedem Aufbau einer leitungsgebundenen Energieversorgung, sei es ein Erdgas- oder Wärmenetz, muss investiert werden. Kaum ein Netzbetreiber wird sich dazu entscheiden, in eine neue Infrastruktur zu investieren, bevor das Erdgasnetz nicht abgeschrieben ist. So stehen diese beiden Versorgungsstrukturen in unmittelbar erheblicher Konkurrenz zueinander. Dem gegenüber weisen einem Wärmenetz, Gebiete in welchen die Versorgung der Gebäude z.B. durch Heizöl erfolgt, eine nicht so stark ausgeprägte Konkurrenz auf, als das Erdgasnetz. In Oberndorf herrscht folglich kein Druck zu einer bestehenden, leitungsgebundenen Energieversorgung. Gerade aus diesem Grund sollte für die Wärmeversorgung der Gebäude, dieser Ortsteil vorab als Vorranggebiet für ein Wärmenetzaufbau in Betracht gezogen werden (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2007).

3.2 Vorgehen bei der Datenerhebung

Um im Rahmen dieser Bachelorarbeit, hinsichtlich der Machbarkeit eines Wärmenetzes in Oberndorf, Aussagen treffen zu können, war es notwendig, eine Reihe verschiedener Daten zu erheben. Mithilfe eines Fragebogens war es möglich, von einigen Gebäuden in Oberndorf spezifische Gebäudedaten abzufragen. Zur Erstellung des Fragebogens wurde nach ersten eigenen Überlegungen, für eine weitere Ideensammlung nach verfügbaren Fragebögen recherchiert, die in anderen Wärmenetzprojekten zur Datenerhebung genutzt wurden. Am Ende entstand ein zweiseitiger Fragebogen, in welchem die wichtigsten Punkte für die späteren Auswertungen beinhaltet waren. Neben den typischen Fragen, die im Zusammenhang für eine Planung eines Wärmenetzes von besonderer Bedeutung sind, wie beispielsweise Angaben zum Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser, wurden auch Fragen eingebracht, die das Interesse der Bürger von Oberndorf, hinsichtlich einer solchen Energieversorgung, abbilden. Der vollständige Fragebogen ist nochmals zum Nachlesen am Ende dieser Arbeit, im Anhang eingefügt worden. Dieser Fragebogen wurde dann an alle Haushalte Oberndorfs verteilt. Besonderer Dank geht an dieser Stelle auch nochmals an Frau Arnold, der Ortsvorsteherin von Oberndorf. Freundlicherweise erklärte sie sich dazu bereit, bei der Verteilung der Fragebögen Unterstützung zu leisten. Vor der Fragebogenverteilung wurde dann noch ein kleiner Artikel verfasst, in welchem kurz meine Persönlichkeit vorgestellt wurde und über das Vorhaben aufgeklärt wurde. Dieser erschien dann im Gemeindeboten, sodass die Bürger rechtzeitig über mein Erscheinen an ihren Briefkästen informiert waren. In einer weiteren Annonce durch die Ortsverwaltung, welche passend am Tag der Verteilung erschien, wurde nochmals an das Vorhaben erinnert und zur Unterstützung der Aktion aufgerufen. Die im Gemeindeboten erschienenen Publikationen befinden sich ebenfalls im Anhang. Der ausgefüllte

Fragebogen konnte entweder im Briefkasten des Rathauses eingeworfen oder persönlich per E-Mail zurückgesendet werden.

Wie bereits schon erwähnt, konnten durch die Verteilung der Fragebögen, von einem Teil der Wohngebäude die benötigten Daten erhoben werden. Bei Umfragen allgemein, muss im Vorfeld damit gerechnet werden, dass die Teilnahmequote nicht 100 % betragen wird. Das war auch in diesem Fall so. Um dennoch Aussagen über die restlichen Gebäude treffen zu können, sind diese bei einer Begehung durch den Ort aufgenommen worden. Hierzu mussten Abschätzungen über deren Baujahr, Wohnfläche etc. vorgenommen werden. Welche Gebäudedaten abgeschätzt wurden und wie bei der Abschätzung z.B. von dem Baujahr des Gebäudes vorgegangen wurde, beschreibt das Kapitel 3.3 etwas genauer. Auch für dieses Vorhaben, ist die Begehung wieder im Gemeindeboten publiziert worden, sodass es bei den Bürgern nicht zu Missverständnissen führen konnte, weshalb ich mich längere Zeit vor deren Gebäude aufhielt und die Häuser genauer betrachtete, sowie auch Notizen anfertigte. Die entsprechende Anzeige hierzu ist im Anhang zu finden. Erfreulicherweise konnten bei dem Rundgang durch die Ortschaft, durch ein paar persönliche Gespräche mit den Eigentümern oder Mietern, weitere genaue spezifischen Informationen erworben werden. An dieser Stelle gilt mein Dank auch noch allen Bürgern von Oberndorf für die Unterstützung und deren Engagement.

Ursprünglich war auch eine Informationsveranstaltung zum Thema der Nahwärmenetze geplant, welche als Auftaktveranstaltung angedacht war. Diese musste leider, wegen der damaligen Situation der Corona Pandemie, kurzfristig abgesagt werden. Bene Müller, Geschäftsführer der Solarcomplex AG, hatte bereits damals in Breitenholz einen solchen Vortrag zur Nahwärmeversorgung abgehalten. Auch er hatte sich diesmal wieder dazu bereiterklärt, in Oberndorf, an einem Abend, interessierte Leute in einem Vortrag über dieses Thema zu informieren. Den Umständen entsprechend, ist daraus leider nichts geworden. Bereits hier hätte es sich als eine sehr gute Möglichkeit angeboten, die ersten Fragebögen für die Datenerhebung auszugeben. Die Verteilung der Fragebögen fand daher zu einem späteren Zeitpunkt statt, nachdem sich die Lage der Corona Pandemie leicht entspannt hatte. Nichts desto trotz, wurde in der ersten Anzeige im Gemeindeboten auf den Link der Präsentation aus dem Informationsabend in Breitenholz verwiesen, sodass sich bei Interesse die Bürger aus Oberndorf selbst einen persönlichen Eindruck über die Thematik verschaffen konnten.

3.3 Abschätzung von Gebäudedaten

Da mit dem Fragebogen nicht alle Gebäude erfasst wurden, bestand die Notwendigkeit, die restlichen Wohngebäude aufzunehmen, um trotz allem eine ganzheitliche Betrachtung von Oberndorf zu ermöglichen. Bei einer Begehung durch den Ort, wurden eine Reihe von Daten pro Gebäude abgeschätzt, welche von der Straßenseite aus, durch eine visuelle Betrachtung zu erkennen waren. In diesem Kapitel soll nun etwas genauer darauf eingegangen werden, welche Daten, zu welchem Zweck, aufgenommen wurden.

Für eine spätere Berechnung des Wärmebedarfs, mit Hilfe des im Kapitel 3.5 beschriebenen Tools, mussten das Baujahr und die Wohnfläche abgeschätzt werden. Auch wenn das Baujahr nicht auf eine exakte Jahreszahl, sondern nur auf eine Baualtersklasse festzulegen war, stellte dies die größte Herausforderung dar. Um dieses allerdings möglichst genau zu bestimmen, wurden folgende Hilfsmittel herangezogen. So ist beispielsweise auf der Homepage von Oberndorf eine Übersichtskarte zu finden, welche die Erschließung der einzelnen Baugebiete widerspiegelt. Damit war eine erste grobe Eingrenzung zur Bestimmung des Alters der Gebäude möglich. Weiterhin nützlich, für eine schärfere Bestimmung, ist die Tabelle der Deutschen Gebäudetypologie des Instituts Wohnen und Umwelt, in welcher mit kleinen Bildchen, der Baualtersklasse entsprechend, typische Gebäude abgebildet sind. Zur Veranschaulichung sind die beiden Hilfsmittel im Anhang zu finden. Aber auch das auf den Fragebögen angegebene Baujahr wurde genutzt, um benachbarte Häuser beurteilen zu können. In diesem Zusammenhang war ebenfalls die Auskunft von Anwohnern eine weitere hilfreiche Unterstützung. Bei einem Blick auf das Dach war festzustellen, ob eventuell eine Solarthermieanlage installiert ist. Falls dies der Fall war, wurde die Kollektorart und die geschätzte Fläche notiert. Darüber hinaus war es größtenteils auch möglich zu erkennen, welche Anlagentechnik zur Beheizung des Gebäudes genutzt wird. Dabei wurde darauf geachtet, ob ein Gebäude mit einem Kamin versehen ist oder nicht, denn so kann ausgesagt werden, dass mit großer Wahrscheinlichkeit eine Heizungsart, in welcher ein Verbrennungsprozess stattfindet, eingebaut ist.

Ebenso waren teilweise auch charakteristische Merkmale eines Heizungssystems, wie ein Tankstutzen zum Befüllen der Öltanks oder ein Belüftungsrohr des Tankraumes, von der Straße aus einzusehen. Aber auch Brennholz, welches auf dem Grundstück gelagert wird, aufgestellte Luftwärmepumpen oder im Garten vergrabene Flüssiggastanks, gaben Aufschluss über das vermutlich installierte Heizungssystem. In Bezug einer energetischen Bewertung des Gebäudebestandes, wurde die Dämmstärke beurteilt. Genauso im Fokus lag die Einschätzung des allgemeinen Gebäudezustandes, ob z.B. etwa in naher Zukunft Renovierungsarbeiten anfallen, die zu einer energetischen Verbesserung führen könnten oder ob sich das Objekt in einem Guten, vorerst nicht verbesserungswürdigem Zustand befindet. Daneben wurde darauf geachtet, ob die Fassade verputzt oder verkleidet ist oder ob gar ein Fachwerk vorliegt. Je nachdem ist nämlich die Anbringung einer Wärmedämmung mit einem größeren Aufwand und höheren Kosten verbunden. Das kann dazu verleiten, aus wirtschaftlichen Gründen doch eher einen höheren Energieverbrauch in Kauf zu nehmen.

Die genannten Aspekte, bezüglich der Gebäudehülle, erlauben Prognosen über eine zukünftige Stabilität bzw. Instabilität des Wärmebedarfs der Gebäude im Vergleich zum jetzigen Zeitpunkt. Des Weiteren sind für eine allgemeine Beschreibung des Gebäudebestandes noch folgende Daten aufgenommen worden, wenn auch manche im Nachhinein für die Auswertungen von keiner Relevanz mehr waren: Anschrift des Gebäudes, Eigentümerverhältnis (privat oder vermietet), Gebäudekategorie (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus etc.), Bewohneranzahl (nur durch Bekanntgabe aus Gesprächen), Anzahl der Vollgeschosse, Nutzungsart, Dachform und die Umgebung des Gebäudes (freistehend, einseitig angebaut, dicht umbaut).

3.4 Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung des Wärmebedarfs

3.4.1 Berücksichtigung des Jahresnutzungsgrades von Heizungsanlagen

In Hinsicht auf eine entsprechende Dimensionierung des Rohrleitungsnetzes und der Wärmeerzeugungseinheiten, ist es unbedingt notwendig den Wärmebedarf der Gebäude im Vorfeld zu ermitteln. Daher ist es entscheidend zu berechnen, welchen Wärmeverbrauch die Gebäude aufweisen. Mit Hilfe des Fragebogens war es möglich, für einige Gebäude von Oberndorf, den jährlichen Verbrauch an Brennstoffen zu erheben. Die eingetragenen Verbrauchswerte geben allerdings nur Auskunft über die tatsächlich eingesetzte Brennstoffmenge. Bei einer Multiplikation dieser Werte mit den entsprechenden Heizwerten, würde es keinen Aufschluss darüber geben, wie hoch letztendlich der Wärmeverbrauch des jeweiligen Gebäudes ist. Bei dieser Berechnung würden nämlich sämtliche Verluste der Heizungsanlage, wie z.B. die Umwandlungsverluste von chemischer in thermische Energie, Abgasverluste etc. unterschlagen werden. Bei einem Anschluss an ein Wärmenetz ist der Heizungskessel nicht mehr vorhanden. Aus diesem Grund entspricht der bisherige Energieverbrauch nicht gleich der Wärmemenge, welche über das Wärmenetz zur Verfügung gestellt werden muss. Diese wird unter Berücksichtigung der bisherigen Anlagenverluste geringer ausfallen. Folglich ist es erforderlich, die Effizienz der Heizungsanlagen im Gebäudebestand zu beachten. Welcher Anteil am Ende von der gesamten Menge des eingesetzten Energieträgers, unter Berücksichtigung der Verluste, als nutzbare Heizenergie zur Verfügung steht, kann mithilfe des Jahresnutzungsgrades ausgerechnet werden. Zusammengefasst bildet die Verrechnung der eingesetzten Brennstoffmenge mit dem Heizwert und dem Jahresnutzungsgrad den endgültigen Wärmeverbrauch eines Gebäudes ab. Auf der nächsten Seite in Tabelle 2 sind durchschnittliche Nutzungsgrade verschiedener Heizungsarten aufgeführt.

Tabelle 2: Jahresnutzungsgrade verschiedener Heizungsarten

Heizungsart	Jahresnutzungsgrad
Holzessel	0,5 bis 0,6
Ölessel	0,75 bis 0,8
Gasbrennwertessel	0,9 bis 0,96
Elektroheizung	0,9

Quelle: Eigene Darstellung nach Kesselheld 2020

Im Rahmen der Berechnung des Wärmeverbrauchs der Gebäude, wurden die oben in Tabelle 2 aufgeführten Spannen an Jahresnutzungsgraden der jeweiligen Heizungsart, als Basis genutzt. Für die Entscheidung, ob nun eher der obere oder der untere Bereich der angegebenen Spanne gelten soll, wurde das Baujahr der Heizungskessel aus den Fragebögen herangezogen. Ausschlaggebend hierbei war, ob es sich bei der größeren Anzahl an Kesseln der jeweiligen Art, um eher ältere oder neuere Anlagen handelt. Dementsprechend wurde der jeweilige Jahresnutzungsgrad festgelegt. Hinsichtlich der neuen Gasheizungen in Oberndorf ist eine Brennwertnutzung unterstellt. Bei den Holz- und Gaskesseln handelt es sich um neuere Anlagen. Daher wurde ein Jahresnutzungsgrad von 0,6 für die Holzheizungen und für die Gasbrennwertessel ein Nutzungsgrad von 0,96 angenommen. Im Gegensatz dazu steht ein älterer Ölesselbestand, welcher in den unteren Bereich der Effizienz einzuordnen ist. Die Ölheizungen sind mit einem Jahresnutzungsgrad von 0,75 in die Wärmeverbrauchsberechnung eingeflossen. Hinsichtlich der Elektroheizungen wurde der angegebene Wert aus der Tabelle 2 übernommen. Des Weiteren mussten für die Heizungsanlagen, welche in Oberndorf zudem verbreitet sind, aber bei denen die Recherchen keine eindeutigen Ergebnisse, hinsichtlich des Nutzungsgrades, erzielten, Annahmen getroffen werden. Für Kachel- und Kaminöfen wurde ein Nutzungsgrad von 0,45 angenommen. Nach den Angaben des Baujahres der Heizungsanlagen in den Fragebögen wurde ersichtlich, dass der Bestand an Pellet- und Hackschnitzelheizungen in Oberndorf, bis auf sehr wenige Ausnahmen, relativ neu ist. Der Großteil der Anlagen ist nicht älter als vier Jahre. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei diesen neuen Heizungskesseln um effiziente Anlagen handeln muss. Aus diesem Grund wird für diese beiden Heizungsarten ein Nutzungsgrad von 0,8 angenommen. In Bezug auf die Umwandlung von elektrischer in thermische Energie durch Luftwärmepumpen, wird eine Jahresarbeitszahl von 2,5 für die Berechnungen festgelegt.

3.4.2 Heizwerte von Brennstoffen

Weiterhin ist es für die Berechnung des Wärmeverbrauchs notwendig, neben dem Jahresnutzungsgrad, auch den Heizwert der eingesetzten Energieträger zu berücksichtigen. Auf dem Fragebogen wurde die Brennstoffmenge angegeben, die zur Deckung des Wärmebedarfs benötigt wird. Um nun den Energieverbrauch von z.B. 1000 Liter Heizöl in der Einheit „kWh“ ausdrücken zu können, muss diese Menge mit dem Heizwert multipliziert werden. Die Heizwerte der aufgelisteten Energieträger des Fragebogens, welche auch der Verbrauchsberechnung zugrunde liegen, sind Tabelle 3 zu entnehmen. Die in der Tabelle angegebenen Heizwerte der Hackschnitzel und des Scheitholzes beziehen sich auf einen Wassergehalt von 15%, da davon auszugehen ist, dass mit abgelagertem, also trockenem Holz und nicht mit waldfrischem Holz, in den üblichen Heizungen für Wohngebäude geheizt wird. Darüber hinaus bezieht sich der Heizwert von Scheitholz auf einen mittleren Wert von Laubholz, da normalerweise Laubhölzer in überwiegender Form als Brennholz genutzt werden. Dies hat sich auch bei der Begehung durch Oberndorf bestätigt.

Tabelle 3: Heizwerte verschiedener Brennstoffe

Brennstoff	Heizwert
Heizöl	10 kWh/l
Flüssiggas	6,57 kWh/l
Holzpellets	4,8 kWh/kg
Scheitholz	2100 kWh/rm
Hackschnitzel	952 kWh/m ³ bzw. 4,3 kWh/kg

Quelle: eigene Darstellung nach Solar Partner Süd 2020 und Flüssiggas1.de GmbH 2020

3.5 Bestimmung des Wärmeverbrauchs aus abgeschätzten Daten

Wie bereits in Kapitel 3.3 kurz erwähnt wurde, waren vor allem das Baujahr und die Wohnfläche aus den abgeschätzten Daten der Vorortbegehung von besonderer Bedeutung, um im Nachhinein den Wärmebedarf der restlichen Gebäude berechnen zu können. Hierzu wurde das vom Institut Wohnen und Umwelt bereitgestellte Online Tool, das TABULA WebTool genutzt. Dieses Tool ist im Internet für jedermann frei zugänglich und ist bei der Stichwortsuche „TABULA WebTool“ oder direkt unter folgendem Link <http://webtool.building-typology.eu/#bm> zu finden. Insgesamt sind der Datenbank Daten von Gebäuden aus 21 verschiedenen Ländern hinterlegt. Für die Betrachtung der Gebäude von Oberndorf, war die Auswahl der deutschen Gebäudetypologie erforderlich. In der Matrix der deutschen Gebäudetypologie ist für jede Gebäudeart, über alle Baualtersklassen hinweg, ein Referenzgebäude hinterlegt. So erlaubt das Tool, durch bereits den Gebäuden hinterlegten Berechnungen, die verschiedensten Aussagen über das entsprechend ausgewählte Objekt zu treffen. Spezifische Energiekennwerte wie z.B. der Primärenergiebedarf, die CO₂-Emissionen, die Energiekosten und der Heizwärmebedarf etc. können angezeigt werden. Darüber hinaus kann das Energieeinsparpotential für all die zuvor genannten Werte ermittelt werden, da für den ursprünglichen Gebäudezustand, sowie für eine gewöhnliche, als auch eine sehr umfangreiche Sanierungsmaßnahme, Verbrauchswerte vorliegen. Die dafür zugrunde liegenden Werte, also mit welchem Umfang an energetischen Sanierungsmaßnahmen an Bauteilen der Gebäudehülle der jeweilige Verbrauch erzielt wird, kann aus einer extra im Programm aufgeführten Tabelle entnommen werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, hinsichtlich der eingesetzten Technik, für die Wärmebereitstellung des Gebäudes zwischen verschiedenen Heizungssystemen zu variieren. Im Rahmen dieser Arbeit spielt für die Ermittlung des Wärmebedarfs, aus den abgeschätzten Gebäudedaten, allerdings nur der im TabulaWebtool angegebene Wert des Heizwärmebedarfs eine Rolle. Somit wurde für jedes aufgenommene Gebäude aus der Begehung in Oberndorf, der Wärmebedarf wie folgt berechnet. Über das abgeschätzte Baujahr des Gebäudes und den Gebäudetyp, wurde das entsprechende Referenzgebäude in der Matrix der deutschen Gebäudetypologie ausgewählt. Anschließend wird bei richtiger Auswahl der spezifischen Energiekennwerte, der Heizwärmebedarf angezeigt, welcher den Wärmebedarf pro m² Wohnfläche wiedergibt. Durch die Multiplikation der abgeschätzten beheizten Wohnfläche aus der Datenaufnahme und dem im Tabula angegebenen Wert des Heizwärmebedarfs, konnte der Wärmebedarf jedes einzelnen Gebäudes berechnet werden. Mithilfe dieses Tools war es somit möglich aus der Datenabschätzung, die restlichen Gebäude, die nicht mittels des Fragebogens erfasst werden konnten, in den Berechnungen ebenfalls zu berücksichtigen.

