

Stadtwerke Tübingen GmbH



KfW Energetische Stadtsanierung

Integriertes Quartierskonzept Tübingen

Stadtteil Lustnau

Bietigheim-Bissingen, Juni 2022

in Auftrag gegeben von



Stadtwerke Tübingen GmbH
Eisenhutstraße 6
72072 Tübingen
www.swtue.de

Auftragnehmende



IBS Ingenieurgesellschaft mbH
Flößerstraße 60/3
74321 Bietigheim-Bissingen
www.ibs-ing.com

Bietigheim-Bissingen, 15.07.2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'W. Schuler', written over a light blue grid background.

Wolfgang Schuler

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Gerhard David', written over a light blue grid background.

Gerhard David

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'B. Schoor', written over a light blue grid background.

i. A. Benjamin Schoor

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Philipp Fendrich', written over a light blue grid background.

i. A. Philipp Fendrich



INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	5
2	Zusammenfassung	6
3	Grundlagen Quartier	12
3.1	Geografische Lage	12
3.2	Tübingen-Lustnau	12
3.3	Geschichte	14
3.4	Öffentliche/kirchliche Einrichtungen.....	15
3.5	Bildung	15
3.6	Verkehrsstruktur	15
3.7	Wirtschaft	18
3.8	Naturraum	18
3.9	Hochwasser	19
3.10	Umgebungsärm	20
3.11	Bevölkerungsentwicklung und -struktur	21
3.12	Städtebauliche Bestandsanalyse.....	22
3.13	Quartiersstruktur.....	33
3.14	Rechtliche Gegebenheiten und Voruntersuchungen.....	35
4	Quartiersaufnahme unter energetischen Gesichtspunkten	42
4.1	Grundlagen und Gebäudenutzung	42
4.2	Vorgehensweise.....	44
4.3	Gebäudeaufnahme.....	45
4.4	Heizenergiebedarf Ist-Zustand	47
4.5	Strombedarf	49
4.6	Reduktion des Strombedarfs	51
4.7	CO ₂ -Emissionen im Bestand	52
5	Bauliche Modernisierungsszenarien	54
5.1	Auswahl quartiersrelevanter Gebäude.....	54
5.2	Mehrfamilienhaus – Szenario Referenzgebäude 1	54
5.3	Einfamilienhaus – Szenario Referenzgebäude 2	58
5.4	Baulicher Modernisierungszustand 2030	62
5.5	Baulicher Modernisierungszustand 2050.....	63
5.6	Fortschreitende Modernisierung von Einzelheizsystemen	64
5.7	Übersicht CO ₂ -Einsparung dezentraler Modernisierungsmaßnahmen....	64
6	Solarpotenziale	66
6.1	Analyse der Erzeugungskapazität	66
6.2	Reduktion CO ₂ -Emissionen durch Photovoltaik- und Solaranlagen	67
7	Fernwärmeversorgung im Quartier Lustnau	68
7.1	Untersuchungsgebiet	68
7.2	Wärmeverbrauch.....	68
7.3	Verteilung des Wärmeverbrauchs	69
8	Untersuchung der erneuerbaren Potenziale für Fernwärmeversorgung	71
8.1	Grundlagen der Wärmeversorgung	71
8.2	Wärmenetze in Tübingen sowie geplanter Ausbau.....	72
8.3	Energieoptimierung Kläranlage Nord.....	74
8.4	Abwasserwärmenutzung aus Kläranlage.....	82
8.5	Förderung.....	88
8.6	Investitionskosten.....	89
8.7	Wirtschaftlichkeit	91
8.8	Ausblick Ergänzung Photovoltaik-Anlage auf Freifläche	92
8.9	Zusammenfassung.....	92
9	CO₂-Minderungspotenzial Gesamtquartier	93
10	Umsetzungshemmnisse	97
10.1	Gebäudemodernisierung und Förderkriterien	97
10.2	Psychologische Hemmnisse.....	100
10.3	Fernwärmeversorgung	100

10.4	Soziale und wirtschaftliche Umsetzungshemmnisse.....	101
10.5	Altersstruktur	101
10.6	Zeitraum der Modernisierungen und Baumängel.....	102
10.7	Investitionen zum Wohle des Mieters?	102
11	Sanierungsmanagement und Umsetzungsbegleitung	103
11.1	Aufgaben des Sanierungsmanagements.....	103
11.2	Wirkungskontrolle.....	104
12	Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit.....	105
13	Handlungskonzept und mögliche Abfolge.....	108
14	Maßnahmenkatalog	109

1 Einleitung

Die Universitätsstadt Tübingen engagiert sich seit Jahren im Bereich Umwelt- und Klimaschutz. Im Juli 2019 wurde vom Tübinger Gemeinderat die Zielsetzung beschlossen, dass Tübingen bis 2030 bei den energiebedingten CO₂-Emissionen klimaneutral (netto-null) werden soll. Damit verfolgt die Stadt ein deutlich ambitionierteres Klimaziel als die Bundesregierung.