3.6 Ermittlung und Berücksichtigung des Ertrages der Solarthermieanlagen

Bei den Berechnungen des Wärmebedarfs, musste ebenfalls für die Gebäude, welche über eine Solarthermieanlage verfügen, der Ertrag von der Solaranlage berücksichtigt werden. Durch eine Solarthermieanlage wird nämlich die Menge an eingesetzten Energieträgern, welche normalerweise zur Beheizung des Gebäudes und zur Warmwasserbereitung erforderlich wäre, um einen gewissen Betrag reduziert. Wie groß die Einsparung nun letztendlich ist, hängt aber von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem auch von der Kollektorgröße. Anhand der Fragebögen und durch die Datenerhebungen vor Ort, konnte sowohl die Kollektorart, als auch die Kollektorfläche ermittelt werden. Um nun auch die Energie, welche über die Solarthermieanlage zur Verfügung gestellt wird, mit in die Wärmebedarfsrechnung einzubeziehen, wurde für jedes Gebäude mit einer Solaranlage eine Simulation durchgeführt. Mit der Solar-Toolbox, einem Online Simulationsprogramm, konnte der Ertrag der Solaranlage und die damit verbundene Einsparung von Energieträgern ermittelt werden. Die Abbildung 18 zeigt beispielhaft in einem Screenshot dargestellt, das Simulationsergebnis eines Gebäudes aus Oberndorf, wie es auch ebenso für alle Weiteren praktiziert wurde.

Abbildung 18: Simulationsergebnis eines Gebäudes aus Oberndorf



Quelle: Solar-Toolbox (eigene Simulation)

Alle für die Simulation benötigten Daten, konnten den Fragebögen entnommen werden. Zu Beginn ist die Eingabe der Postleitzahl und die Anzahl der im Haus lebenden Personen nötig. Über die Postleitzahl werden die Wetterdaten, welche je nach geographischer Lage in Deutschland unterschiedliche Auswirkungen auf den Ertrag der

Solaranlage haben, in der Simulation berücksichtigt. Mit der Angabe der Personenzahl, wird der tägliche Warmwasserverbrauch ermittelt, welcher mit 50 Litern am Tag pro Person im Programm angesetzt ist. Im Anschluss daran ist die Eingabe von allgemeinen Angaben der Solaranlage, wie z.B. die Kollektorart und -fläche, unerlässlich. Da keine Angaben über die Größe der Pufferspeicher vorlagen, wurde an diesem Punkt der Simulation die Speichergröße an die Kollektorfläche gekoppelt. Oftmals werden die Solarthermieanlagen nicht nur zur Warmwasserbereitung, sondern auch zur Unterstützung des Heizungssystems eingesetzt, weshalb dieses System in allen Simulationen zugrunde gelegt wurde. Notwendige Angaben, um das Einsparpotential durch die Solaranlage bei der Heizungsunterstützung beachten zu können, waren die Auswahl der Zusatzheizung, die Wohnfläche und der Gebäudetyp mit Wahl zwischen zwei Dämmstandards. Mit diesen Angaben aller Gebäude war es möglich, am Ende den simulierten Verbrauch des Gebäudes, zum einen ohne Solaranlage und zum anderen den Verbrauch mit Integration der Solaranlage, zu erhalten. Aus der Differenz der beiden Verbrauchsmengen konnte so die Einsparung des Energieträgers, aufgrund der Solarthermieanlage, berechnet und diese schließlich bei der Ermittlung des Wärmebedarfs beachtet werden.

Im Ergebnisteil dieser Arbeit ist im Kapitel 4.2.1 der Wärmebedarf der Wohngebäude aus Oberndorf, sowohl aus Sichtweise des Wärmenetzbetreibers, als auch aus der Perspektive der Gebäudeeigentümer dargestellt. Um diese Unterscheidung vornehmen zu können, bestand letztendlich die Notwendigkeit, den Ertrag der Solarthermieanlagen zu berechnen. Für den Wärmenetzbetreiber ist die Menge an Wärme, die er den Gebäuden zur Verfügung stellen muss, eine sehr wichtige Information. Zunächst wird aber nun die Berechnung dieser Sichtweise etwas genauer erläutert, welche sich aus den Angaben der Fragebögen und des ermittelten Wärmebedarfs aus den abgeschätzten Daten, mithilfe des Tabula WebTools, zusammensetzt. Von den Fragebögen wurde aus den Angaben der jährlich verbrauchten Energieträger die Nutzenergie, die tatsächlich im Gebäude nach den Anlagenverlusten genutzt wird, ermittelt. In diesem Zusammenhang blieb der Ertrag der Solarthermieanlagen unberücksichtigt, da diese Menge nicht über den Wärmenetzbetreiber bereitgestellt werden muss. Der Grund dafür ist, dass ein Gebäudeeigentümer wahrscheinlich nicht seine Solaranlage, wegen eines Wärmenetzanschlusses, außer Betrieb nehmen wird. Vielmehr wird diese nach wie vor als Zusatzsystem integriert bleiben. Anders sieht es bei dem ermittelten Wärmebedarf der abgeschätzten Daten aus. Durch das Tabula Webtool wird nur der erforderliche gesamte Heizwärmebedarf eines Gebäudes abgebildet. Das Problem hierbei stellen die Gebäude mit einer Solaranlage dar, denn der solare Anteil am Wärmebedarf des jeweiligen Hauses, bleibt bei diesem Tool unberücksichtigt. Um nun die Aussage für die Betrachtung des Wärmenetzbetreibers treffen zu können, welche Wärmemenge durch diese Gebäude nachgefragt wird, muss jetzt von dem ermitteltem Tabula Wert, die Einsparung durch die Solaranlage abgezogen werden. So wird auch der Wärmebedarf dieser Gebäude, ohne den Anteil der Solaranlage, beachtet. Nochmals zusammengefasst lässt sich sagen, dass für die Sichtweise des Netzbetreibers, aus den Fragebögen nur die angegebenen Mengen der entsprechenden Energieträger, ohne den Teil der Solaranlage, herangezogen wurden. Bei den Ergebnissen, die das Tabula

Webtool lieferte, wurde das aus der Simulation ermittelte Einsparpotential umgerechnet und anschließend bei den jeweiligen Gebäuden vom Gesamtbedarf abgezogen.

Um nun noch die zweite Sichtweise, also den Wärmebedarf der Gebäude aus der Perspektive der Gebäudeeigentümer zu veranschaulichen, musste umgekehrt vorgegangen werden. Dieses Ergebnis bildet nämlich den tatsächlichen Verbrauch, inklusive der erzeugten Energie aus den Solarthermieanlagen, eines Gebäudes ab und ist folglich ein Stückweit höher als die Wärmemenge, welche der Versorger bereitstellen muss. Folglich wurde in dieser Berechnung, zusätzlich zu den Verbrauchsangaben aus den Fragebögen, noch die durch die Solaranlage erzeugte Energie hinzuaddiert. Die ermittelten Werte aus dem Tabula Webtool stellen, wie bereits schon erwähnt, den gesamten Wärmebedarf eines Gebäudes dar, weshalb die Werte für die abgeschätzten Gebäude so übernommen werden konnten. Kurz gesagt, wurde bei der Wärmebedarfsermittlung für die Perspektive der Gebäudeeigentümer, zu den angegebenen Verbrauchsdaten der Fragebögen, lediglich der Energieanteil der Solaranlagen hinzuaddiert und die ermittelten Bedarfswerte aus dem Tabula Webtool wurden für die Gebäude aus den Abschätzungen übernommen.

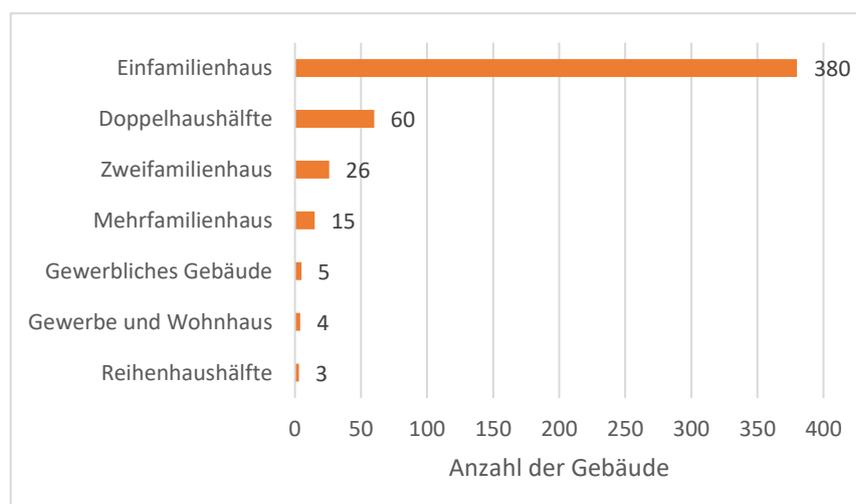
4. Ergebnisse

4.1 Auswertung der Fragebögen und der abgeschätzten Daten

Ziel mit der Verteilung der Fragebögen an alle Haushalte Oberndorfs war es, von möglichst vielen Gebäudeeigentümern genaue spezifische Gebäudedaten, sowie auch Informationen über das allgemeine Interesse an einer Nahwärmeversorgung zu erhalten. An der Fragebogenaktion haben sich insgesamt 118 Gebäudeeigentümer beteiligt und den Fragebogen wieder zurückgeschickt. Von den insgesamt 493 betrachteten Gebäuden in Oberndorf, entspricht dies einer Rücklaufquote von 24%. Das generell große Interesse spiegelte sich auch in den Fragebögen wider, die sehr ausführlich bearbeitet wurden und zum Teil auch mit mehr, detailreichen Informationen, als eigentlich notwendig waren, versehen wurden. Bei der Durchsicht der Fragebögen, waren zwei Enthaltungen zu verzeichnen. Daher sind die Auswertungen der erhobenen Daten aus den Fragebögen, auf 116 Gebäude zu beziehen. Darüber hinaus wurden Daten von weiteren 377 Gebäuden während der Vorortbegehung, für eine ganzheitliche Betrachtung dieser Ortschaft, abgeschätzt. Ferner war bei diesem Rundgang zu erkennen, dass auch ein Leerstand von Wohngebäuden existiert. Derzeit sind zusätzlich zur insgesamten Gebäudeanzahl 10 weitere Objekte schon seit längerer Zeit nicht mehr bewohnt, worauf auch der in die Jahre gekommene Zustand zurückschließen lässt. Umfangreiche Sanierungsarbeiten müssten durchgeführt werden, um diese wieder als Wohnraum nutzen zu können. In dem Zeitraum zwischen der Fragebogenverteilung und der Begehung, wurde ein weiteres Gebäude abgerissen, an welcher Stelle aber schon wieder ein Neubau entsteht. Die leerstehenden Häuser sind im Rahmen dieser Arbeit unbeachtet geblieben. Sofern, bei den entsprechenden Auswertungen, keine expliziten Aussagen (z.B. das Nennen von Enthaltungen) getroffen werden, beziehen sich die 100% immer entweder auf die 116 Gebäude aus den Fragebögen oder auf die 377 Gebäude aus der Datenabschätzung.

Gebäudetypologie in Oberndorf und Eigentumsstruktur

Abbildung 19: Gebäudetypologie in Oberndorf



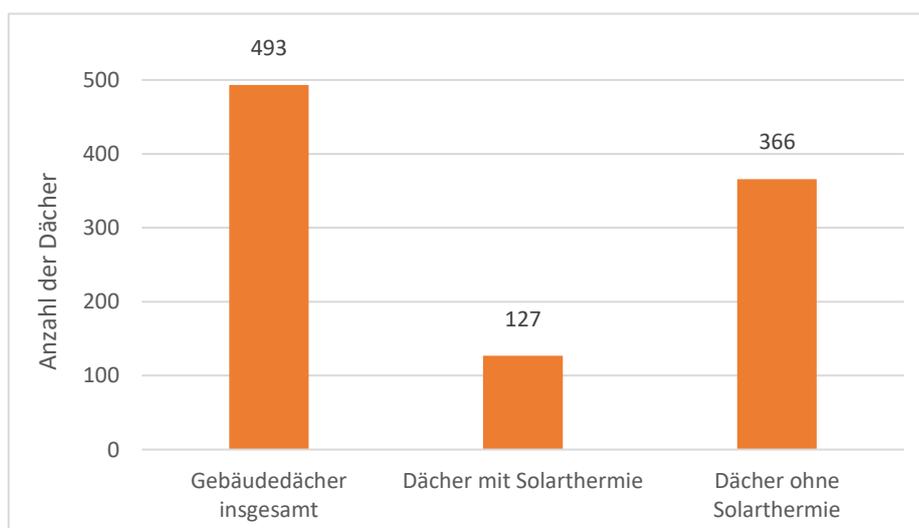
Quelle: eigene Darstellung 2020

In Oberndorf wird das Bebauungsbild zum Großteil, mit rund 77% aller betrachteten Gebäude, durch Einfamilienhäuser geprägt. Die Doppelhaushälften sind mit insgesamt 60 Objekten als zweitgrößte Gruppe zu sehen. Danach folgen Zweifamilien- und Mehrfamilienhäuser. In Oberndorf ist lediglich ein Reihenhaus, dass sich aus drei Reihenhaushälften zusammensetzt, zu finden. Neben den Wohngebäuden existieren auch fünf gewerbliche Gebäude, sowie vier Weitere, die eine gemischte Nutzung (Gewerbe- und Wohnraum gemeinsam) aufweisen. Allgemein ist zu erwähnen, dass sich die Gebäude überwiegend in privatem Eigentum befinden und auch durch den Eigentümer selbst genutzt werden. Von den 116 Gebäuden, die mit den Fragebögen erfasst wurden, sieht die Eigentumsstruktur folgendermaßen aus: 93% privat, 5% vermietet und 2% der Gebäude werden durch den Eigentümer selbst genutzt, wobei ein Teil des Hauses noch vermietet ist. Die Eigentumsstruktur der restlichen Gebäude, ist nur durch eine Betrachtung von außen, nicht zu beurteilen. Nach eigenen Schätzungen aber scheinen die Häuser zu 90% selbst vom Eigentümer genutzt zu werden, der Rest scheint in einem Mietverhältnis zu stehen.

Nutzung von solarer Strahlung durch Solarthermieanlagen in Gebäuden Oberndorfs

Die Bezeichnung der Gemeinde Oberndorf, als Sonnen- oder Solardorf, findet klare Berechtigung. Auf vielen Dächern ist entweder nur eine Solarthermie- oder Photovoltaikanlage montiert, manchmal sind sogar beide Anlagen vorhanden. Da Solarthermieanlagen Einfluss auf den Verbrauch der eingesetzten Energieträger haben und sich letztendlich dadurch die Menge von z.B. Heizöl reduzieren lässt, sind aus diesem Grund, im Rahmen dieser Arbeit, nur die Solar- und nicht die Photovoltaikanlagen berücksichtigt worden. Daher ist die absolute Anzahl der Dächer, welche mit einer regenerativen Energieerzeugungsanlage versehen sind noch höher, als die in Abbildung 20 genannte Dachanzahl mit Solarthermieanlagen.

Abbildung 20: Solarthermieanlagen auf den Dachflächen in Oberndorf



Quelle: eigene Darstellung 2020

Auf insgesamt 127 von 493 Gebäudedächern, ist in Oberndorf eine Solarthermieanlage installiert. Somit wird in 26% der Haushalte die Sonnenenergie entweder nur zur Erwärmung des Trinkwassers und/oder auch zur Heizungsunterstützung eingesetzt. Weiterhin ist bei diesen Anlagen zwischen Flach- und Röhrenkollektoren zu unterscheiden, wobei 90% aller Anlagen aus Flachkollektoren bestehen. Die spezifischen Daten der Solarthermieanlagen, sowohl aus der Datenerhebung mithilfe der Fragebögen, als auch aus der Datenaufnahme der Vorortbegehung, werden in der folgenden Tabelle 4 veranschaulicht.

Tabelle 4: Anzahl und Fläche nach Kollektorarten

Anzahl und Fläche der Kollektorarten	Spezifische Daten
Anzahl Flachkollektoren	115
Anzahl Röhrenkollektoren	12
Summe	127
Fläche Flachkollektoren	1182 m ²
Fläche Röhrenkollektoren	78 m ²
Summe	1260 m²

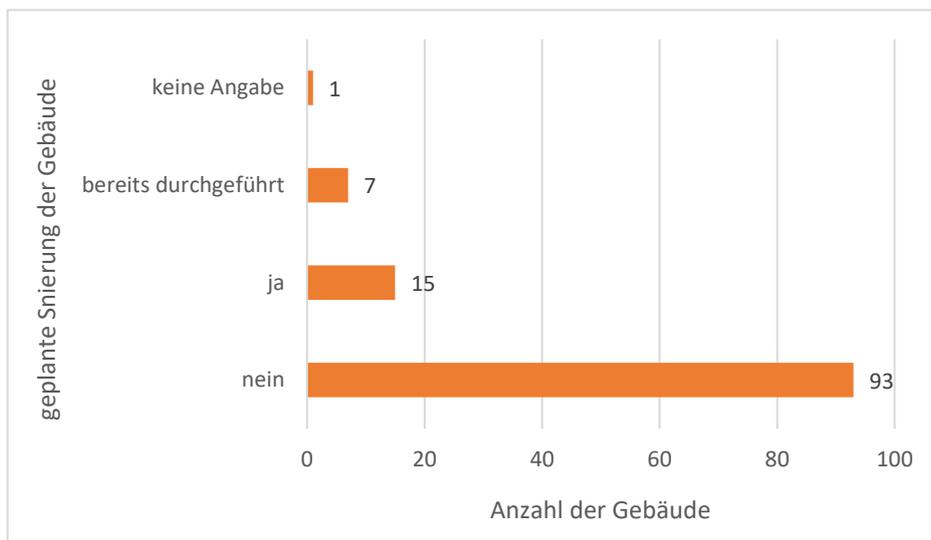
Quelle: eigene Darstellung 2020

Um die Ersparnis der Energieträger später in der Wärmebedarfsberechnung berücksichtigen zu können, wurden alle Solarthermieanlagen, mit dem im Kapitel 3.6 beschriebenen Simulationstool, nachsimuliert. Dabei hat die Simulation ergeben, dass durch alle Solarthermieanlagen insgesamt 42.203 Liter Heizöl ersetzt werden können. Mit dem im Simulationstool hinterlegten CO₂-Ausstoß von 2,8 kg, der mit dem Verbrauch von einem Liter Heizöl verbunden ist, lassen sich somit im Jahr in Summe 118 Tonnen an CO₂-Emissionen einsparen.

Gebäudesanierungen und Zustand der Gebäude

Mit Blick auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Wärmenetzes, ist eine zukünftig möglichst gleichbleibende Verbrauchstruktur sehr wichtig. Um eine Prognose treffen zu können, wie sich eventuell der Wärmebedarf der Gebäude in Oberndorf entwickeln könnte, können die nächsten zwei Diagramme sehr aufschlussreich sein. In Abbildung 21 ist zunächst das Ergebnis der Auswertung der Fragebögen dargestellt.

Abbildung 21: Zukünftig geplante energetische Sanierungen der Gebäude

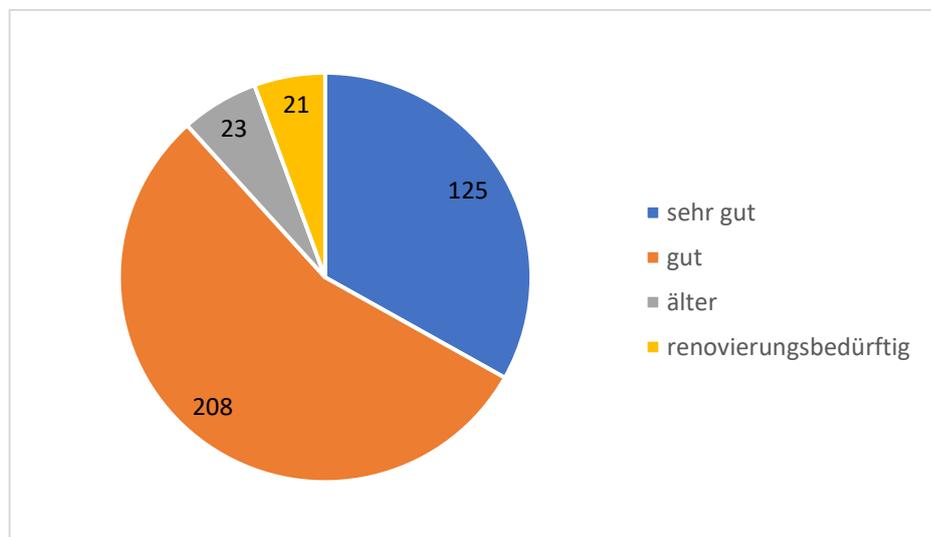


Quelle: eigene Darstellung 2020

An 93 Gebäuden sind in den nächsten Jahren durch den Gebäudeeigentümer keine energetischen Sanierungsmaßnahmen geplant. An 7 Häusern ist bereits eine energetische Sanierung durchgeführt worden. Des Weiteren planen 15 Besitzer deren Gebäude in den nächsten Jahren zu sanieren. Hierbei ist noch zu erwähnen, dass bei all diesen Gebäuden, die Maßnahmen bis spätestens in 5 Jahren abgewickelt sein sollen.

Zur Beurteilung der restlichen Gebäude, wurde der Gebäudezustand bewertet, um daraus ableiten zu können, ob in den nächsten Jahren mit Sanierungsmaßnahmen zu rechnen ist. Die Auswertung dieser Daten liefert folgendes Ergebnis.

Abbildung 22: Baulicher Zustand der Gebäude



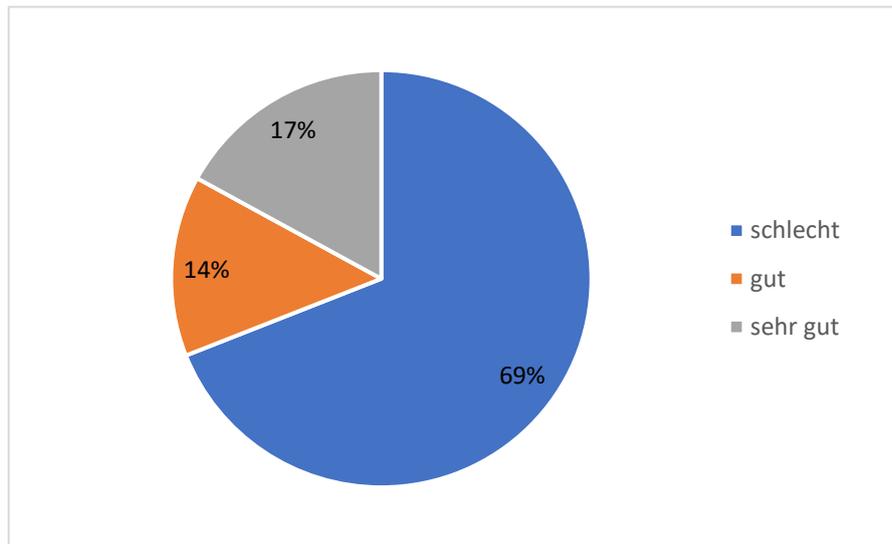
Quelle: eigene Darstellung 2020

Fast 90% der Gebäude aus der Datenaufnahme vor Ort, weisen einen guten bis sehr guten allgemeinen Gebäudezustand auf. Bei diesem Gebäudebestand ist mit großer Wahrscheinlichkeit, in den nächsten Jahren, vorerst nicht mit einer energetischen Sanierung zu rechnen. Nur um ein Beispiel zu geben, ist erst vor kurzem bei einigen Gebäuden die Fassade frisch gestrichen worden. Nach solch einer Investition wird sich kaum ein Gebäudeeigentümer dafür entscheiden, in einem absehbaren Zeitraum danach, z.B. eine Außenwanddämmung anzubringen. Anders sieht es bei den Gebäuden aus, deren Zustand älter oder gar renovierungsbedürftig ist. So ist bei 44 Gebäuden davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren mit Sanierungsmaßnahmen gerechnet werden muss. Der Verbrauch dieser Gebäude, wird eventuell nach den Baumaßnahmen, nicht mehr identisch mit dem jetzigen sein, sofern eine Außenwanddämmung angebracht und nicht nur die Fassade mit einem neuen Anstrich versehen wird. Allerdings befinden sich drei Objekte des Anteils der renovierungsbedürftigen Gebäude in einem wirklich sehr desolaten Zustand, sodass diese entweder sehr umfangreich, in Form einer Kernsanierung, renoviert oder sogar, aufgrund des sehr schlechten Zustands, abgerissen und vielleicht wieder neu aufgebaut werden müssten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei der Betrachtung beider Diagramme klar wird, dass sowohl durch die direkte Angaben der Gebäudeeigentümer in den Fragebögen, in 80% der Fälle, keine energetischen Sanierungen geplant sind und sich die restlichen Gebäude, bis auf wenige Objekte, in einem guten Zustand befinden. Folglich ist mit Blick auf die Entwicklung des Wärmebedarfs der Gebäude in Oberndorf zu erwähnen, dass sich dieser über die nächsten Jahre hinweg im Großteil nicht stark verändern wird. Dies ist für die Planungen und die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

eines Wärmenetzes, positiv zu werten. Allerdings kann es durchaus sein, dass irgendwann in Zukunft die Situation eintreten könnte, in der die Notwendigkeit besteht, die Gebäude, welche jetzt noch in einem guten Zustand sind, zu sanieren. Dann könnte eine energetische Sanierung des Gebäudebestands dazu führen, dass sich der Wärmebedarf drastisch reduziert. Unterstützt wird dieser Gedanke durch die Abbildung 23, in welcher dargestellt ist, wie gut die betrachteten Gebäude, aus der Datenerhebung der Begehung, gedämmt sind.

Abbildung 23: Dämmstandard der Gebäude



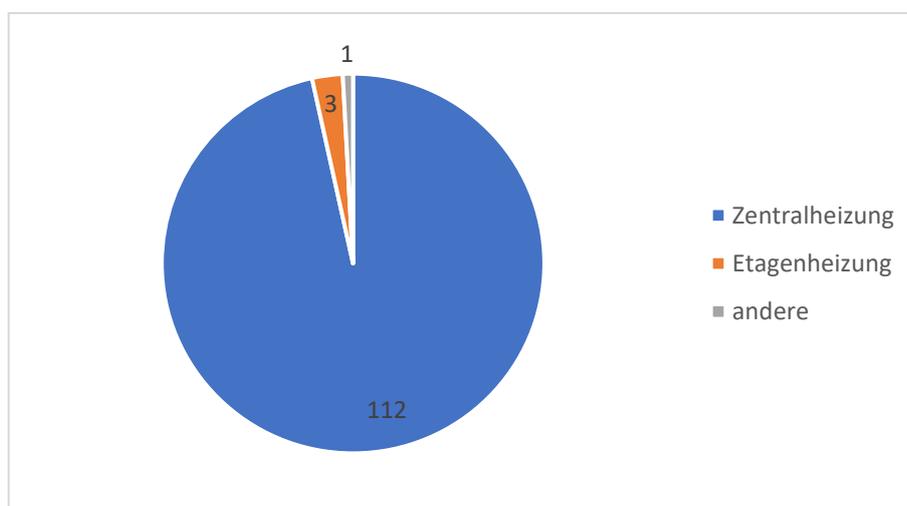
Quelle: eigene Darstellung 2020

Bei der eindeutigen Mehrheit, ist ein schlechter Dämmstandard festzustellen. Nahezu ausschließlich ist der Anteil dieser Gebäude entweder gar nicht gedämmt oder wenn überhaupt, nur sehr schlecht. Werden ältere, nicht gedämmte Gebäude saniert, sinkt der Verbrauch deutlich, da gerade die ersten Zentimeter an Dämmung, am meisten bewirken. Ab einer gewissen Dämmstärke, wird der Effekt einer großen Einsparung immer geringer. Wiederum 14% der Häuser sind gut und 17% sogar sehr gut gedämmt.

Heizungsstrukturen im Gebäudebestand

Um ein Gebäude direkt, ohne große Umbaumaßnahmen, an ein Wärmenetz anschließen zu können, sollte dies gewisse Grundvoraussetzungen erfüllen. Als wichtigste Voraussetzung, um die Wärme aus dem Wärmenetz zur Beheizung nutzen zu können, muss im Gebäude ein zentrales Heizungssystem vorhanden sein. Diesbezüglich ist bei den Gebäuden, welche über die Fragebögen erfasst wurden, kein Problem zu sehen, da nahezu jedes Gebäude, bis auf wirklich sehr wenige Objekte, über eine Zentralheizung verfügen. Nur in 3 von 116 Häusern ist eine Etagenheizung vorhanden und in einem Gebäude wurde sogar ein individuelles Energiekonzept umgesetzt, in welchem ein im Haus zentral positionierter Grundofen, zur kompletten Beheizung des Gebäudes dient.

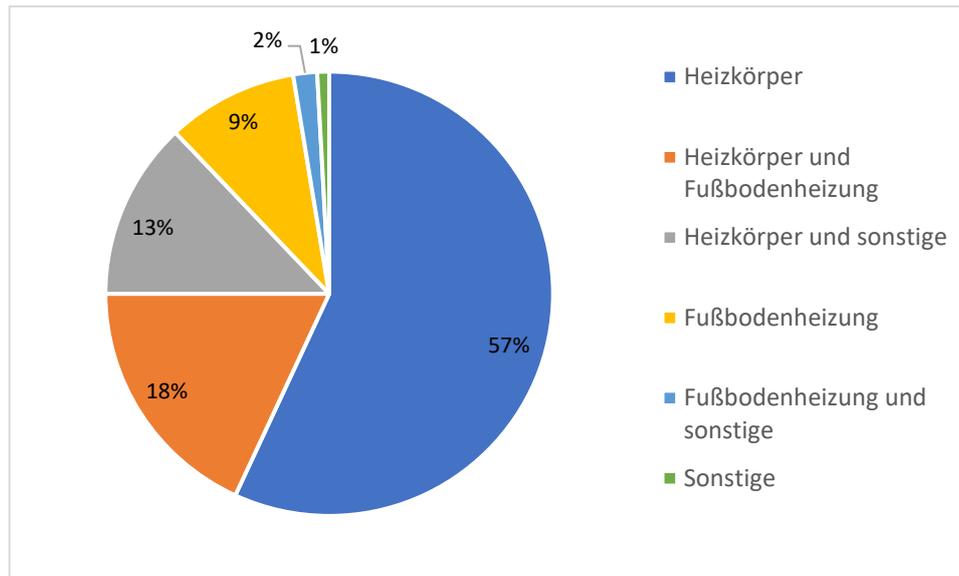
Abbildung 24: Art der Heizungen



Quelle: eigene Darstellung 2020

Hinsichtlich der Heizungsart der restlichen Gebäude, ist durchaus anzunehmen, dass diese ebenfalls, bis auf ein paar Ausnahmen, über ein zentrales Heizungssystem verfügen. Bezüglich der eingesetzten Technologien zur Beheizung des Gebäudes und zur Erwärmung des Trinkwassers, ist vor allem durch persönliche Gespräche, während der Vorortbegehung, zum Ausdruck gekommen, dass diese sehr vielfältig sein können und zum Teil auch nicht mehr dem Stand der heutigen Technik entsprechen, also stark veraltet sind. Teilweise erlauben die Gebäude, in welchen diese Strukturen noch vorzufinden sind, auch keinen Anschluss an ein Wärmenetz, ohne dass umfangreiche Baumaßnahmen durchgeführt werden müssten. Gerade in einzelnen, alten Gebäuden im Ortskern, werden kleine Einzelöfen (oftmals Ölöfen) aufgestellt und in den entsprechenden Räumen zur Beheizung genutzt. Das benötigte Warmwasser zum Duschen etc., wird über Elektroboiler zur Verfügung gestellt. Vereinzelt erfüllen mit Holz befeuerte Kochherde, nicht nur zum Kochen ihren Zweck, sondern sie werden an kalten Tagen und im Winter auch zum Heizen genutzt. Neben Holz werden auch Kohlebrikett verbrannt.

Abbildung 25: Heizungssysteme

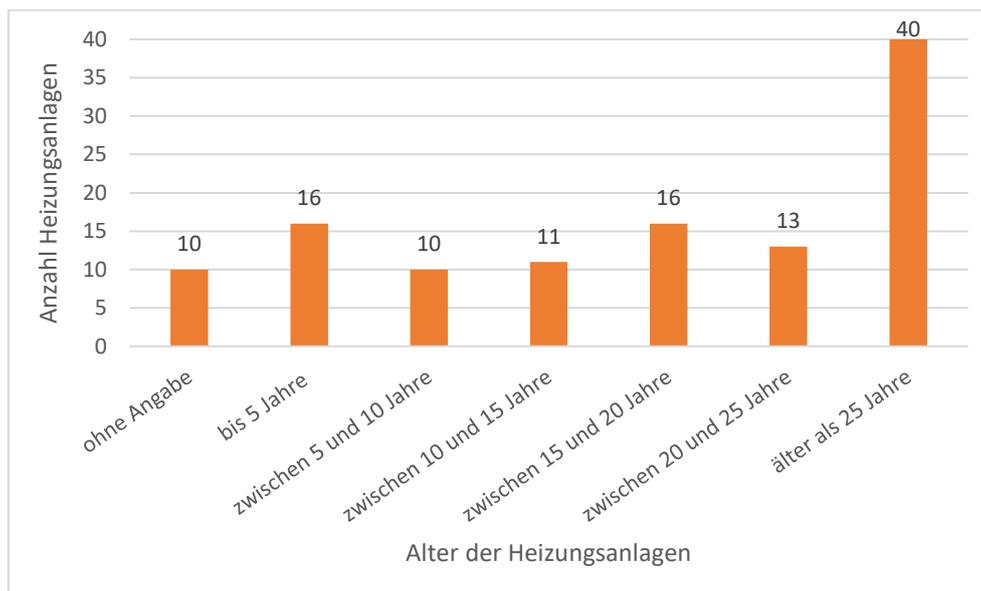


Quelle: eigene Darstellung 2020

Die Auswertung der Heizungssysteme, die in den Fragebögen angegeben wurden, hat ergeben, dass in 88% der Gebäude Heizkörper, wenn auch zum Teil in Kombination mit einer Fußbodenheizung oder einer anderen Technologie, installiert sind. Dennoch sind in 57% der Gebäude ausschließlich nur Heizkörper zur Wärmeübertragung im Raum eingebaut. Bei weiteren 18% liegt eine Kombination aus Heizkörpern und einer Fußbodenheizung vor. Darüber hinaus werden auch in 13% der Fälle, zusätzlich andere Wärmeerzeuger zur Beheizung eingesetzt, welche allerdings unabhängig von der Zentralheizung betrieben werden können. Dies sind beispielsweise Kachelöfen, Specksteinöfen und auch Holzöfen. In nur 11% der Häuser ist ausschließlich nur eine Fußbodenheizung eingebaut, wobei in 2% ebenfalls andere Wärmeerzeugertechnologien genutzt werden. Allgemein gilt, dass für eine ausreichende Wärmeübertragung im Raum über Heizkörper, im Gegensatz zu einer Flächenheizung (z.B. Fußbodenheizung) höhere Vorlauftemperaturen bereitgestellt werden müssen. In Hinsicht auf die Temperatur im Wärmenetz bedeutet dies, dass die Vorlauftemperatur ausreichend hoch sein muss, um den Anforderungen, die durch die Gebäude gestellt werden, gerecht zu werden.

Mitunter kann die bestehende Heizungsanlage, welche aufgrund ihres Alters saniert oder ausgetauscht wird, bei den Überlegungen der Gebäudeeigentümer, sich für einen Wärmenetzanschluss zu entscheiden, als ausschlaggebender Punkt gesehen werden. Die Abbildung 26 veranschaulicht, wie viele, der mit den Fragebögen erfassten Heizungsanlagen, in welche Altersgruppe, einzustufen sind.

Abbildung 26: Alter der Heizungsanlagen



Quelle: eigene Darstellung 2020

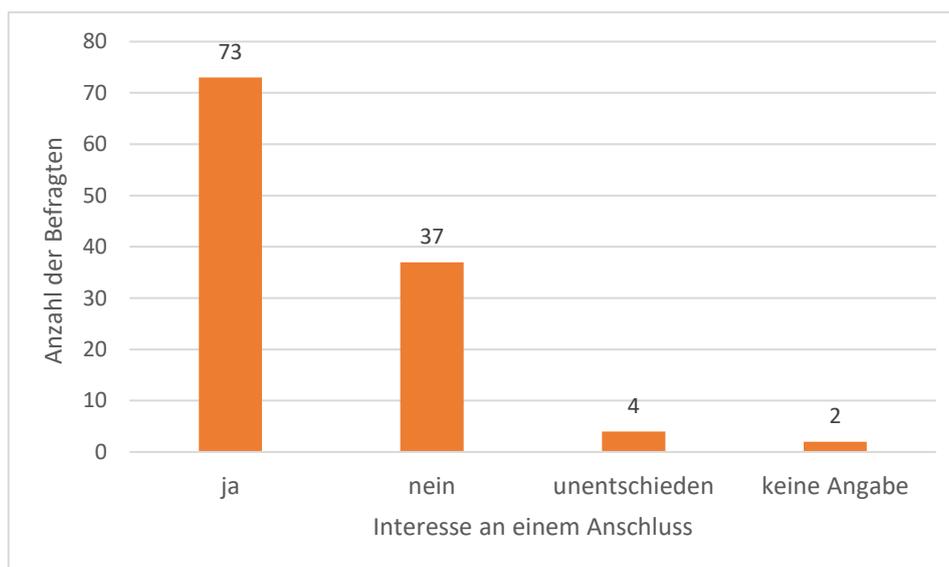
Beim ersten Blick auf das Diagramm ist festzustellen, dass die Anzahl der Heizungsanlagen im Alter bis zu 25 Jahre, nahezu identisch ist. Aber die Anzahl der Anlagen, welche älter als 25 Jahre sind, stellt doch einen beachtlich hohen Anteil dar. Schließlich ist festzuhalten, dass auf der einen Seite, bereits in einem Teil der Gebäude, die alten Kessel ausgetauscht worden sind. Auf der anderen Seite steht aber in unmittelbar absehbarer Zeit, noch in sehr vielen Gebäuden ein Austausch der Heizungsanlagen bevor. Weiterhin ist auch zu beachten, dass ebenfalls in den nächsten 5 bis 10 Jahren, in einigen Gebäuden, die Kessel ihr entsprechendes Alter erreicht haben und mit hoher Wahrscheinlichkeit dann auch durch den Schornsteinfeger abgesprochen werden und außer Betrieb zu nehmen sind. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein sehr großes Potential, bedingt durch die große Anzahl an älteren Heizungsanlagen, vorhanden ist, sehr viele Gebäude über ein Wärmenetz zu versorgen, sofern das Angebot für die Gebäudeeigentümer besteht. Wie in einem späteren Diagramm (Abbildung 27) auch nochmals ersichtlich wird, ist grundsätzlich ein großes Interesse der Bürger an solche einer Wärmeversorgung vorhanden. Um die anderen Objekte, bei welchen kein allzu großes Interesse von Seiten der Besitzer besteht, auch noch für einen Anschluss gewinnen zu können, muss entsprechende Überzeugungsarbeit geleistet werden. Ansonsten wird deren Entscheidung wieder auf eine konventionelle eigene Heizungsanlage fallen und es werden erneut wieder viele Jahre vergehen, bis potentielle Anschlussnehmer gefunden sind. Über die Altersstruktur der Heizungsanlagen im restlichen Gebäudebestand können keine Aussagen getroffen werden, da es im Rahmen der Datenerhebung vor Ort nicht möglich war, nur durch eine äußere Betrachtung der Gebäude, das Alter der Heizung zu ermitteln. Dennoch kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass im folgend genannten Wohngebiet womöglich die erste Heizung noch nicht ausgetauscht wurde. Dies ist darauf zurückzuführen, da dieses Wohngebiet eine nahezu homogene Altersstruktur aufweist. Fast alle Gebäude im Baugebiet „Engwiesen“ (siehe auch Übersichtskarte der

Baugebiete im Anhang), welches nach 1986 erschlossen wurde, sind mit einer großen Chance verbunden in die Nahwärmeversorgung einzusteigen. Der überwiegende Anteil der Häuser wurde nach Abschätzungen und Angaben der Bürger im Zeitraum von 1990 bis 2000 erbaut. Aufgrund des Baualters ist davon auszugehen, dass noch der ursprünglich installierte Heizungskessel in Betrieb ist. So dürften, in Hinsicht auf deren Baujahr, die meisten Kessel in naher Zukunft das entsprechende Alter erreicht haben, sodass hier vermutlich bei einer großen Anzahl dann früher oder später ein Austausch bevorsteht. Letztendlich bedeutet dies für die Überlegungen einer Gemeinde, welche den Bau von einem Nahwärmenetz zur Wärmeversorgung der Gebäude in Erwägung ziehen, dass gerade solche Aspekte, wie der Austausch von Heizungen, als große greifbare Chance zu sehen und zu nutzen sind.

Unverbindliche Interessensbekundung an einem Wärmenetzanschluss

Wie in Abbildung 27 zu sehen ist, ist die eindeutige Mehrheit der Befragten grundsätzlich an einer Wärmeversorgung durch ein Nahwärmenetz interessiert, sofern das Angebot eines Anschlusses an das Netz mit einem langfristig attraktiven Wärmepreis besteht. Allerdings gab auch rund ein Drittel der Befragten an, dass ein Anschluss aus verschiedenen Gründen nicht in Frage käme. Welche Gründe hierbei vor allem im Vordergrund stehen, soll durch die Abbildung 29 verdeutlicht werden. Ebenfalls war festzustellen, dass ein paar wenige Leute noch unentschieden sind. Gründe für die Unentschlossenheit sind teilweise z.B. noch mangelndes Wissen über die Vor- und Nachteile der Nahwärme oder in sehr vielen Fällen auch Unwissenheit, ob das Gebäude die grundsätzlichen, baulichen Gegebenheiten für einen Anschluss erfüllt. Welche Maßnahmen eventuell dazu führen können, auch unentschlossene Leute für einen Anschluss an das Netz zu gewinnen, wird im Kapitel 5.1 dieser Arbeit ausführlich diskutiert. Ferner sind bei der Auswertung dieser und der folgenden Frage noch zwei Enthaltungen festzuhalten.