Das vorliegende Quartier beinhaltet den Stadtteil Lustnau, welcher in nord-westlicher Richtung an die Innenstadt angrenzt. In süd-östlicher Richtung grenzt das Quartier an den Neckar an und endet nach der Kläranlage. Die Gebäude im Quartier dienen dem überwiegenden Zweck der Wohnnutzung.

Das Ziel einer klimaneutralen Energieversorgung kann nur erreicht werden, wenn alle lokalen erneuerbaren Energiepotenziale genutzt werden. Ein großes Potenzial ist die Kläranlage, welche über das Abwasser bisher ungenutzte Wärme an die Umgebung abgibt.

Im Rahmen des KfW-Förderprogramms Nr. 432 „Energetische Stadtsanierung“ werden sowohl Ansätze zur Reduzierung des individuellen Energiebedarfs dargestellt sowie Möglichkeiten zur Umstellung der benötigten Energie auf erneuerbare Energieträger.

Ein Schwerpunkt der Untersuchung stellt dabei die Konzeption zur Nutzbarmachung der Abwasserwärme und die daraus resultierende Primär- und CO₂-Einsparung bei der Fernwärmeversorgung des gesamten Tübinger Stadtgebiets dar. Die bereits vorhandenen Inselnetze zur Wärmeversorgung werden kontinuierlich weiterentwickelt und ausgebaut, um zukünftig den verstärkten Einsatz erneuerbarer Wärmeerzeuger zu ermöglichen.

Das im Zuge der Umsetzung dargestellter Maßnahmen erreichbare CO₂-Einsparpotenzial für das Quartier Tübingen-Lustnau wird ermittelt und im vorliegenden Bericht dargestellt.

Die dargestellten Ziele können nur erreicht werden, indem alle örtlichen Beteiligten einbezogen werden. Die wichtigsten Agierenden im Quartier sind:

1. die Bewohnerschaft
2. die Stadtwerke zur Sicherstellung der Energieversorgung
3. die kommunalen Servicebetriebe der Stadt Tübingen zur Sicherstellung der Abwasserreinigung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung fanden regelmäßige Projektbesprechungen mit den einzelnen Akteuren in Form von Videokonferenzen statt.

Ergebnisse und weiterführende Maßnahmen der Untersuchung sollen der Öffentlichkeit vorgestellt werden, damit Eigentümer_innen bzw. Bewohnende sowie vor Ort engagierte Beteiligte frühzeitig informiert und für das Thema sensibilisiert sowie eingebunden werden. Städtebauliche, aber auch wohnungswirtschaftliche und soziale Aspekte sind ein weiterer Bestandteil der Untersuchung. Mögliche Synergien zwischen ohnehin vorgesehenen Maßnahmen, städtebaulichen und klimaschutz-technischen Aspekten sollen benannt werden.

Weiterhin werden die energetisch-bauliche Gebäudemodernisierung und der Zubau von Photovoltaik-Anlagen thematisiert. Bei Gebäuden mit zentraler Beheizung und Warmwasserbereitung ließen sich primärenergetische Einsparpotenziale auch durch den Zubau solarthermischer Anlagen erschließen. Für Gebäude, die langfristig nicht mit möglicher Wärmeversorgung erschlossen werden können, werden dezentrale Möglichkeiten einer Minderung des gebäudespezifischen CO₂-Ausstoßes aufgezeigt.

2 Zusammenfassung

Die Gebäude innerhalb der Quartiersgrenzen wurden einzeln in Augenschein genommen, um Ableitungen hinsichtlich des jeweiligen energetischen Standards treffen und erfassen zu können. Hierbei wurden bereits durchgeführte energetische Modernisierungsmaßnahmen aufgenommen und bereits vorhandene solarthermische Anlagen und PV-Anlagen sowie Hinweise, die auf den Einsatz von Brennwertechnik oder die Nutzung regenerativer Brennstoffe hindeuten, registriert.