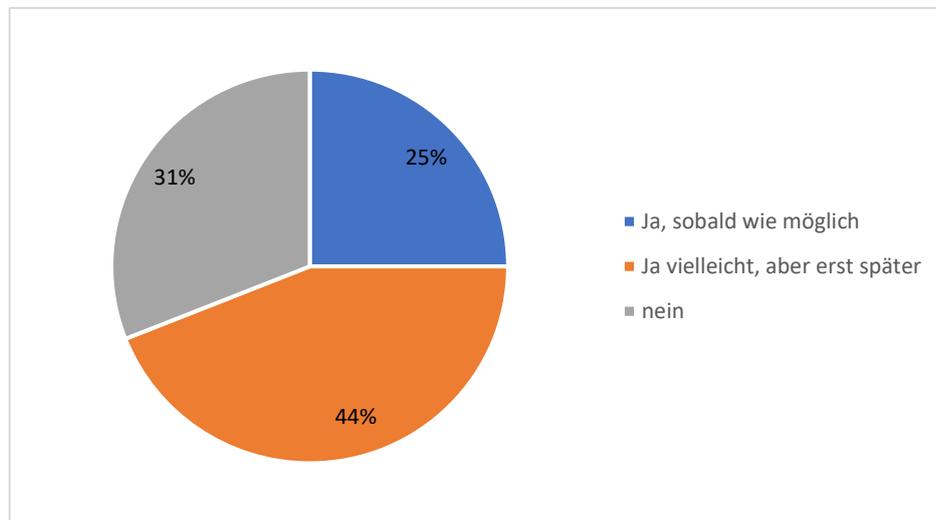
Abbildung 27: Unverbindliches Interesse der Befragten an einer Nahwärmeversorgung



Quelle: eigene Darstellung 2020

Die konkrete Nachfrage, ob sich die Bürger Oberndorfs und falls ja, zu welchem Zeitpunkt, vorstellen können, ihr Haus an ein Nahwärmenetz anzuschließen, liefert folgendes Ergebnis.

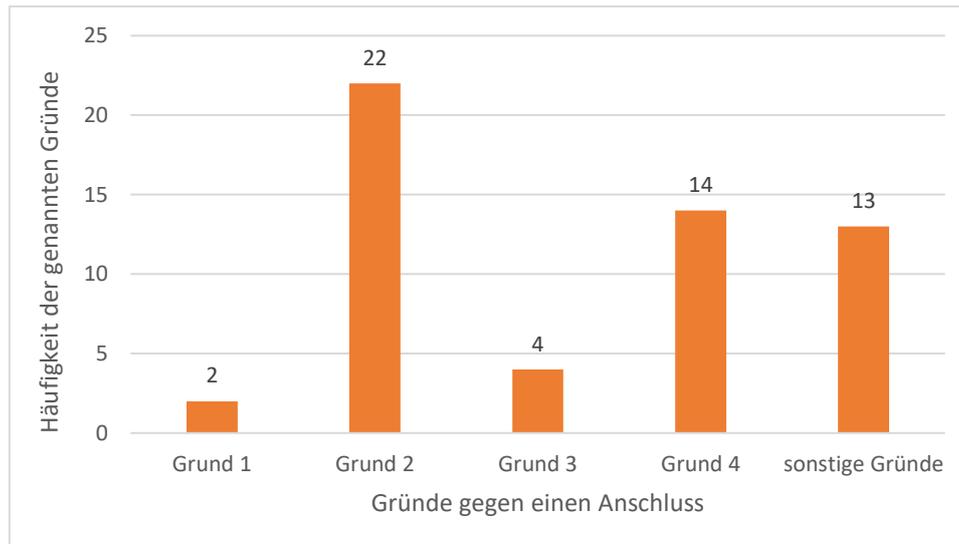
Abbildung 28: Interesse an einem Wärmenetzanschluss der Befragten



Quelle: eigene Darstellung 2020

Auch in diesem Fall wird das grundsätzlich hohe Interesse an einer Nahwärmeversorgung wieder ersichtlich. Von den 114 Befragten sind zunächst einmal 69% prinzipiell an einem Anschluss interessiert, wovon 25% sogar zum schnellstmöglichen Zeitpunkt den Anschluss wünschen. Eventuell kann der Wunsch nach einem baldigen Anschluss an ein Wärmenetz, in Zusammenhang mit dem bevorstehenden Austausch einiger alter Heizungskessel gebracht werden. Bei 44% der Befragten besteht das Interesse, ihr Gebäude vielleicht zu einem späteren Zeitpunkt anzuschließen. Trotz des großen Interesses einerseits, gibt es andererseits auch 31% der Befragten, die nicht an einer Wärmeversorgung des Gebäudes, durch ein Wärmenetz, interessiert sind. Hintergrund dafür können verschiedene Aspekte sein. Welche Gründe für die Bürger Oberndorfs überwiegend ausschlaggebend sind, sich nicht anschließen zu lassen, soll durch die nächste Grafik zum Ausdruck gebracht werden. In diesem Diagramm sind allerdings die verschiedenen Gründe, die gegen einen Anschluss sprechen, wegen der Übersichtlichkeit, nur in abgekürzter Form mit Grund 1 usw. benannt. Für das direkte Verständnis, welche Gründe hinter der abgekürzten Form zu verstehen sind, werden diese nochmals direkt unterhalb der Abbildung näher erläutert.

Abbildung 29: Gewichtung der Gründe gegen einen Nahwärmenetzanschluss



kein Interesse, weil:

Grund 1: ein Nahwärmeanschluss des eigenen Hauses kommt grundsätzlich nicht in Frage

Grund 2: die bestehende Heizung muss nicht saniert oder ausgetauscht werden

Grund 3: in dem Gebäude ist keine Zentralheizung vorhanden

Grund 4: Wunsch nach Unabhängigkeit des Wärmelieferanten

sonstige Gründe: an diesem Punkt war Platz für eigene Gedanken

Quelle: eigene Darstellung 2020

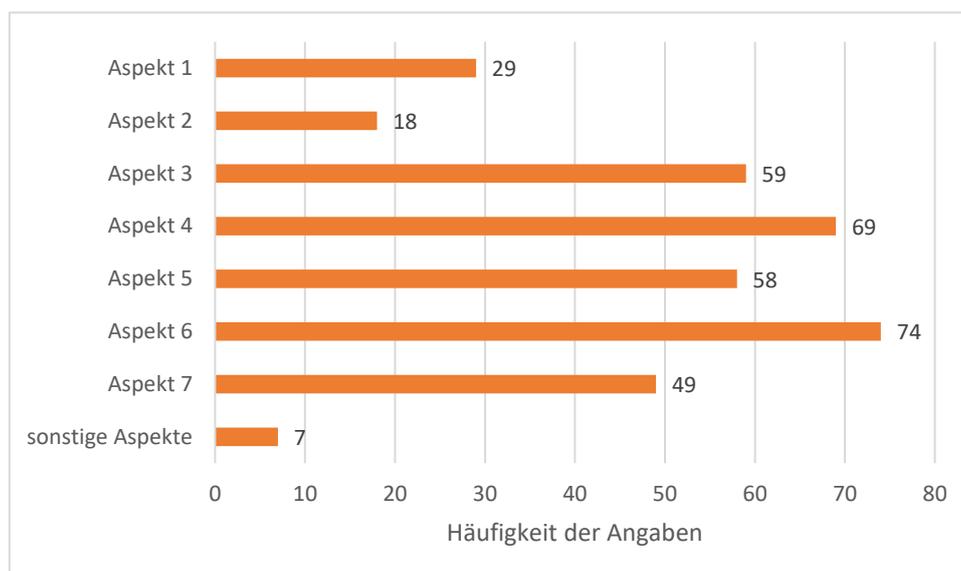
Bei der Betrachtung des Balkendiagramms ist auffällig, dass der Hauptgrund der Leute, welche an keinem Anschluss interessiert sind, darauf zurückzuführen ist, dass die bestehende Heizung in deren Gebäude nicht das entsprechende Alter aufweist, um saniert oder ausgetauscht werden zu müssen. Gerade nochmals mit Blick auf die Abbildung 26 sind hier 13 % der Heizungen nicht älter als 5 Jahre. Weiterhin von großer Bedeutung, warum sich die Befragten nicht vorstellen können sich an ein Nahwärmenetz anschließen zu lassen, ist die mit dem Anschluss einhergehende Abhängigkeit des Wärmelieferanten. Diese möchten nach wie vor, durch eine eigene Heizungsanlage, unabhängig von einem Wärmelieferanten sein. Dennoch ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass auch mit einer eigenen Heizungsanlage keine vollständige Unabhängigkeit besteht. Warum das so ist und in welchem Rahmen trotzdem eine Abhängigkeit hierbei zu sehen ist, wird ebenfalls im Kapitel 5.2 näher beleuchtet. Die Tatsache, dass ein Nahwärmeanschluss für die Bürger grundsätzlich nicht in Frage kommt oder dass das Gebäude nicht mit einer Zentralheizung ausgestattet ist, sind Gründe mit deutlich geringerer Relevanz. Darüber hinaus wurde ein sehr breites Spektrum verschiedener Gründe genannt, weshalb sich manche Besitzer einen Wärmenetzanschluss derer Gebäude nicht vorstellen können. Anhand ein paar ausgewählter Beispiele sollen nun noch weitere Gründe, die durch die Datenerhebung über die Fragebögen zum Ausdruck gebracht wurden, genannt werden. In einigen Fällen ist noch in diesem oder im kommenden Jahr ein Heizungsaustausch geplant, weshalb zukünftig erstmals keine Alternativlösung mehr in Frage kommt. Ebenfalls führt die eigene Überzeugung einer

sehr gut funktionierenden, bestehenden Heizungsanlage zu mangelndem Interesse. Der individuelle Zugang zum Brennstoff Holz, welcher direkt aus dem eigenen Wald bezogen werden kann oder auch Restholz, das im eigenen Betrieb anfällt, sind ebenfalls Aspekte, den eigenen Holzkessel weiterhin in Betrieb zu lassen und nicht auf die Wärmeversorgung durch ein Nahwärmenetz umzusteigen. Ferner wird noch das Alter mancher Befragten als zusätzliches Gegenargument gesehen, da sich aus Sichtweise der älteren Generation, eine solche Investition nicht mehr lohnen würde.

Aspekte beim Umstieg auf eine Nahwärmeversorgung

Die Auswertung, welche Aspekte bei den befragten Einwohnern in Oberndorf, bei einem Umstieg auf eine Nahwärmeversorgung im Vordergrund stehen, liefert das in der Abbildung 30 dargestellte Ergebnis. Allerdings sind die ausformulierten Aspekte, aus Gründen der Übersichtlichkeit, nicht mit in das Diagramm aufgenommen, sondern sind nur in abgekürzter Form mit Aspekt 1 usw. benannt worden. Die vollständig ausformulierten Aspekte, wie sie ebenfalls im Fragebogen zu finden sind, sind aber nochmals zum direkten Nachlesen unterhalb des Diagramms aufgeführt. Bei dieser Frage, bestand die Möglichkeit der Mehrfachnennung. Von 116 betrachteten Fragebögen, gab es hier 21 Enthaltungen. Folglich kann jeder einzelne Aspekt höchstens 95-mal genannt werden.

Abbildung 30: Aspekte beim Umstieg auf Nahwärme



Aspekt 1: mehr Platz im Kellerraum

Aspekt 2: kein Ölgeruch mehr

Aspekt 3: eine mögliche Kostenersparnis

Aspekt 4: weniger Aufwand (z.B. keine Wartung einer Heizung)

Aspekt 5: Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen und deren Preisentwicklung

Aspekt 6: Klimaschutz durch Nutzung von regenerativen Energieträgern

Aspekt 7: regionale Wertschöpfung

sonstige Aspekte: an dieser Stelle konnten eigene Gedanken eingebracht werden

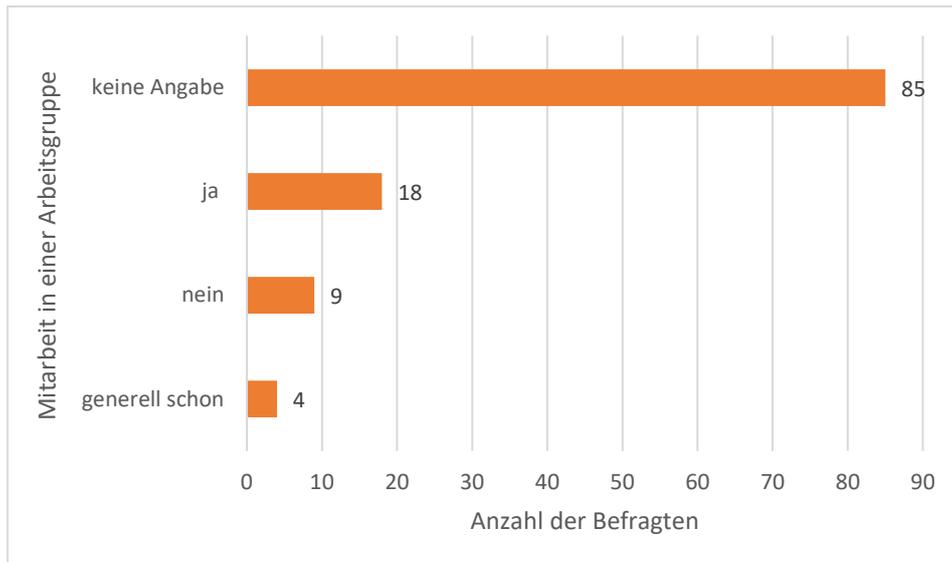
Quelle: eigene Darstellung 2020

Die Auswertung der Daten hat ergeben, dass gerade die Aspekte 3 bis 7 mitunter sehr dicht, bezüglich der angegebenen Häufigkeit, beieinander liegen. Allerdings steht der Klimaschutz, durch die Nutzung regenerativer Energieträger, beim Umstieg auf eine Nahwärmeversorgung klar im Vordergrund. Ebenfalls von großer Bedeutung ist der geringere Aufwand eines Wärmenetzanschlusses im Vergleich zur eigenen Heizung. Die Aspekte 3 und 5 haben etwa gleiche Gewichtung. Somit kann bereits an dieser Stelle gesagt werden, dass gerade die ökologischen Aspekte, wie der Klimaschutz und die Unabhängigkeit zu fossilen Brennstoffen, bei dem Umstieg weg von der eigenen Heizung und hin zu einer Nahwärmeversorgung, von großer Wichtigkeit der Bürger aus Oberndorf sind. Dennoch steht auch mit rund 62% der Preis, beim Bezug der Wärme aus dem Wärmenetz, im Fokus der Leute. Sofern mit keiner Kostenersparnis zu rechnen ist, wird der ein oder andere nicht bereit sein sich anschließen zu lassen. Überwiegend aus persönlichen Gesprächen und bei genauer Betrachtung der angegebenen Aspekte in den Fragebögen wurde deutlich, dass bei anderen Befragten mehr der Klimaschutz, als ausschlaggebender Punkt bei einem Umstieg zu sehen ist, als die Frage nach der Kostenersparnis. Die regionale Wertschöpfung, die mit einem Nahwärmenetz durch die Energieerzeugung nahe dem Verbraucher und einem Bezug der Brennstoffe aus näherer Umgebung einhergeht, nimmt mit 51 % ebenfalls noch einen hohen Stellenwert ein. Von nicht allzu großer Relevanz bei einem Umstieg auf einen Nahwärmenetzanschluss ist der Platzgewinn im Kellerraum, durch den Wegfall der Heizungsanlage und des Brennstofflagers, sowie die Wahrnehmung keines Ölgeruches mehr, falls zuvor eine Ölheizung installiert war. Als interessanter sonstiger Aspekt wird der Anschluss an ein Wärmenetz sehr positiv im Sinne von „Heizen im Alter“ gesehen. Weiterhin scheint aber auch die Wahl der Betreiberform des Wärmenetzes als sonstiges Kriterium entscheidend zu sein, das bei den Überlegungen der Bürger, sich für oder gegen einen Anschluss zu entscheiden, in Erwägung gezogen wird.

Mitarbeit in einer Arbeitsgruppe

Mit einer weiteren Fragestellung sollte in Erfahrung gebracht werden, ob es sich einige Bürger aus Oberndorf vorstellen können, sich aktiv in einer Arbeitsgruppe, an den Planungen für ein Nahwärmeprojekt zu beteiligen. Falls ja, bestand die Möglichkeit zwischen den drei aufgeführten Arbeitsgruppen, also der Technik, dem wirtschaftlich/kaufmännischen Bereich und der Öffentlichkeitsarbeit, das Interesse mitzuteilen. Insgesamt sind bei der Auswertung dieser Fragestellung 85 Enthaltungen zu verzeichnen. Bereits zum jetzigen Zeitpunkt können sich 18 Bürger/innen vorstellen, sich bei den Planungen für ein Nahwärmenetz in einer Arbeitsgruppe zu beteiligen. Weitere vier Personen hätten generelles Interesse, sich in irgendeiner Form, in den genannten Arbeitsgruppen einzubringen. Wiederum 9 Leute haben angegeben, dass eine aktive Mitarbeit bei den Planungen für sie nicht in Frage kommt.

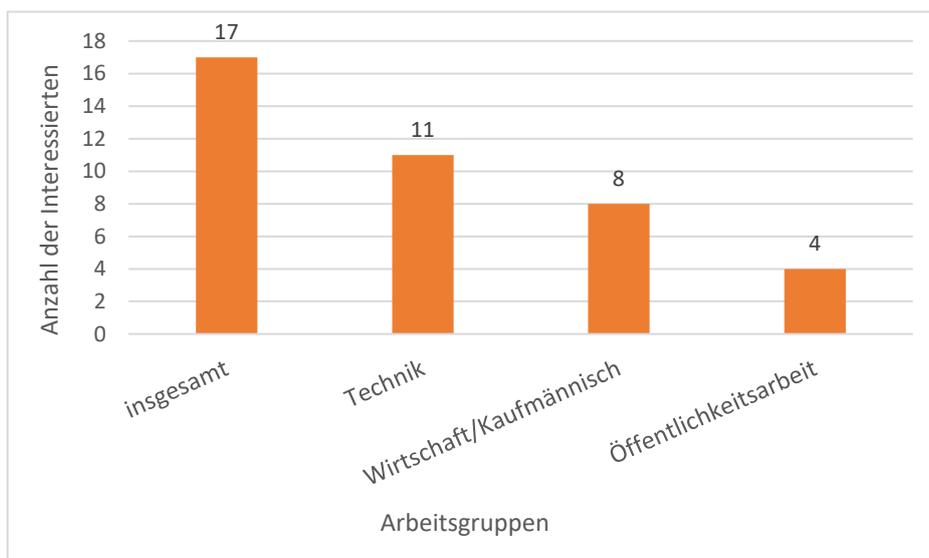
Abbildung 31: Interesse der Befragten an der Mitarbeit in einer Arbeitsgruppe



Quelle: eigene Darstellung 2020

Das vorherige Balkendiagramm hat gezeigt, dass sich insgesamt 18 Personen vorstellen können in einer Arbeitsgruppe mitzuwirken, von welchen 17 Leute auch das Interesse bekundet haben, in welcher Arbeitsgruppe sie sich unterstützend einbringen möchten. Von diesen 17 Bürgern, die konkrete Angaben gemacht haben, könnten sich wiederum 6 Leute vorstellen sogar in 2 Arbeitsgruppen mitzuwirken. Letztendlich wären für jede der 3 genannten Arbeitsgruppen potentielle Vertreter vorhanden. Klares Interesse liegt aber im Bereich des Themenfeldes der Technik und dem wirtschaftlich/kaufmännischen Bereich. Der Sektor der Öffentlichkeitsarbeit, welcher in einem Nahwärmenetzprojekt mindestens genauso wichtig ist, wie die technische Auslegung, zeigt bei den Bürgern aus Oberndorf das geringste Interesse auf.

Abbildung 32: Anzahl potentieller Vertreter in der jeweiligen Arbeitsgruppe

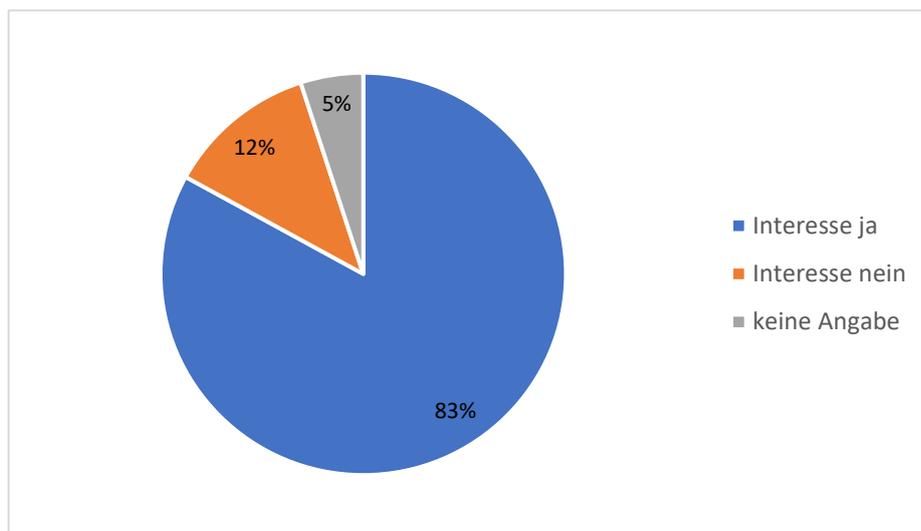


Quelle: eigene Darstellung 2020

Schnelles Internet

Im Zuge der erforderlich, anfallenden Tiefbauarbeiten bei der Verlegung von Rohrleitungen des Wärmenetzes, bietet sich die Möglichkeit an, Glasfaserkabel mit zu verlegen. Bis auf ein paar wenige Straßen (laut Angaben der Befragten), in welchen in diesem Jahr bereits schon Leerrohre verlegt wurden, ist in Oberndorf flächendeckend noch kein Glasfaserkabel für schnelles Internet verlegt. Beim Bau eines Wärmenetzes könnten somit Synergieeffekte genutzt werden. Diesbezüglich wurde dahingehend eine letzte Frage mit in den Fragebogen aufgenommen, um ein Stimmungsbild, bezüglich des Interesses an schnellem Internet, zu erhalten. Die Antwort auf diese Frage wird durch die Abbildung 33 repräsentiert.

Abbildung 33: Interessensbekundung der Befragten an schnellem Internet



Quelle: eigene Darstellung 2020

Die Zahlen dieses Diagrammes sprechen für sich, denn die eindeutige Mehrheit, also 83% der Befragten, ist daran interessiert, ihr Gebäude mit schnellem Internet auszustatten. Bei lediglich 12% der Befragten besteht kein wirklicher Drang danach und 5% enthielten sich. In einer Zeit, in welcher die Digitalisierung eine immer größer werdende Rolle einnimmt, kann womöglich auch davon ausgegangen werden, dass dieses Stimmungsbild durchaus auf die Haushalte, die nicht mit dem Fragebogen erfasst werden konnten, übertragbar ist. Hinsichtlich des großen Interesses könnte der flächendeckende Ausbau mit Glasfaserkabel für schnelles Internet, sehr gut mit einem potentiellen Wärmenetzprojekt kombiniert werden.

4.2 Energieträgerauswertung und Wärmebedarfsermittlung

4.2.1 Auswertung der eingesetzten Energieträger und ermittelter Wärmebedarf

Die Auswertung der Fragebögen bezüglich der eingesetzten Mengen des jeweiligen Energieträgers, die jährlich zur Beheizung der Häuser und zur Erwärmung des Trinkwassers in den 116 erfassten Gebäuden verbraucht werden, stellt folgende in der Tabelle 5 aufgeführte Struktur dar. Zusätzlich ist die Anzahl der Heizungsanlagen, welche die jeweiligen Energieträger in thermische Energie umwandeln, als kleine Nebeninformation noch angefügt. Da in sehr vielen Gebäuden in Oberndorf zwei unterschiedliche, in ganz seltenen Fällen auch drei Wärmeerzeugungsanlagen vorzufinden sind, stimmt folglich die Summe aller Heizungsanlagen (173 Stück) nicht mit der Gebäudeanzahl überein.

Tabelle 5: Jährlicher Verbrauch nach Energieträger und Heizungsanzahl

Energieträger	Jährlicher Verbrauch	Anzahl an Heizungen
Heizöl	133.840 Liter	77
Holzpellets	52,5 Tonnen	11
Flüssiggas	8.900 Liter	5
Strom (Nachtspeicheröfen)	78.180 kWh	10
Scheitholz	397,5 Raummeter	58
Hackschnitzel	5 Schüttraummeter	3
Hackschnitzel	3 Tonnen	
Strom (Luftwärmepumpe)	37.700 kWh	9

Quelle: eigene Darstellung 2020

Grundsätzlich ist bereits beim ersten Blick auf die Zahlenwerte in der Tabelle ersichtlich, dass auch in Oberndorf den fossilen Energieträgern, wie etwa dem Heizöl und dem Flüssiggas, die größte Bedeutung in der Wärmeversorgung der Gebäude zuzuordnen ist. Im Rahmen einer nachhaltigen Energieversorgung, ist die vorherrschende Struktur allerdings etwas weniger zu begrüßen. So ist in 75% dieser Häuser eine Öl- oder Gasheizung installiert. Dennoch sind Holzheizungen verschiedener Ausführungen, von einem Holzkessel (angekoppelt an ein zentrales Verteilsystem) bis hin zu Kachelöfen und dergleichen weit verbreitet. Außerdem existieren auch Kombikessel, welche mit Holz beschickt werden können, wenn aber gerade keine Verbrennung von Holz stattfindet, kann ein Ölbrenner die erforderliche Wärme bereitstellen. Die Anzahl der Holzpelletkessel hat, mit Blick auf deren angegebene Baujahre, erst in den letzten vergangenen Jahren zugenommen, da diese oftmals in Verbindung mit dem Austausch der alten Heizung eingebaut wurden. Beim direkten Vergleich des Stromverbrauchs der Nachtspeicheröfen und der Luftwärmepumpen, ist nochmals die große Effizienz der Luftwärmepumpen hervorzuheben, wenn dabei bedacht wird, dass eigentlich die gleiche Anlagenanzahl bedeutend weniger Strom verbraucht und trotzdem durch eine angenommene Jahresarbeitszahl von 2,5 mehr nutzbare Wärme erzeugt, als wenn der Strom in Nachtspeicheröfen mit einem Nutzungsgrad von 0,9 direkt verheizt wird. Die letzte Kategorie, der in Oberndorf vertretenen Heizungsanlagen, sind die Hackschnitzelheizungen, mit allerdings nur 3 Anlagen.

Aus der Umfrage wurde ersichtlich, dass in Oberndorf keine Erdwärmepumpen und aufgrund von fehlender Infrastruktur, ebenfalls keine Erdgasheizungsanlagen (ausgenommen Flüssiggasanlagen) zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Außerdem tragen, wie bereits schon im vorherigen Kapitel erwähnt wurde, die Solarthermieanlagen ebenfalls zur Wärmeversorgung in sehr vielen Gebäuden bei.

Bezüglich der restlichen Gebäude ist auszusagen, dass während der äußeren Begutachtung dieser Gebäude aufgefallen ist, dass nahezu jedes Haus über einen Kamin verfügt. Daraus ist abzuleiten, dass mit sehr großer Wahrscheinlichkeit, Heizungsanlagen mit einem Verbrennungsprozess, bei welchen das anfallende Abgas nach außen geleitet werden muss, installiert sind. Einige von diesen Kaminen waren am äußeren Ende, also am Kaminaustritt, etwas schwarz verfärbt, sodass es dem Anschein nach auf die Rußpartikel aus einer Holzverbrennungsanlage zurückführen lässt. Bei weiterem Betrachten der Gebäude, konnten vermehrt Tankstutzen, die in Verbindung mit einer Ölheizung zu bringen sind, wahrgenommen werden. Vereinzelt waren auch Flüssiggastanks, im Vorgarten vergraben, zu sehen, welche allerdings schon fast die Ausnahme darstellen. Aber auch die Kombination aus zwei Energieträgern zur Wärmeerzeugung, vor allem die Kombination aus Heizöl und Holz, ist oft vertreten. Zurückzuführen lässt sich dies, durch einen vorhandenen Tankstutzen, auf dem Grundstück lagerndes Brennholz, sowie bei manchen Objekten auch durch einen nachträglich montierten Edelstahlkamin, an der Seite des Gebäudes. Der Einsatz von Luftwärmepumpen ist in Oberndorf nicht stark verbreitet und vor allem nur in Neubauten, die erst in den letzten Jahren errichtet wurden, wiederzufinden. Auch bei dem nicht aus den Fragebögen erfassten Gebäudebestand kann als Schlussfolgerung gesagt werden, dass wiederum die fossilen Energieträger in der Wärmeversorgung überwiegen.

Ermittelter Wärmebedarf

Das Ergebnis der Berechnung des jährlichen Wärmebedarfs, aus den Fragebogenangaben der verbrauchten Mengen der Energieträger und der eigenständigen Datenerhebung, welcher die im Kapitel 3 getroffenen Angaben und auch Annahmen zugrunde liegen, wird durch die Tabelle 6 repräsentiert.

Tabelle 6: Berechneter Wärmebedarf der Gebäude aus den Datenerhebungen

Betrachtungen	Ermittelter Wärmebedarf in kWh
Auswertung der Fragebögen (116 Gebäude)	
Sichtweise Gebäudeeigentümer	2.019.321,88
Ersparnis bedingt durch Solaranlage	119.107,5
Sichtweise Wärmenetzbetreiber	1.900.214,38
Auswertung der eigenen Datenerhebung (377 Gebäude)	
Sichtweise Gebäudeeigentümer	6.404.027,98
Ersparnis bedingt durch Solaranlage	194.557,5
Sichtweise Wärmenetzbetreiber	6.209.470,48
Summe beider Datensätze (493 Gebäude)	
Sichtweise Gebäudeeigentümer	8.423.349,86
Ersparnis bedingt durch Solaranlage	313.665
Sichtweise Wärmenetzbetreiber	8.109.684,86

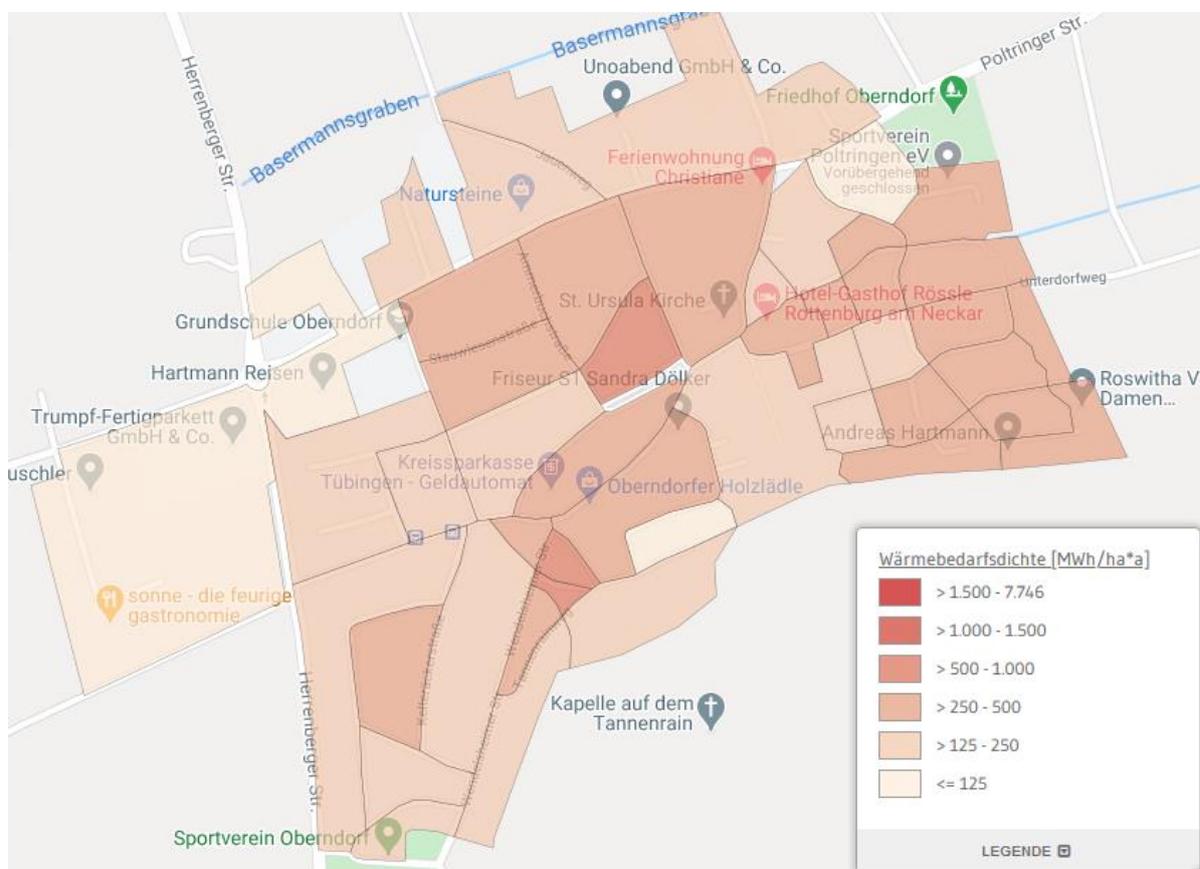
Quelle: eigene Darstellung

Aus Vollständigkeitsgründen ist neben der Wärmemenge, die über das Wärmenetz zur Verfügung gestellt werden müsste (Sichtweise Wärmenetzbetreiber), ebenfalls der eigentliche Wärmebedarf der Gebäude (Sichtweise Gebäudeeigentümer) berechnet worden. Nochmals zum grundlegenden Verständnis gilt zu sagen, dass das Ergebnis des berechneten Wärmebedarfs, aus Sichtweise der Gebäudeeigentümer höher ist, als aus der Betrachtungsweise des Wärmenetzbetreibers, denn bei diesem Ergebnis ist der Energieanteil, welcher durch die Solarthermieanlagen bereitgestellt wird, enthalten. Somit wird unter Berücksichtigung des Jahresnutzungsgrades der Heizungsanlagen, der tatsächliche Wärmebedarf der Gebäude abgebildet. Wie bereits schon im Kapitel 3.6 kurz erwähnt wurde, wird ein Gebäudeeigentümer, bei einem Anschluss an ein Wärmenetz, die bereits installierte Solarthermieanlage nicht außer Betrieb nehmen, sondern nur den Heizungskessel. Dies hat für die Betrachtungsweise des Wärmenetzbetreibers zur Folge, dass der Anteil der solar erzeugten Energie nicht über das Wärmenetz zur Verfügung gestellt werden muss. Mithilfe eines Simulationstools, konnte dieser Anteil bestimmt werden. Die entsprechend ermittelten Werte beider Datenerhebungen, sind in der Tabelle 6 zu finden. Wird der solare Anteil des Wärmebedarfs aus Sichtweise der Gebäudeeigentümer abgezogen, ergibt sich die Wärmemenge, die der Netzbetreiber bereitstellen muss. Der jährliche Wärmebedarf aller betrachteten Gebäude in Oberndorf beträgt rund 8,4 GWh. Abzüglich der durch die Solaranlagen erzeugten Energie von etwa 0,3 GWh, ergibt sich insgesamt ein Wärmebedarf von rund 8,1 GWh, die den Gebäuden über das Wärmenetz bereitgestellt werden müssten.

4.2.2 Wärmebedarfsdichte in Oberndorf

Mitunter eine der wichtigsten Grundvoraussetzungen für den Aufbau eines Wärmenetzes, stellt eine ausreichend hohe Wärmebedarfsdichte von mindestens etwa 250-300 MWh/ha*a dar. Wie die Situation hierzu in Oberndorf aussieht und ob prinzipiell diese Bedingung erfüllt wird, ist der folgenden Übersichtskarte zu entnehmen. Je höher die Wärmebedarfsdichte ist, desto dunkler sind die jeweiligen Gebiete eingefärbt. Allerdings wurden die entsprechenden Werte nicht direkt mit in die Karte aufgenommen. Diese Karte ist online im Energieatlas von Baden-Württemberg auf der Homepage vom LUBW zu finden, in welcher durch Anklicken beliebiger Flächen der hinterlegte Wert der Wärmebedarfsdichte angezeigt werden kann.

Abbildung 34: Wärmebedarfsdichte in Oberndorf



Quelle: LUBW 2020

Bei einem ersten Blick auf die Karte ist festzustellen, dass die Wärmebedarfsdichte in Oberndorf durchaus Schwankungen aufweist, was vor allem auf die unterschiedlichen Baualtersklassen und die unterschiedlich stark ausgeprägte Bebauungsdichte zurückzuführen ist. Vereinzelt gibt es Gebiete, deren Wärmebedarfsdichte eher im unteren Bereich, bei etwa 250 MWh/ha*a, einzuordnen ist. Wird die Übersichtskarte der Baugebieterschließungen aus dem Anhang danebengelegt, sind das die Wohngebiete Stauwiesen-West und ein Ausschnitt (bis auf die mittlere Bebauung) vom Wohngebiet Kelteräcker im Westen Oberndorfs. Außerdem weisen auch einige Randgebiete dieser Ortschaft, wozu das Gewerbegebiet im Westen, ein Teil der Wohnhäuser im Nordwesten,

die Randbebauung im äußersten Südosten, sowie im Norden zu zählen sind, eine Wärmebedarfsdichte deutlich unterhalb von 250 MWh/ha*a auf. Der doch sehr geringe Wert lässt womöglich darauf rückschließen, dass bei diesen Berechnungen, aufgrund der Grenzverläufe der jeweils betrachteten Flächen, nur Gebäude einer Straßenseite berücksichtigt wurden. Zusätzlich war im Rahmen der Begehung zu erkennen, dass die Gebäude am Ortsrand allgemein sehr vereinzelt, d.h. mit großen Abständen zueinander gebaut worden sind und auch dass sehr viele Objekte, die keiner Wärmeversorgung bedürfen wie z.B. Scheunen, vorhanden sind. Dennoch gibt es wiederum sehr viele Gebiete, deren Wärmebedarfsdichte zwischen 250-300 MWh/ha*a und zum Teil noch bedeutend höher ist, weshalb trotz der einzelnen genannten Gebiete, mit geringerer Wärmedichte, flächendeckend für Oberndorf im Durchschnitt die Voraussetzung einer ausreichend hohen Wärmebedarfsdichte prinzipiell gegeben ist, um die Idee eines Nahwärmenetzprojektes weiter verfolgen zu können. Im Anschluss genannte Wohngebiete können aus verschiedenen Perspektiven betrachtet als Kristallisationspunkte, von welchen eine Nahwärmeversorgung aus nach und nach über Oberndorf verbreitet wachsen kann, gesehen werden. Die Bebauungsstruktur im und um den Ortskern herum, sowie im Osten Oberndorfs ist sehr dicht, womit sich hier die höchsten Werte ergeben. Gerade auch die dunkle Fläche ganz rechts im Osten (das Baugebiet Engwiesen), ist nicht nur wegen einer durchschnittlichen Wärmebedarfsdichte von 320 MWh/ha*a, sondern gerade wie im Kapitel 4.1 bereits bei der Beschreibung der Heizungsstrukturen erwähnt wurde, aufgrund einer zukünftig kommenden großen Anzahl an auszutauschenden Kesseln, als potentieller Kristallisationskeim für ein Nahwärmenetz zu sehen. Aber auch der Ortskern, in dem dunkel eingefärbten Gebiet links neben der St. Ursula Kirche, könnte wegen der bedeutend höheren Wärmebedarfsdichte von 510 MWh/ha*a, welche durch die Vielzahl älterer Wohnhäuser, beispielsweise auch einiger Fachwerkgebäude, bedingt ist, ebenso als Kristallisationskeim für eine Nahwärmeversorgung in Betracht gezogen werden. Gerade Bauarbeiten im Ortsmittelpunkt, welcher Treffpunkt vieler Leute ist, so z.B. der Brunnen am Dorfplatz, der Besuch der Bäckerei, wie auch der Besuch der Kirche, sowie die Nutzung zweier nahegelegener Bushaltestellen ziehen oftmals das Interesse und die Aufmerksamkeit unter den Einwohner nach sich. Dies könnte zur Folge haben, dass bei manchen Bürgern Oberndorfs das Bedürfnis nach solch einer Wärmeversorgung geweckt wird.

4.3 Standort von Kollektorfeld und Heizzentrale

Als potentieller Standort für die Heizzentrale, sowie für die Freiflächen-Solarthermieanlage eines solar unterstützten Nahwärmenetzes in Oberndorf, würde sich die rot eingerahmte Fläche in Abbildung 35 dargestellt, aus verschiedenen Gründen, sehr gut eignen.

Abbildung 35: Potentieller Standort für Heizzentrale und Kollektorfeld



Quelle: Google Maps 2020, sowie eigene Darstellung

Diese Fläche liegt im Westen Oberndorfs und grenzt nördlich an das Gewerbegebiet „Leimengrübte“ an. Zurzeit wird diese landwirtschaftlich, in Form einer Wiese, genutzt. Mit einer Fläche von insgesamt mehr als 1,5 ha ist das Platzangebot, sowohl für die Heizzentrale als auch die Solarkollektoren, mehr als ausreichend groß. Bezüglich des Platzverbrauchs ist an dieser Stelle nochmals die Freiflächen-Solarthermieanlage im Bioenergiedorf Büsingen zu erwähnen, bei welcher die rund 1.000 m² Kollektorfläche, eine Grundfläche von 2.500 m² beanspruchen. Abzüglich der Fläche der Heizzentrale, wäre das Potential einer über 5.000 m² großen Solaranlage vorhanden. Klarer Vorteil dieses Standortes ist zum einen die Lage, direkt neben einer Kreisstraße und zum anderen auch das angrenzende Gewerbegebiet. Die bereits vorhandenen, befestigten Straßen ermöglichen ein problemloses Erreichen der Heizzentrale für die Brennstoffanlieferung von jeglichen Fahrzeugen. Da diese Fläche am Rande der Wohngebiete, direkt neben der Kreisstraße liegt, werden die Bewohner nicht durch den LKW-Verkehr beeinträchtigt. Der Konflikt mit der Sorge mancher Bürger, dass mit einem Wärmenetz eine einhergehende erhöhte Verkehrsbelastung in den Wohngebieten Oberndorfs eintritt, bleibt somit unbegründet. Eine Erschließung des Grundstückes ist nicht mehr notwendig, da bereits im Zuge der Erschließung des Gewerbegebiets sämtliche notwendige Versorgungsinfrastrukturen, wie Strom- und Wasserleitungen, verlegt worden sind. Somit entfallen hohe Kosten, um den Standort mit einer befestigten Straße und mit Strom und Wasser zu erschließen. Es müssten lediglich nur noch die Zuleitungen von der Straße, bis zur Heizzentrale verlegt werden. Weiterhin vorteilhaft ist die ebene Fläche, womit sich z.B. die anfallenden Erdarbeiten für den Bau der

Heizzentrale, mit den damit verbundenen Kosten, in Grenzen halten werden. Darüber hinaus hat die Recherche, bezüglich der Flächeneignung für eine solare Nutzung, ergeben, dass diese Fläche besser geeignet ist, als z.B. die Flächen auf der östlichen Seite von Oberndorf, welche eher im Tal, hinter einem Berg, der bewaldet ist, liegen. Durch persönliche Erfahrung ist zu erwähnen, dass gerade die eben genannten östlichen Flächen erst später von der Sonne beschienen werden, als die potentielle Standortfläche im Westen. Grund dafür ist der südlich gelegene Berg. Gerade im Winter, bei tiefstehender Sonne, hat dies Auswirkungen auf den solaren Ertrag, da die Sonne erst etwas später am Vormittag über den Berg scheint. Aufgrund dieser Tatsache ist grundsätzlich eine Fläche im Westen von Oberndorf besser geeignet. Darüber hinaus besteht eventuell die Möglichkeit das Unternehmen (Trumpf Fertigparkett), auf der gegenüberliegenden Seite dieser Fläche, mit in die Wärmeerzeugung einzubeziehen, da in Hinsicht auf deren Niederlassung in Oberndorf, womöglich noch ein alter Kessel installiert ist, der zukünftig eventuell ausgetauscht werden muss. Dadurch könnten Skaleneffekte genutzt werden, falls der Kessel größer ausgelegt wird, um zusätzlich zum Wärmebedarf der Firma, auch noch z.B. einen Beitrag zur Deckung der Mittellast oder zur Spitzenlastdeckung des Wärmenetzes zu leisten. Größere Kesselanlagen sind nicht nur effizienter in der Wärmeerzeugung zu betreiben als mehrere kleine, auch bezüglich der Anschaffungskosten wäre es durchaus sinnvoll, da ein etwas größerer Kessel nicht wesentlich teurer wird, als die Investition in zwei oder drei kleinere Kesselanlagen. Da es sich um ein holzverarbeitendes Gewerbe handelt, fallen im Rahmen der Produktion mit Sicherheit Holzabfälle an, die zur thermischen Verwertung genutzt werden könnten, sofern diese keiner weiteren stofflichen Nutzung zugeführt werden. In diesem Falle würden sich je nach Menge der Holzabfälle die zusätzlichen Brennstoffanlieferungen reduzieren lassen oder könnten gar ganz entfallen. Dies würde sich positiv auf die laufenden Kosten des Wärmenetzes auswirken.

Einen kleinen Eindruck, wie eine Anordnung der Komponenten auf der Fläche aussehen könnte, soll die Abbildung 36 vermitteln. Die Heizzentrale sollte auf alle Fälle in den Vordergrund gesetzt werden, da diese zu Kontrollgängen, Wartungsarbeiten an den technischen Komponenten, aber auch zur Brennstoffanlieferung, auf möglichst kurzen Wegen zu erreichen sein muss. Daneben und mit ausreichendem Platz dahinter, um eine Verschattung der Kollektoren zu vermeiden, ist genügend Platz für eine Freiflächen-Solarthermieanlage vorhanden. Diese kann, wie eingezeichnet, komplett in Richtung Süden ausgerichtet werden, ohne dass mit einer Verschattung benachbarter Gebäude zu rechnen ist. Allerdings müssten gegebenenfalls ein paar Bäume an der Straßenseite entfernt werden.

Abbildung 36: Mögliche Anordnung der Komponenten am Standort

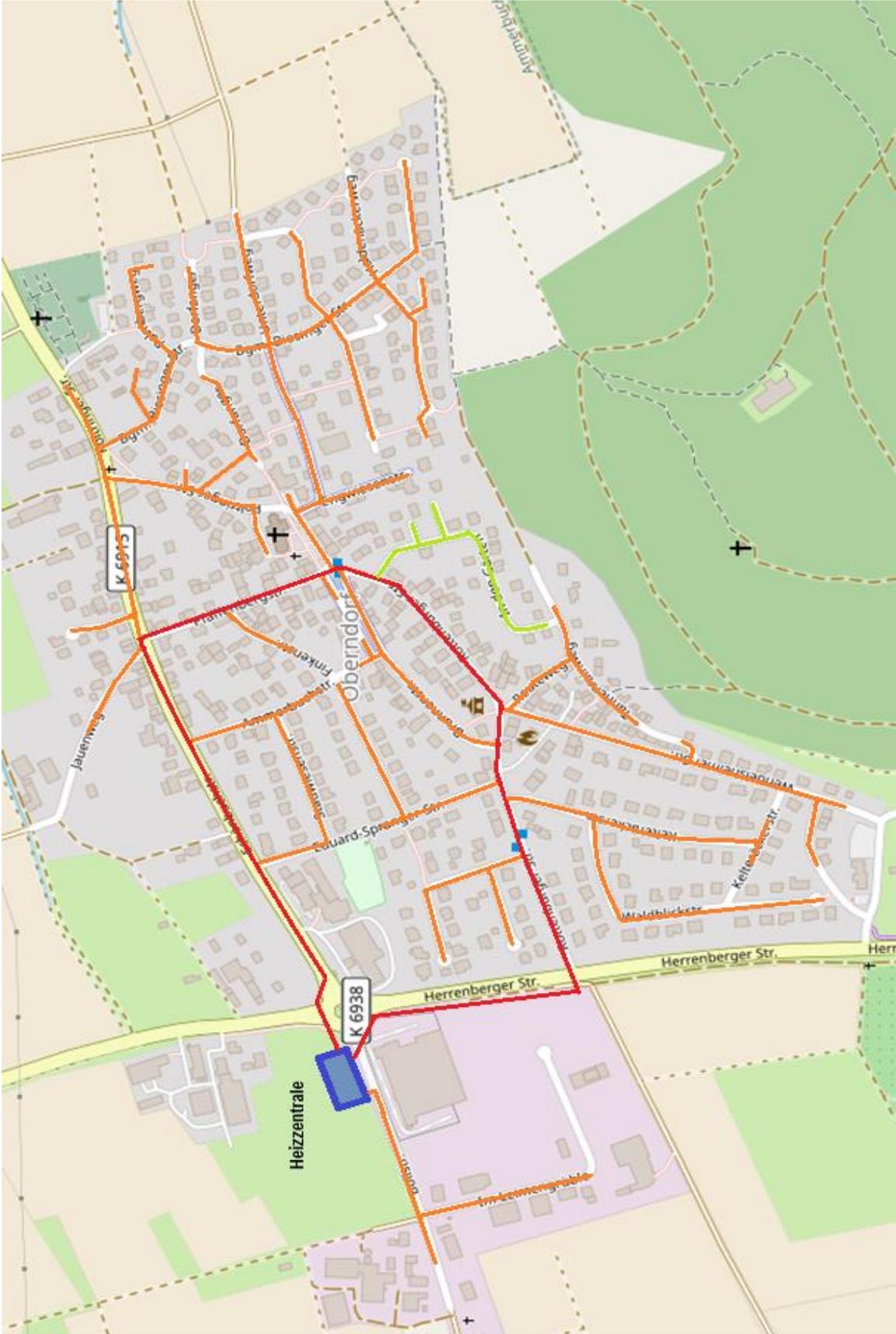


Quelle: Google Maps 2020, sowie eigene Darstellung

4.4 Grobauslegung des Rohrnetzes zur Wärmeverteilung

Ein möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes in Oberndorf, zur Verteilung der erzeugten Wärme vom potentiellen Standort der Heizzentrale (siehe Abbildung 36), hin zu den Haushalten, bei einer kompletten Erschließung Oberndorfs, könnte folgendermaßen wie in Abbildung 37 dargestellt aussehen. Bei diesem Verlauf der Rohrleitungen lagen die Bemühungen, auf möglichst kurzen Wegen die Gebäude, anhand der örtlichen Gegebenheiten des Straßenverlaufs, zu erreichen und möglichst viele Objekte in einem Streckenabschnitt unterzubringen. Die Auslegung dieses Rohrnetzes setzt sich aus einem Ringnetz, von welchem aus mehrere kleine und auch etwas größere Strahlennetze zu den Verbrauchern abzweigen, zusammen. Das Wärmenetz würde so, wie es in der Karte eingezeichnet ist, eine Trassenlänge von insgesamt 7,265 km hinsichtlich der Verteilleitungen aufweisen. Die Anschlussleitungen von der Straße zu den Gebäuden sind hierbei noch unberücksichtigt. Die Ringleitung (rote Linie) wäre 1,52 km lang und die davon abgehenden Strahlennetze (orangene Linien) hätten eine Länge von insgesamt 5,437 km. Unter Vorbehalt wurde auch das jüngste Neubaugebiet „Ortsmitte“ mit in den Trassenverlauf aufgenommen, da dieses eventuell in ferner Zukunft, bei entsprechendem Alter der Heizungsanlagen dieser Gebäude, als weiteres Potential für einen erweiterten Ausbau zu sehen ist. In der Karte wird dieser Leitungsabschnitt durch eine grüne Linie repräsentiert und umfasst eine Länge von 308 Metern. Auf mögliche Kristallisationspunkte, von welchen aus das Wärmenetz wachsen könnte, ist bereits schon im vorherigen Kapitel 4.2.2 mit entsprechender Begründung eingegangen worden.

Abbildung 37: Möglicher Trassenverlauf eines Nahwärmenetzes in Oberndorf



Quelle: Openstreetmap 2020, sowie eigene Darstellung

5. Diskussion

5.1 Mögliche Herausforderungen bei einer Projektrealisierung in Oberndorf

Die Umsetzung eines Projektes, ohne größere Schwierigkeiten und Zwischenfälle, ist ein wünschenswerter Fall. Allerdings ist oftmals gerade bei Projekten, welche die Akzeptanz und Bereitschaft von Leuten erfordern, wie z.B. bei der Planung und Umsetzung von Wärmenetzen, mit Herausforderungen zu rechnen, die es für einen Baubeginn zu bewältigen gilt. Nicht immer stellen dabei technische Probleme den größten Knackpunkt dar. In diesem Teil der Diskussion soll es nun darum gehen, mit welchen Hürden bei einer potentiellen Umsetzung eines Nahwärmenetzes in Oberndorf eventuell zu rechnen ist. Dabei sollen die Knackpunkte, welche sowohl im Rahmen der Datenerhebung aus den Fragebögen abzuleiten waren und zum Teil auch in persönlichen Gesprächen vor Ort angesprochen worden sind, berücksichtigt werden. Das heißt, dass bei diesen Knackpunkten eventuell noch verstärkt Handlungsbedarf und Aufklärungsarbeit gefragt sind, damit sich die Leute auf einen Wärmenetzanschluss einlassen können. Auch Aspekte, warum es sich aus verschiedenen Gründen als schwierig erweisen kann, manche Objekte für einen Anschluss zu gewinnen, werden betrachtet. Gleichzeitig sollen mögliche Handlungsempfehlungen und Maßnahmen, die dazu führen können, dass die Anschlussbereitschaft steigt, aufgezeigt und diskutiert werden.

Als generelles Grundproblem war im Rahmen dieser Datenerhebung in Oberndorf eine noch allgemeine Unwissenheit, bezüglich des Themas der Nahwärmeversorgung festzustellen. Dies ist nicht nur durch manche Fragebögen, sondern auch beim persönlichen Kontakt mit den Bürgern, während der Begehung, zum Ausdruck gekommen. Daraus resultiert eine Unentschlossenheit bezüglich des Interesses an einem Wärmenetzanschluss. Mangelndes Wissen kann zu einer fehlenden Anschlussbereitschaft führen. Aus diesem Grund wäre es auf jeden Fall empfehlenswert, nochmals über einen Informationsabend zum Thema Nahwärme, zu welchem alle interessierten Bürger eingeladen sind, nachzudenken. Geklärte Fragen durch qualifizierte Fachkräfte und eine gewisse Vertrautheit mit einer anderen, vielleicht auch für manche neuen Art der Wärmeversorgung, bestärken dahingehend die Akzeptanz der Leute, sich auf etwas Neues einzulassen. In diesem Sinne könnte sich die Aufklärungsarbeit, in Form eines Informationsabends, später positiv auf eine größere Anschlussbereitschaft auswirken und sich in höheren Anschlusszahlen widerspiegeln. Des Weiteren könnte sich in manchen Fällen auch das Eigentümerverhältnis eines Gebäudes als Herausforderung, hinsichtlich der zu leistenden Überzeugungsarbeit, darstellen. Darunter verstehen sich alle Objekte, die nicht selbst vom Eigentümer genutzt werden, sondern vermietet sind. Zum Teil kann es sein, dass von Seiten des Mieters das Interesse und die Bereitschaft an einem Anschluss vorhanden ist, jedoch der Vermieter davon abgeneigt ist. Nur ist der Wille des Mieters meistens nicht ausschlaggebend, da die endgültige Entscheidung letztendlich in den Händen des Gebäudeeigentümers liegt. Um trotzdem das Gebäude für einen Anschluss an das Netz zu gewinnen, gilt es den Eigentümer davon zu überzeugen. Das Hervorheben von Gründen, damit für den Besitzer keine wesentlichen Nachteile entstehen, sollte hierbei im Vordergrund stehen. Zum Beispiel kann darüber aufgeklärt werden, dass nicht der Eigentümer am Ende des Jahres, sondern wie zuvor

auch der Mieter, die verursachten Heizkosten tragen muss. Ob die Wärme im Haus erzeugt oder über ein Wärmenetz zur Verfügung gestellt wird, spielt eigentlich dabei erstmals grundlegend keine Rolle. Zudem kann ein weiterer Vorteil für den Vermieter sein, dass dieser sich nicht mehr selbst darum kümmern muss, wenn die Heizung nicht funktioniert, da bei einem Wärmenetzanschluss der Netzbetreiber dafür verantwortlich ist. Weiterhin ist in Oberndorf bei einigen Einwohnern eine gespaltene Meinung, also vielmehr eine Unentschlossenheit bezüglich eines Anschlusses, festzustellen. Grund dafür sind teilweise verunsicherte Bürger, die grundsätzlich nicht wissen ob ein Anschluss derer Gebäude sinnvoll ist, da persönlich nicht über das Wissen verfügt wird, ob das Gebäude überhaupt die notwendigen Grundvoraussetzungen erfüllt. Manche wiederum haben auch keine Vorstellung davon, welche baulichen Maßnahmen anfallen. Dennoch sind diese Leute prinzipiell nicht von einer Wärmeversorgung eines Wärmenetzes abgeneigt. Diese Problematik ist durchaus als weiterer Knackpunkt bei einer Projektumsetzung zu sehen, um durch Aufklärung auch diese Menschen für einen Anschluss begeistern zu können. Vielleicht wäre es hilfreich vor allem den Leuten, die nicht wissen ob deren Gebäude einen Anschluss erlaubt, vorab einen Termin mit einem Projektverantwortlichen, der über das notwendige technische Wissen verfügt, anzubieten. Bei der Besichtigung vor Ort, können die Gegebenheiten besser beurteilt werden. Der Besitzer erhält somit Klarheit, ob ohne Weiteres ein Anschluss realisierbar wäre oder gegebenenfalls Umbaumaßnahmen erforderlich sind und wenn ja, in welchem Umfang. Ferner könnte die Ermutigung von Bürgern sich in einer Arbeitsgruppe zu engagieren, als zusätzliche Schwierigkeit herausstellen. Gemeint ist damit die Schwierigkeit alle Leute zu motivieren, welche noch ein wenig Zweifel haben mitwirken zu können oder die der Meinung sind, das hohe Alter wäre ein Gegenargument für den Eintritt in eine Arbeitsgruppe. Hier wäre die Mitarbeit derjenigen gefragt, die sich sehr gut vorstellen könnten, sich in einer Arbeitsgruppe einzubringen. Diese könnten in Gesprächen auf Augenhöhe mit den anderen nur dazu anregen, es sich doch zu überlegen und diese dann davon überzeugen, dass jeder eigene Stärken hat, die eingebracht werden können.

Abgesehen von dem Interesse der Bürger, hinsichtlich einer Nahwärmeversorgung, können in Oberndorf vor allem ältere Gebäude im Ortskern und im unmittelbaren Umkreis um diesen herum, ein Problem darstellen. Zwar wäre bei manchen Bürgern ein grundlegendes Interesse vorhanden, allerdings wäre der Anschluss an ein Wärmenetz für die Besitzer mit hohen Investitionen verbunden. So ist in manchen Gebäuden zum jetzigen Zeitpunkt kein Anschluss realisierbar, da kein zentrales Heizungssystem vorhanden ist. Stattdessen dienen Nachtspeicheröfen, kleine Öl- und Holzöfen, aufgestellt in einzelnen Räumen, zur Beheizung. Für die Warmwasserbereitung werden Elektroboiler genutzt. Dennoch sollten diese Gebäude bei den Planungen nicht außer Acht gelassen werden, da durch die Besitzer, eventuell in naher Zukunft, ein Austausch der Einzelraumbeheizung gegen ein zentrales System stattfinden kann. Durchaus wäre es hier empfehlenswert, den Kontakt zu den entsprechenden Personen zu suchen, um über deren zukünftige Vorhaben und das bestehende Heizungssystem Kenntnisse zu erlangen.

Zusammenfassend gilt die Erkenntnis, dass eine Aufklärung der Bürger in Oberndorf, bezüglich des Themas der Nahwärmeversorgung, in Form von Informationsveranstaltungen und einer ausgeprägten Öffentlichkeitsarbeit sehr wichtige Grundvoraussetzungen sind, um ein solches Projekt ins Leben zu rufen und später dann schnell voranzutreiben. Von großer Bedeutung ist nach wie vor eine hohe Bereitschaft von Seiten der Bürger, sich an ein Wärmenetz anschließen zu lassen, der ausschlaggebende Punkt für die letztendliche Projektrealisierung. Im Voraus ist eine Überzeugung möglichst vieler Gebäudeeigentümer erforderlich, um hohe Anschlusszahlen zu erzielen. Daher ist es besonders wichtig, schon sehr frühzeitig vor Projektbeginn auf die Öffentlichkeitsarbeit besonderen Wert zu legen und auf diese einen Schwerpunkt zu setzen, um möglichst viele Leute anzusprechen. Dabei ist die Ausarbeitung verschiedener Konzepte, mit Hilfe derer unterschiedlichste Personengruppen erreicht werden, als mögliche Herausforderung zu sehen. Konkret heißt das, dass es zu überlegen gilt, in welche Gruppen die Einwohner Oberndorfs eingeteilt werden können und mit welchen Aspekten deren Interesse gewonnen werden kann. Um dies an einem Beispiel zu verdeutlichen, kann zwischen älteren und jüngeren Leuten differenziert werden. So stehen beispielsweise bei eher älteren Generationen womöglich das Heizen, ohne jeglichen Aufwand und bei der jüngeren Generation der Platzbedarf im Wohnhaus, bei der Entscheidung für einen Anschluss, im Vordergrund. Durch die entsprechende Argumentation und das Aufzeigen von Vorteilen, gilt es die Leute zu überzeugen.

Trotz den nun aufgeführten, möglichen Herausforderungen, die bei einer Umsetzung eines Nahwärmenetzes in Oberndorf so oder so ähnlich in den Blickpunkt geraten könnten, ist dennoch der Standpunkt meiner Meinung, dass durch eine allgemeine Informationsveranstaltung, ein wesentlicher Grundstein für ein solches Projekt gelegt werden kann. Bereits zum jetzigen Zeitpunkt kann sich nämlich die eindeutige Mehrheit der Befragten grundsätzlich vorstellen, sich an ein Wärmenetz anschließen zu lassen. Andere wiederum sind noch etwas unentschlossen. Dem Anschein nach, fehlt jenen nur noch ein letzter Überzeugungsgedanke, um sich auf das Neue einzulassen. Gerade deswegen gilt es auch im Rahmen eines Nahwärmeprojektes in Oberndorf, neben den notwendigen technischen Planungen, die Öffentlichkeitsarbeit nicht aus den Augen zu verlieren. Schließlich zählt am Ende immer noch jeder Besitzer, welcher sich von diesem Projekt überzeugen lässt. Letztendlich aber sind mitunter immer noch die Anschlusszahlen ausschlaggebend, um ein solches Projekt, aus wirtschaftlichen Gründen, umsetzen zu können.

5.2 Einwände gegen ein Wärmenetz in Oberndorf

Bei dem Gedanken, einen Anschluss an ein Wärmenetz zur Wärmeversorgung des Gebäudes, in Erwägung zu ziehen, gehen die Meinungen der Eigentümer oftmals auseinander. So gibt es zum einen diejenigen, welche von diesem Konzept positiv überzeugt sind, aber zum anderen auch Leute, die dem Ganzen kritisch entgegensehen. Diese Meinungsverschiedenheiten sind in Oberndorf ebenfalls festzustellen. Aus diesem Grund sollen nun an dieser Stelle der Arbeit die Einwände, die gegen ein Wärmenetz sprechen, welche sowohl aus den Fragebögen abzuleiten waren, als auch diejenigen, die bei persönlichen Gesprächen, während der Begehung angesprochen worden sind, aufgeführt und diskutiert werden. Des Öfteren scheinen auch hier mangelnde Informationen der Fall für Vorurteile zu sein. Mit entsprechenden Argumenten soll aufgezeigt werden, dass manche Einwände zum Teil unbegründet sind.

In vielen Fällen wird die Abhängigkeit vom Wärmelieferanten, als Begründung gegen einen Wärmenetzanschluss gesehen. Damit verbunden ist eine gewisse Angst vor der Monopolstellung des Energieversorgers und vor willkürlicher Preisbildung, sowie einer Preissteigerung während der Vertragslaufzeit. An diesem Punkt gilt es zu erwähnen, dass auch bei anderen leitungsgebundenen Versorgungsformen, wie z.B. bei Strom und Wasser eine Abhängigkeit zum Versorger besteht. Die Befürchtung einer willkürlichen Preisbildung ist dahingehend unbegründet, denn dem Kunden sind die Preise, wie bei einem Stromvertrag auch, transparent offenzulegen. Genauso muss in jedem Fall eine Preissteigerung, welche beispielsweise auf höhere Kosten in der Energiebereitstellung zu führen ist, begründet werden. Selbst wenn es zunächst als unvorstellbar zu erscheinen vermag, liegt bei einer eigenen Heizungsanlage ebenfalls keine vollständige Unabhängigkeit vor, vor allem nicht beim Einsatz fossiler Energieträger. Gerade hier sind sehr große Preisschwankungen zu verzeichnen, denen es zu unterliegen gilt und worauf keinerlei Einfluss besteht. Als weiteres Gegenargument ist in diesem Zusammenhang aufgetaucht, dass eine solche Wärmeversorgung generell zu teuer sei. Dies kann pauschal so nicht gesagt werden, da es immer darauf ankommt, welche andere Alternative gegenübergestellt wird. Zwar kann es durchaus sein, dass zum aktuellen Zeitpunkt, bei sehr niedrigen Ölpreisen, ein Anschluss an ein Wärmenetz teurer ist, aber die Zeiten werden sich gewiss wieder ändern. Es sollte nicht allzu sehr der aktuelle Zeitpunkt im Fokus stehen, sondern vielmehr sollte in die Zukunft geschaut werden. Es wäre durchaus möglich, dass fossile Energieträger, durch eine eventuell zukünftige CO₂-Bepreisung, noch teurer als zuvor sein könnten, womit sich das Ganze zum Gegenteil wenden würde. Auch die Endlichkeit fossiler Ressourcen trägt zwangsläufig zur Preissteigerung bei. Abgesehen von dieser Argumentationskette zeigen in der Praxis etablierte Anlagen, dass ein Wärmebezug aus einem Wärmenetz nicht immer wesentlich teurer ist, als die Wärmeerzeugung mit einer eigenen Heizungsanlage, unter Berücksichtigung aller anfallenden Kosten. In manchen Wärmenetzen ist sogar der Wärmebezug bedeutend günstiger, als die Erzeugung im Eigenheim. Vielmehr sollten hierbei aber doch die Vorteile eines Wärmenetzanschlusses, wie sie auch im Kapitel 2.2 aufgeführt sind und vor allem der Beitrag zum Klimaschutz, durch Nutzung regenerativer Energiequellen, Vorrang vor einem womöglich etwas teureren Wärmebezugspreis

haben. Des Weiteren wurden in mehreren Gesprächen die Verteilungsverluste beim Wärmetransport über längere Distanzen als Argument gegen ein Wärmenetz gesehen. Einerseits muss hierbei erwähnt werden, dass beim Wärmetransport im Netz Verluste auftreten, die es keineswegs zu vernachlässigen gilt. Dem gegenüber sind aber genauso die Wärmeverluste zu erwähnen, die bei der Heizungsanlage im eigenen Haus auftreten. Dort gibt es genauso Verluste bei der Verteilung, durch etwa schlecht gedämmte oder in älteren Gebäuden sogar ungedämmten Rohrleitungen. Vor allem bei nicht optimal eingestellten Heizungssystemen, ist mit erheblichen Verlusten zu rechnen. So sind nicht an die Außentemperatur angepasste Vorlauftemperaturen oder konstant hohe Temperaturen eines Brauchwasserspeichers, obwohl kein Bedarf an Abnahme vorhanden ist, Beispiele für ineffiziente Heizungsanlagen, die in der Praxis durchaus vorzufinden sind. Zum Teil sind im Gebäudebestand sehr veraltete Heizungskessel vorhanden, die längst austauschpflichtig sind, aber nicht ausgetauscht werden, weil sie noch funktionieren. Aus diesen Gründen kann grundsätzlich der Entschluss gefasst werden, dass das Zusammenspiel größerer Anlagenkomponenten in der Heizzentrale des Wärmenetzes, ein effizienteres System darstellt, als viele kleine Heizungsanlagen in jedem Haus. Um die Verteilungsverluste so gering wie möglich zu halten, werden in den Planungen des Rohrnetzes, möglichst kurze Wege, von der Erzeugungsanlage bis zum Verbraucher, angestrebt.

Die Sorge eines hohen Verkehrsaufkommens, für die Anlieferung von Brennstoffen, ist als weiterer Einwand vorgebracht worden. Klar ist, dass eine Anlieferung der Brennstoffe nicht nach dem just-in-time Prinzip erfolgt, sondern dass wie bei einer Ölheizung auch, im Wohngebäude eine gewisse Menge, in einem dafür vorgesehenen Lager, vorgehalten wird. Ein tägliches Verkehrsaufkommen ist daher auszuschließen. Bei solar unterstützten Wärmenetzen ist die Brennstoffanlieferung im Normalfall sogar nur auf die Wintermonate zu beschränken, da bei ausreichend großer Dimensionierung der Kollektorfelder, z.B. die Biomassekessel im Sommerhalbjahr ausgeschaltet bleiben können. Außerdem ist der Transport mit Kosten verbunden, die es so gering wie möglich zu versuchen zu halten gilt. Um Transportkosten zu sparen, werden unnötige Fahrten, wie etwa nur halbvolle LKW-Ladungen, vermieden und auch Anlieferungen müssen auf das unbedingt erforderliche Maß reduziert sein. Zugleich wird der potentielle Standort der Heizzentrale, aufgrund örtlicher Gegebenheiten, eher am Rande der Ortschaft liegen, wodurch keine Belastung der Wohngebiete mit LKW-Verkehr zu befürchten ist. In den Wohngebieten selbst, müssen durch ein Wärmenetz keine Öltanks usw. mehr an jedem Gebäude befüllt werden, weshalb hier vielmehr mit einer Entlastung von Brennstoffanlieferungen zu rechnen ist. Ein weiteres Gegenargument, welches aus Gesprächen zu entnehmen war, lautete, dass durch immer mehr Wärmenetze, in welchen Biomasse zur Energiebereitstellung eingesetzt wird, es zukünftig zu einer Übernutzung und „Ausbeutung“ der Wälder käme. Hinsichtlich dessen ist zu sagen, dass diese Argumentation so nicht stimmt. In Deutschland herrschen strenge Kriterien zur Bewirtschaftung der Wälder. Zudem findet der Nachhaltigkeitsbegriff seinen Ursprung in der Forstwirtschaft. Darunter ist zu verstehen, dass die Nutzung von Holz aus den Wäldern nicht größer sein darf, als der Zuwachs an Biomasse. So steht die Nachhaltigkeit

heute wie auch zukünftig im Vordergrund der Waldbewirtschaftung, um dieses Ökosystem zu erhalten.

Mit einer Übernutzung ist im Interesse aller, daher keinesfalls zu rechnen. Im Vergleich zu den kleineren Feuerungsanlagen in klassischen Einfamilienhäusern, lassen sich in größeren Anlagen, wie diese in Wärmenetzen eingesetzt werden, auch Holzsortimente minderwertigerer Qualität, die eventuell im Wald als Abfall verbleiben würden, nutzen. Dies kann z.B. die Produktion von Hackschnitzel aus dem Kronenmaterial der Bäume sein, welche aufgrund eines höheren Rindenanteils, im privaten Bereich, kaum Anwendung findet. Abgesehen davon können genauso Abfälle aus der Holzverarbeitenden Industrie zur Wärmezeugung genutzt werden, um die Konkurrenz zwischen der stofflichen und thermischen Nutzung von Holz zu entschärfen. Letztendlich soll an diesem Punkt nochmals erwähnt werden, dass durch den Einsatz weiterer Technologien in der Wärmebereitstellung, wie beispielsweise mit Solarthermieanlagen die Abhängigkeit und somit der Verbrauch sowohl an fossilen Energieträgern, als auch an Biomasse aus dem Wald, reduziert werden können. Darüber hinaus wurden zu große Umbaumaßnahmen als weiterer Kritikpunkt eines Wärmenetzanschlusses gesehen. Dem ist entgegenzusetzen, dass auch ein Heizungsaustausch mit Bauarbeiten im Haus verbunden ist. Dies kann an dieser Stelle kurz mit einem kleinen Beispiel näher erläutert werden und den Vorteil, durch einen Anschluss an das Wärmenetz, hervorheben. Die Basis für den Vergleich stellt eine alte bestehende Ölheizung dar. Soll diese gegen eine Pelletheizung ausgetauscht werden, sind umfassende Bauarbeiten notwendig. Der Öltank muss ausgebaut werden, sodass hier ein Holzpelletlager entstehen kann. Im Heizraum selbst sind eventuell Anpassungen des Rohrleitungssystems, für den Anschluss an den neuen Kessel, vorzunehmen. Die erforderlichen Pufferspeicher nehmen zusätzlichen Platz in Anspruch, der vorher anders genutzt werden konnte. Bei einem Wärmenetzanschluss hingegen, müssen ebenfalls die Ölheizung und der Öltank ausgebaut werden. Dieser Platz wird aber nicht durch neue Komponenten belegt, sondern steht anderweitig z.B. als Wohnraum oder Abstellraum zur Verfügung. An der Hauswand werden zwei Kernbohrungen gesetzt, um die Hausübergabestation, die vom Platzverbrauch ähnlich einem Stromzählerkasten ist, anzuschließen. Diese muss dann nur noch an das bestehende Rohrnetz des Hauses angeschlossen werden. In beiden Fällen sind für das neue Heizsystem Umbaumaßnahmen unerlässlich, dennoch sind die Bauarbeiten für einen Wärmenetzanschluss überschaubar. Der Mehrwert, wie neu gewonnener Platz, neue Freiheiten usw. sollten diesbezüglich im Vordergrund stehen und nicht die Umbaumaßnahmen, welche sowieso bei beiden Alternativen anfallen.

Als letzter Einwand, kam im Rahmen der Datenerhebungen in Oberndorf von älteren Leuten zum Ausdruck, dass diese zu alt seien und eine solche Investition aus deren Sichtweise nicht mehr lohnenswert wäre. Diese Stellungnahme ist natürlich stark von der Sichtweise des Betrachters abhängig. Aus deren Perspektive scheint dies vielleicht als nicht mehr lohnenswert. Allerdings sollte dies doch aber etwas allgemeiner betrachtet werden und es sollten positive Argumente aufgezeigt werden, warum es trotzdem noch interessant wäre darüber nachzudenken. Gerade im Alter ist die Wärmeversorgung über ein Wärmenetz, als ein Rundum-Sorglos-Paket zu sehen. Die Wärme wird frei Haus geliefert und die Hausbesitzer müssen sich um nichts mehr kümmern. Nicht nur für die älteren Generationen sind damit neue Freiheiten verbunden, sondern auch die Nachkommen profitieren genauso von einem Wärmenetzanschluss, mit allen Vorteilen.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend gilt bei Betrachtung der dargestellten Ergebnisse die Erkenntnis, dass in der Gemeinde Oberndorf grundsätzlich die notwendigen Voraussetzungen erfüllt sind, um die Idee der Realisierung eines Nahwärmenetzes weiter verfolgen zu können. Um letztendlich ein solches Projekt ins Leben zu rufen, ist mitunter die Anschlussbereitschaft der Einwohner Oberndorfs ein entscheidendes Kriterium. Diesbezüglich hat die Auswertung der Fragebögen ergeben, dass die eindeutige Mehrheit der Befragten, an solch einer Wärmeversorgung derer Gebäude grundsätzlich interessiert ist. Dennoch besteht trotz des vorhandenen Interesses vieler Bürger die Notwendigkeit, im Rahmen einer umfassenden Öffentlichkeitsarbeit, mit welcher durch verschieden ausgearbeiteten Konzepten, möglichst alle Personengruppen erreicht werden sollten, um noch mehr Gebäudeeigentümer zu überzeugen, sodass am Ende nicht die mangelnde Anschlussbereitschaft, als Grund zum Scheitern des Projektes führt. Sofern es die zukünftigen Rahmenbedingungen der aktuellen Corona Pandemie erlauben, sollte eventuell ein erneuter Anlauf einer Informationsveranstaltung, zur allgemeinen Aufklärung der Einwohner Oberndorfs, in Betracht gezogen werden, um die Leute hinsichtlich einer Nahwärmeversorgung zu sensibilisieren und auch unter anderem die Verbreitung, von zum Teil unbegründeten Einwänden gegen ein Wärmenetz, unter den Bürgern zu vermeiden. Weiterhin hat die Auswertung der Fragebögen gezeigt, dass sich einige Bürger sehr gut vorstellen könnten, sich aktiv bei den Planungen für ein Nahwärmeprojekt zu beteiligen. Im Zuge der weiteren Planungen wäre es daher als sinnvoll zu betrachten, von Seiten der Gemeinde in einem Aufruf z.B. über den Gemeindeboten all diejenigen, welche sich vorstellen können, in irgendeiner Form unterstützend das Projekt der Nahwärme weiter voranzubringen, zu einer Versammlung einzuladen. Die Berechnung des Wärmebedarfs der betrachteten Gebäude hat ergeben, dass diesen über das Wärmenetz jährlich rund 8,1 GWh an Wärme bereitgestellt werden müssten. Trotz einer Teilnahmequote von 24% an der Fragebogenaktion, war es nicht möglich, von allen Gebäuden die genauen Verbrauchswerte zur Deckung des Wärmebedarfs in Erfahrung zu bringen. Mithilfe eigener Abschätzungen und einem Onlinetool, konnte jedoch auch der Wärmebedarf, der nicht mit den Fragebogen erfassten Gebäuden, ermittelt werden. Allerdings spiegelt dieses Ergebnis nicht unbedingt die Realität wieder, da der Wärmebedarf auf Basis von den im Programm hinterlegten Werten berechnet wurde, jedoch aber der tatsächliche Bedarf der Gebäude, aufgrund des Verbraucherverhaltens, in Diskrepanz zu den theoretischen Werten stehen kann. Aus diesem Grund ist an dieser Stelle noch zu sagen, dass es für eine entsprechende Dimensionierung der Komponenten des Wärmenetzes erforderlich ist, den exakten Wärmebedarf aller Gebäude, die an das Netz angeschlossen werden sollen, zu ermitteln. Hinsichtlich der Finanzierung des Wärmenetzes wäre es durchaus sinnvoll, in einer weiteren Untersuchung, dass doch sehr dynamische Gebiet der verschiedenen Förderprogramme genau zu betrachten, um Aussagen treffen zu können, welcher Anteil der Gesamtinvestitionen, über Fördermittel finanziert werden kann. Ebenfalls sollte sich noch mit der Wahl des Betreibermodells auseinandergesetzt werden, um allen Beteiligten eine akzeptable Lösung zu gewähren. Schließlich ist als kleines Schlusswort, am Ende dieser Arbeit zu erwähnen, dass die prinzipiell guten Voraussetzungen für ein

Nahwärmenetz in Oberndorf, als Chance zu sehen sind, die zukünftige Wärmeversorgung der Gebäude in Form eines Wärmenetzes zu gestalten, in welchem über regenerative Energieträger, unter anderem mit einer großen Solarthermieanlage auf einer Freifläche, die Wärme erzeugt wird. Somit wäre in dieser Gemeinde die Gegebenheit einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung vorhanden, wobei diese mit ihrem Anteil ebenfalls zu der im Sinne der erforderlichen Wärmewende im Rahmen des unbedingten Klimaschutzes beiträgt.

7. Literaturverzeichnis

AEE (2011): Solarthermie im Megawattsektor. Online unter: <https://www.aee.at/zeitschrift-erneuerbare-energie?id=23> [Abruf 02.09.2020]

Bollin, Elmar et al. (2013): Solare Wärme für große Gebäude und Wohnsiedlungen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag

C.A.R.M.E.N e.V. (2020): Wärmenetze. Online unter: <https://www.carmen-ev.de/biogene-festbrennstoffe/waermenetze/113-waermenetze> [Abruf am 11.09.2020]

Dötsch, Christian et al. (1998): Leitfaden Nahwärme. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag

Eicker, Ursula (2012): Solare Technologien für Gebäude – Grundlagen und Praxisbeispiele (2. Auflage). Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag

FNR (2017): Bioenergiedorf Büsingen – Datenblatt [PDF Datei]. Online unter: https://bioenergiedorf.fnr.de/fileadmin/bioenergiedorf/dateien/doerfer/bed_105.pdf [Abruf 31.07.2020]

Kaltschmitt, Martin et al. (2013): Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte (5. Auflage). Berlin: Springer-Verlag

Kempf, Heike; Schmidt, Peter (2011): Erneuerbare Energien – Technologien, Anforderungen, Projektbeispiele. Kissing: WEKA

Krimmling, Jörn (2011): Energieeffiziente Nahwärmesysteme - Grundwissen, Auslegung, Technik für Energieberater und Planer. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag

LfU (2019): Wärmenetze in Kommunen - In zehn Schritten zum Wärmenetz [PDF Datei]. Online unter: https://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/waermenetze.html [Abruf 01.09.2020]

Naturstrom AG (2020): Nahwärme-FAQ. Online unter: <https://www.naturstrom.de/kommunen/nahwaerme/faq/#collapse-decoy> [Abruf am 10.09.2020]

PlanEnergi (2020): Solar District Heating in Denmark 1988-2018. Online unter: <https://planenergi.eu/activities/district-heating/solar-district-heating/sdh-in-dk-1988-2018/> [Abruf 03.09.2020]

Quaschnig, Volker (2020): Erneuerbare Energien und Klimaschutz – Hintergründe, Techniken und Planung, Ökonomie und Ökologie, Energiewende (5. Auflage). München: Carl Hanser Verlag

Regionalverband FrankfurtRheinMain (2014): Aufbau von Wärmenetzen - Praxisleitfaden [PDF Datei]. Online unter: https://www.energiewende-frankfurtrheinmain.de/fileadmin/user_upload/content/pdf/2014-09-29_Broschuere_Waermenetze_RZ_p1-24_final.pdf [Abruf am 27.07.2020]

Ritter XL Solar (2020): Bioenergiedorf Büsingen – Umweltfreundliche Solarwärme für Nahwärmenetz. Online unter: <https://www.ritter-xl-solar.de/anwendungen/waermenetze/bioenergiedorf-buesingen/> [Abruf 30.07.2020]

Schabbach, Thomas; Leibbrandt, Pascal (2014): Solarthermie – Wie Sonne zu Wärme wird. Berlin: Springer-Verlag

Solarcomplex AG (2018): Bioenergiedorf Büsingen. Online unter: <https://www.solarcomplex.de/energieanlagen/bioenergiedoerfer/buesingen.html> [Abruf 30.07.2020]

Solar-Toolbox (2020): Online Simulationsprogramm. Online unter: <http://www.solar-toolbox.ch/simulation/> [Abruf 25.09.2020]

Solites (2013): Gesamtbetrachtung zu solaren saisonalen Wärmespeichern und mögliche multifunktionale Nutzungen [PDF Datei]. Online unter: http://www.solites.de/download/literatur/Solites_GESAMTBETRACHTUNG%20ZU%20SOLAREN%20SAISONALEN%20W%20C4RMESPEICHERN%20UND%20M%20D6GLICHE%20MULTIFUNKTIONALE%20NUTZUNGEN_Forschungsbericht_Fkz0325976A.pdf [Abruf 30.07.2020]

Stadt Rottenburg am Neckar (2020): Willkommen in Oberndorf. Online unter: <https://www.rottenburg.de/oberndorf.30015.htm?lnav=87> [Abruf 28.07.2020]

Stieglitz, Robert; Heinzl, Volker (2012): Thermische Solarenergie – Grundlagen, Technologie, Anwendungen. Berlin: Springer-Verlag

Tabula Webtool (2020): Online Tool. Online unter: <http://webtool.building-typology.eu/#bm> [Abruf 04.10.2020]

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2007): Nahwärmekonzepte – Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbare Energien. Stuttgart: Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg

8. Datenverzeichnis

Verwendete Quellen für Abbildungen, Diagramme und Tabellen:

Abbildung 1: Quelle identisch mit Literaturangabe: C.A.R.M.E.N e.V. (2020)

Abbildung 2: Quelle identisch mit Literaturangabe: Solarcomplex AG (2018)

Abbildung 3: Schabbach, Thomas; Wesselak, Viktor (2020): Energie – Den Erneuerbaren gehört die Zukunft (2. Auflage). Berlin: Springer-Verlag

Abbildung 4: Quelle identisch mit Literaturangabe: Bollin, Elmar et al. (2013)

Abbildung 5: Quelle identisch mit Literaturangabe: Stieglitz, Robert; Heinzl, Volker (2012)

Abbildung 6, 7 und 8: Quelle identisch mit Literaturangabe: Dötsch, Christian et al. (1998)

Abbildung 9, 10 und 11: <https://www.rehau.com/downloads/99896/rauthermex-rauvitherm-technische-information.pdf> (Stand 21.09.2020)

Abbildung 12 und 13: Quelle identisch mit Literaturangabe: Krimmling, Jörn (2011)

Abbildung 14: Quelle identisch mit Literaturangabe: LfU (2019)

Abbildung 15,16 und 17: Quelle identisch mit Literaturangabe: Dötsch, Christian et al. (1998)

Abbildung 18: eigenes Simulationsergebnis mit Solartoolbox: <http://www.solar-toolbox.ch/simulation/> [Abruf 25.09.2020]

Abbildung 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 und 33: Darstellung der Ergebnisse aus eigener Datenerhebung

Abbildung 34: https://www.energieatlas-bw.de/waerme/waermebedarf_wohnen/waermebedarfsdichte_von_wohngebaeuden [Abruf 21.10.2020]

Abbildung 35 und 36:

<https://www.google.de/maps/place/Oberndorf,+72108+Rottenburg+am+Neckar/@48.5252171,8.9208123,2279m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x4799fd35cc95cb0b:0x5b8c9c13429ce67a!8m2!3d48.5282445!4d8.9284938> [Abruf 03.10.2020]

Abbildung 37: <https://www.openstreetmap.de/karte.html#> [Abruf 16.10.2020]

Tabelle 1: Quelle identisch mit Literaturangabe: Solites (2013)

Tabelle 2: <https://www.kesselheld.de/nutzungsgrad/> [Abruf 16.09.2020]

Tabelle 3: https://www.fluessiggas1.de/fluessiggas_umrechnung_kwh_m3_liter_kg/
[Abruf 18.09.2020]

https://www.solar-partner-sued.de/fileadmin/user_upload/Downloads/biomasseheizung/_Allgemein-Biogene-Brennstoffe-Heizwerttabelle.pdf [Abruf 18.09.2020]

Tabelle 4, 5 und 6: Darstellung der Ergebnisse aus eigener Datenerhebung

9. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Vorname, Name und Heimatort:

Janik Schückler

Adersbacher Straße 1

74889 Sinsheim-Rohrbach

Ort, Datum:

Sinsheim, den 3. November 2020

.....

(Unterschrift)

Der Gemeindebote

Mitteilungsblatt für den Stadtteil Oberndorf

Herausgegeben im Auftrag der Ortschaftsverwaltung Oberndorf. Verantwortlich für den amtlichen Teil der Ortschaft: Ortsvorsteherin Diana Arnold. Verantwortlich für „Was sonst noch interessiert“ und den Anzeigenteil: Klaus Nussbaum, Opelstraße 29, 68789 St. Leon-Rot. Druck und Verlag: Nussbaum Medien Horb GmbH & Co. KG, Industriestraße 45, 72160 Horb a. N., Tel. 0 74 51/534-400, E-Mail: horb@nussbaum-medien.de, Internet: www.nussbaum-medien.de – Anzeigen: Nussbaum Medien Weil der Stadt GmbH & Co. KG, Merklinger Straße 20, 71263 Weil der Stadt, Tel. 0 70 33/525-0, E-Mail: wds@nussbaum-medien.de – Zustellung: G.S. Vertriebs GmbH, Josef-Beyerle-Straße 2, 71263 Weil der Stadt, Tel. 0 70 33/69 24-0, E-Mail: info@gsvertrieb.de. Bezugspreis halbjährlich: 14,80 €. Die Kündigung des Abonnements ist bis zum Halbjahresende mit einer Frist von 6 Wochen möglich, Internet: www.nussbaum-lesen.de

36. Jahrgang

Freitag, 17. April 2020

KW 16

Bitte beachten!

Wegen des Feiertages **1. Mai** müssen die Manuskripte für die Ausgabe in der **KW 18** des Mitteilungsblattes Oberndorf **bereits früher** beim Verlag vorliegen.

Der Abgabeschluss für die KW 18 ist am Montag, 27.4. um 10.00 Uhr.

Zu spät eingereichte Manuskripte können leider nicht mehr berücksichtigt werden.



Mitteilungen der Verwaltungsstelle

Hinweis der Verwaltung

Ein Student der Fachhochschule Rottenburg bittet um Mithilfe Sehr geehrte Bürger/innen im Ortsteil von Oberndorf.



Mein Name ist Janik Schückler. Ich bin 24 Jahre alt und komme ursprünglich aus Sinsheim im Rhein-Neckar-Kreis. Zurzeit studiere ich an der Hochschule für Forstwirtschaft in Rottenburg am Neckar „Erneuerbare Energien“. Im Rahmen meiner Abschlussarbeit führe ich eine Machbarkeitsstudie für ein Nahwärmenetz in Oberndorf durch. Das Thema der zukünftigen Wärmebereitstellung in Gebäuden ist sehr aktuell. Diesbezüglich gibt es verschiedene Lösungen einer Wärmeversorgung. So kann klassisch in jedem Gebäude eine Heizanlage installiert werden oder es können Teile, bis hin zu einer gesamten Ortschaft, durch ein Nahwärmenetz versorgt werden. An diesem Punkt der Nahwärmeversorgung möchte ich anknüpfen. Eigentlich war zu diesem Thema auch eine Informationsveranstaltung am 26.03.2020 geplant, welche allerdings aufgrund der aktuellen Lage der Corona Pandemie leider abgesagt werden musste (Der Referent dieser Veranstaltung hat bereits in Breitenholz einen solchen Vortrag zur Nahwärmeversorgung abgehalten, welchen Sie bei Interesse gerne unter folgendem Link https://buenger-energie-tuebingen.de/aktuell/bioe_breitenhz/presentation_breitenhz_181030_aktual.pdf einsehen können). Für meine Abschlussarbeit benötige ich spezifische Daten der Gebäude, welche ich mit Hilfe eines Fragebogens erheben möchte. Diesen möchte ich am 24. und 25. April 2020 verteilen. Über Ihre Unterstützung würde ich mich sehr freuen und wäre Ihnen sehr dankbar dafür. Keine Sorge, die durch den Fragebo-

gen erhobenen Daten werden selbstverständlich streng vertraulich und anonymisiert behandelt. Scheuen Sie sich nicht, mich auch bei Fragen persönlich anzusprechen. Da auch Fotos von Gebäuden für meine Abschlussarbeit von Bedeutung sind, würde ich gerne das ein oder andere Gebäude aufnehmen wollen. Selbstverständlich werden die Fotos nur nach persönlicher Absprache, mit Ihrem Einverständnis, aufgenommen. Es grüßt Sie freundlich Janik Schückler.

gen erhobenen Daten werden selbstverständlich streng vertraulich und anonymisiert behandelt. Scheuen Sie sich nicht, mich auch bei Fragen persönlich anzusprechen. Da auch Fotos von Gebäuden für meine Abschlussarbeit von Bedeutung sind, würde ich gerne das ein oder andere Gebäude aufnehmen wollen. Selbstverständlich werden die Fotos nur nach persönlicher Absprache, mit Ihrem Einverständnis, aufgenommen. Es grüßt Sie freundlich Janik Schückler.



Müll aktuell

Mittwoch, 22.04.2020 Bioabfall

Abgabe Altpapier beim Festplatz (siehe Artikel Feuerwehr)

Freitag, 24.04.2020 16:00 – 20:00 Uhr

Samstag, 25.04.2020 08:00 – 14:00 Uhr

Häckselplatz

18.04.2020 Oberndorf

Öffnungszeiten: 14:00 – 16:00 Uhr



Freiwillige Feuerwehr Oberndorf

Wichtig: Altpapiersammlung 25.4.20

Aufgrund der Corona-Lage kann die Feuerwehr die Altpapiersammlung nicht wie gewohnt durchführen. Dennoch möchten wir der Oberndorfer Bevölkerung die Möglichkeit geben ihr Altpapier entsorgen zu können. Nach Rücksprache mit der Ortsverwaltung, dem Ordnungsamt und der Feuerwehrführung werden wir das Altpapier am gewohnten Platz der Container am Festplatz annehmen können, sprich es darf mit Privat-PKW's dort hin gebracht werden.

Da natürlich auch dort die Vorschriften der Landesregierung gelten werden wir einen Haltepunkt einrichten und immer nur ein Fahrzeug zu den Containern vor lassen können. Es ist daher mit etwas Wartezeit zu rechnen.

Um die Wartezeiten möglichst gering zu halten bieten wir zwei Termine zur Abgabe des Altpapier an:

Freitag, 24.04.20 von 16.00-20.00 Uhr und Samstag, 25.04.20 von 08.00 – 14.00 Uhr.

Wir hoffen auf das Verständnis und die Mithilfe aller Oberndorfer/innen damit das Altpapier entsorgt werden kann und die Vorschriften bestmöglich befolgt werden. Bitte fragt auch eure Nachbarn die evtl. zur Risikogruppe (Ältere, Kranke..) zählen ob sie Altpapier haben und nehmt dieses für sie mit. Natürlich freuen wir uns trotz des Mehr-Aufwand über möglichst viel Altpapier um zumindest die Kosten der Container decken zu können.

Der Gemeindebote

Mitteilungsblatt für den Stadtteil Oberndorf

Herausgegeben im Auftrag der Ortschaftsverwaltung Oberndorf. Verantwortlich für den amtlichen Teil der Ortschaft: Ortsvorsteherin Diana Arnold. Verantwortlich für „Was sonst noch interessiert“ und den Anzeigenteil: Klaus Nussbaum, Opelstraße 29, 68789 St. Leon-Rot. Druck und Verlag: Nussbaum Medien Horb GmbH & Co. KG, Industriestraße 45, 72160 Horb a. N., Tel. 0 74 51/534-400, E-Mail: horb@nussbaum-medien.de, Internet: www.nussbaum-medien.de – Anzeigen: Nussbaum Medien Weil der Stadt GmbH & Co. KG, Merklinger Straße 20, 71263 Weil der Stadt, Tel. 0 70 33/525-0, E-Mail: wds@nussbaum-medien.de – Zustellung: G.S. Vertriebs GmbH, Josef-Beyerle-Straße 2, 71263 Weil der Stadt, Tel. 0 70 33/69 24-0, E-Mail: info@gsvertrieb.de. Bezugspreis halbjährlich: 14,80 €. Die Kündigung des Abonnements ist bis zum Halbjahresende mit einer Frist von 6 Wochen möglich, Internet: www.nussbaum-lesen.de

36. Jahrgang

Freitag, 24. April 2020

KW 17

Bitte beachten!

Wegen des **Feiertages 1. Mai** müssen die Manuskripte für die Ausgabe in der **KW 18** des Mitteilungsblattes Oberndorf **bereits früher** beim Verlag vorliegen.

Der Abgabeschluss für die KW 18 ist am Montag, 27.4. um 10.00 Uhr.

Zu spät eingereichte Manuskripte können leider nicht mehr berücksichtigt werden.



Vereinsangestellten. Die Stadtverwaltung und der Gemeinderat möchten die Vereine in besonderem Maße unterstützen – damit das Angebot nach der Krise weiterhin so bunt und vielfältig ist. Hierfür nutzen wir das bekannte „RoMärkle“ als Corona-Unterstützungswährung.

Und so funktioniert die Unterstützung:

Die Stadt erwirbt bei Unternehmer*innen, die im RoMärkle e. V. mitwirken Gutscheine im Wert von 35.000,- Euro. Diese werden anhand eines Verteilschlüssels an die Vereine des RoMärkle e. V. vergeben. Vereine, die Gutscheine erhalten wollen müssen bis spätestens 30. April im Verein RoMärkle e. V. mitwirken. Vereine können sich bei info@ro-maerkle.de melden, um von den Unterstützungsaktionen der Stadtverwaltung Rottenburg zu profitieren. Um diejenigen zu belohnen, die sich bereits langfristig beim RoMärkle beteiligen, erhalten diese in der Verteilung einen entsprechenden Bonus.

Mitteilungen der Verwaltungsstelle

Bauplatzverkauf 2020

Der Ortschaftsratsrat bietet 2 **familienfreundliche** Bauplätze (3,8 ar und 3,5 ar), die schönes Wohnen in der Dorfmitte ermöglichen, zum Kauf an.

Die Plätze befinden sich in der Brunnenstraße „Hinter dem Rathaus“ Flst. 1/3 und Flst. 1/4 und sind mit je einer **Doppelhaushälfte** zu bebauen.

(Es können nicht beide Grundstücke von einer Familie erworben werden und mit einem Einfamilienhaus bebaut werden.)

Antragsformulare und **weitere Informationen** erhalten Sie auf der Verwaltungsstelle (Tel. 07073/6266, Fax 4429). Bewerbungen richten Sie bitte bis spätestens **Freitag, 22. Mai 2020** an das Rathaus Oberndorf, Rottenburger Straße 26 oder per Email an oberndorf@rottenburg.de

Information: Der Zuschlag im Bewerbungsverfahren wird anhand der Richtlinien für die Vergabe von Baugrundstücken der Stadt Rottenburg am Neckar entschieden.

Neue Friedhofströge

Liebe Oberndorfer*innen, liebe Friedhofsbesucher*innen, wie vielleicht schon von einigen bemerkt wurde, hat der Technische Betrieb Rottenburg die Wassertröge auf dem Friedhof ausgewechselt.

Wir hoffen natürlich, dass diesmal keine Risse entstehen und wir die neuen Tröge lang benutzen können.

Die Ortsverwaltung

Machbarkeitsstudie Nahwärmenetz

Liebe Oberndorferinnen und Oberndorfer,

heute und morgen werden durch Janik Schückler (Student an der FH Rottenburg) Fragebögen ausgeteilt. Ich selbst habe ihm versprochen, beim Austeilen der Fragebögen zu helfen.

Bitte wundern Sie sich also nicht, wenn Sie mich an Ihren Briefkasten sehen.

Bitte machen Sie mit und nehmen Sie sich die kurze Zeit. Die Fragebögen können auch beim Rathaus in Oberndorf in den Briefkasten eingeworfen werden, oder per Mail an uns oder direkt an Hr. Schückler (Email-Adresse auf dem Fragebogen) versendet werden.

Die Auftaktveranstaltung in Oberndorf zu diesem Thema musste aufgrund der CORONA Pandemie leider ausfallen. Sie können sich aber dennoch dazu unter dem Link: https://buerger-energie-tuebingen.de/aktuell/bioe-breitenhz/presentation_breitenhz_181030_aktual.pdf informieren.

Vielleicht können wir diesen Vortrag zu einem späteren Zeitpunkt dennoch persönlich hören.

Die Daten aus der Machbarkeitsstudie sind auch für uns Oberndorfer sehr interessant und hilfreich. Für den Ortschaftsratsrat und die Ortsverwaltung ist das Thema von großer Wichtigkeit. Die Daten werden in einer Ortschaftsratsitzung durch Hr. Schückler vorgestellt.

Hilfe für Vereine: – RoMärkle wird zur Corona-Unterstützungswährung

Die Vereine prägen in großem Umfang das gesellschaftliche Leben und die Gemeinschaft in unserer Stadt. Die Rottenburger Vereinslandschaft trägt maßgeblich zum Erhalt und der Pflege von Brauchtum, Kultur und Freizeitangeboten bei, insbesondere mit einer lebendigen Jugendarbeit. Ebenso so leiden die Vereine unter den ausgefallenen Veranstaltungen und Auftritten zur Finanzierung des Vereinslebens, von Übungsleitern und

Ankündigung der Vorortbegehung zur Datenabschätzung in Oberndorf im Gemeindeboten

Der Gemeindebote

Mitteilungsblatt für den Stadtteil Oberndorf

Herausgegeben im Auftrag der Ortschaftsverwaltung Oberndorf. Verantwortlich für den amtlichen Teil der Ortschaft: Ortsvorsteherin Diana Arnold. Verantwortlich für „Was sonst noch interessiert“ und den Anzeigenteil: Klaus Nussbaum, Opelstraße 29, 68789 St. Leon-Rot. Druck und Verlag: Nussbaum Medien Horb GmbH & Co. KG, Industriestraße 45, 72160 Horb a. N., Tel. 0 74 51/534-400, E-Mail: horb@nussbaum-medien.de, Internet: www.nussbaum-medien.de – Anzeigen: Nussbaum Medien Weil der Stadt GmbH & Co. KG, Merklinger Straße 20, 71263 Weil der Stadt, Tel. 0 70 33/525-0, E-Mail: wds@nussbaum-medien.de – Zustellung: G.S. Vertriebs GmbH, Josef-Beyerle-Straße 2, 71263 Weil der Stadt, Tel. 0 70 33/69 24-0, E-Mail: info@gsvertrieb.de. Bezugspreis halbjährlich: 14,80 €. Die Kündigung des Abonnements ist bis zum Halbjahresende mit einer Frist von 6 Wochen möglich, Internet: www.nussbaum-lesen.de

36. Jahrgang

Freitag, 03. Juli 2020

KW 27

Mitteilungen der Verwaltungsstelle

Voranzeige

Am Mittwoch, 15.07.2020 findet um 19.30 Uhr in der Tannenhalle eine öffentliche Sitzung des Ortschaftsrates statt.

Die Tagesordnung mit öffentlicher Einladung erfolgt rechtzeitig vor der Sitzung.

Die Ortsverwaltung

Herzlichen Glückwunsch

Am 03.07.2020 feierte Frau Brunhilde Escher-Suby ihren 70. Geburtstag.

Hierzu gratulieren wir ganz herzlich.

Nahwärmenetz in Oberndorf – Fragebögen Vorortstudie des Studenten Janik Schückler, Bachelorarbeit FH Rottenburg

Herzlichen Dank an dieser Stelle, dass so viele Fragebögen ausgefüllt wurden und zurückgegeben werden konnten.

Hr. Schückler benötigt für seine Arbeit noch Vorortauswertungen. Deshalb wird er in der Woche vom 06. bis 10. Juli 2020 im Ort unterwegs sein und von den restlichen Gebäuden Abschätzungen über deren Baujahr, Lage, etc. machen.

Sollte Ihnen also jemand auffallen, der sich sehr lange vor Ihrem Wohnhaus auf der Straße aufhält und sich Notizen macht, sprechen Sie ihn gerne an. Hr. Schückler kann sich ausweisen und hat entsprechende Unterlagen dabei.



Müll aktuell

Dienstag, 07.07.2020 Gelber Sack + Restmüll
Mittwoch, 08.07.2020 Bioabfall

Häckselplatz

04.07.2020, Wendelsheim
Öffnungszeiten: 14:00 – 16:00 Uhr



Freiwillige Feuerwehr Oberndorf

Übungen / Aktuelle Situation

Wir werden nun den Übungsbetrieb unter den notwendigen Voraussetzungen (Kleingruppen, Hygienemaßnahmen usw.) wieder aufnehmen.

Anhand der Rückmeldungen der Aktiven wurden drei neue Gruppen eingeteilt, die ab jetzt zusammen üben. Die bisherige

Gruppeneinteilung ist damit vorerst hinfällig. Die neue Einteilung wurde per Mail/WhatsApp verschickt.

Die Termine der Übungen sind:

Gruppe 1 – Montag, 06.07.20 um 20.00 Uhr
Gruppe 2 – Mittwoch, 08.07.20 um 20.00 Uhr
Gruppe 3 – Montag, 13.07.20 um 20.00 Uhr

Sollten sich kurzfristig Änderungen ergeben, wird die Abteilungsleitung dies natürlich mitteilen.

Bei Einsätzen gelten die bisherigen Maßnahmen zur Hygiene etc. weiterhin.

Alle „normalen“ Übungen sind laut neuer Dienstanweisung bis zum 31.07.2020 abgesagt. Wie es dann weitergeht werden die nächsten Wochen zeigen; laut Kommandant Raudszus wird die Feuerwehr aber wohl die Schutzstufen sehr lange aufrecht erhalten.

Die Jugendfeuerwehr und Altersabteilung können laut Dienstanweisung, Stand jetzt, frühestens ab dem 13.09.20 üben bzw. zusammenkommen.

Bei Rückfragen wie gehabt bitte beim Abteilungskommandanten melden.

Kirchliche Nachrichten

Katholische Kirchengemeinde Oberndorf, Wendelsheim und Wurmlingen

„Die Arbeit läuft Dir nicht davon, wenn Du einem Kind den Regenbogen zeigst. Aber der Regenbogen wartet nicht, bis du mit Deiner Arbeit fertig bist. (aus China)“

Öffentliche Gottesdienste

Ab sofort dürfen in unseren Kirchen wieder öffentliche Gottesdienste gefeiert werden, unter Einhaltung einer strengen Hygieneverordnung. Wir freuen uns einerseits sehr, dass wir nach nunmehr sieben Wochen wieder zusammenkommen können, um miteinander die Eucharistie feiern zu können und uns als Gemeinde wieder zu begegnen. Allerdings bringen die Verordnungen natürlich auch notwendige Schutzmaßnahmen mit sich, die die Festlichkeit einschränken werden. Folgendes müssen Sie beachten:

- Die Plätze in den Kirchen sind markiert, um einen Sicherheitsabstand von zwei Metern zueinander zu gewährleisten.
- Daher sind die Plätze auch reduziert. Um sicher einen Platz zu bekommen, sollten Sie sich im Voraus für die Sonn- und Feiertagsgottesdienste im Pfarrbüro Wurmlingen (Tel. 07472/1790) anmelden. Für die Werktagmesse ist keine Voranmeldung nötig.

Tabelle der deutschen Gebäudetypologie

Bild 1: Haustypenmatrix: Baualters- und Größenklassen

Baualtersklasse		EFH	RH	MFH	GMH	HH
		Basis-Typen				
A	... 1859					
B	1860 ... 1918					
C	1919 ... 1948					
D	1949 ... 1957					
E	1958 ... 1968					
F	1969 ... 1978					
G	1979 ... 1983					
H	1984 ... 1994					
I	1995 ... 2001					
J	2002 ... 2009					
K	2010 ... 2015					
L	2016 ...					
Sonderfälle	F/F	1969 ... 1978				
	NBL_D	1946 ... 1960				
	NBL_E	1961 ... 1969				
	NBL_F	1970 ... 1980				
	NBL_G	1981 ... 1985				
	NBL_H	1986 ... 1990				

Erläuterung der Kürzel: EFH = Einfamilienhaus; RH = Reihenhaushaus; MFH = Mehrfamilienhaus; GMH = großes Mehrfamilienhaus; HH = Hochhaus