Das Quartier wurde weiterhin in städtebaulicher Hinsicht (vgl. in Kapitel 3) untersucht. Der Bericht umfasst u. a. Analysen und entsprechende Handlungsempfehlungen, die in Abschnitt 3.14.8 aufgeführt sind.

Wärmebedarf

Auf Basis vorliegender Verbrauchsdaten für öffentliche Gebäude und auf Basis des vor Ort erhobenen Gebäudebestands wurde aus den Berechnungen gemäß Kapitel 4.4 ein **Gesamtwärmebedarf des Quartiers** für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung von rund

55.040 MWh pro Jahr

ermittelt.

Der errechnete Anteil der Wohngebäude beträgt 48.983 MWh/a. Der Anteil der kommunalen Gebäude mit 3.615 MWh/a basiert auf Verbrauchsangaben. Die zusätzlichen Verbräuche für Gewerbe, Handels-, Dienstleistungs- und Industriegebäude summieren sich auf 2.368 MWh/a, sonstige Gebäude, welche nicht den zuvor genannten Kategorien zuzuordnen sind, benötigen rund 69 MWh Wärme. Die jeweiligen Anteile sind in Abb. 1 dargestellt.

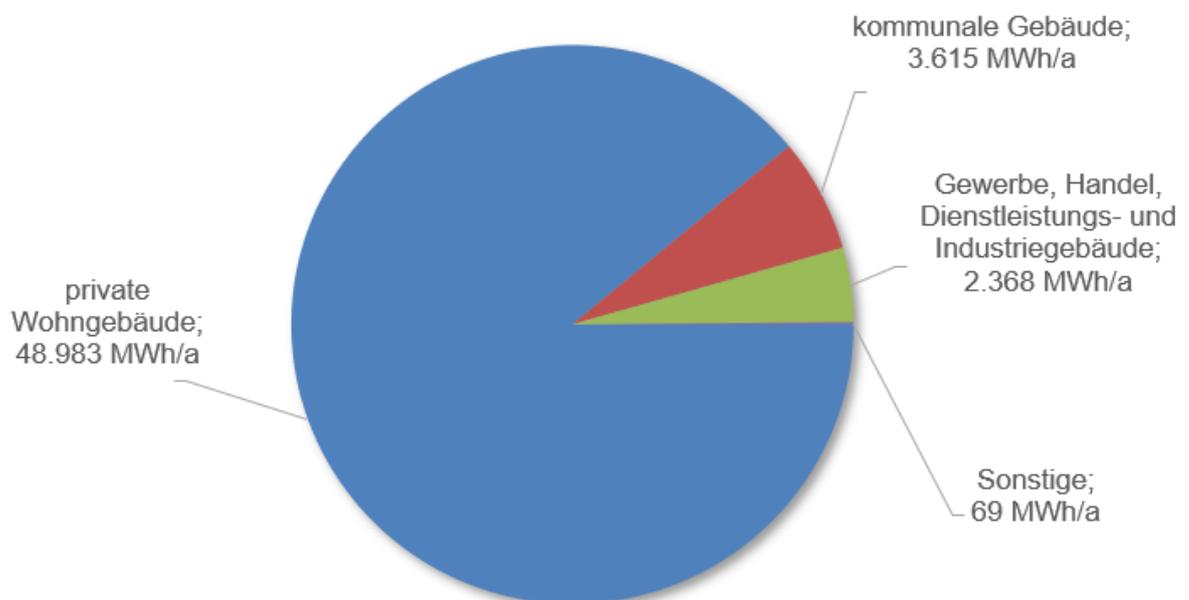


Abb. 1: Gesamtwärmebedarf für Beheizung und Warmwasserbereitung des Quartiers (rund 55.040 MWh/a)

Endenergieverbrauch Wärmeerzeugung

Im Rahmen der Umwandlung des jeweils eingesetzten Energieträgers zu nutzbarer Wärme entstehen Erzeugungsverluste – beispielsweise bedingt durch den Nutzungsgrad des verwendeten Heizkessels. Hinzuzurechnen sind weiterhin Verluste bei der Bevorratung von Wärme in Warmwasserspeichern (Bereitstellungsverluste) und Verluste des Verteilsystems (z. B. Heizungsleitungen in unbeheizten Bereichen).

Der energieträgerbezogene **Endenergiebedarf des Gesamtquartiers** (ohne Hilfsstrom für z. B. Brenner, Heizungspumpen und Steuerungen) errechnet sich für das Quartier auf jährlich rund

64.570 MWh.

Der ermittelte Endenergiebedarf wird durch verschiedene Energieträger gedeckt.

Das Schaubild in Abb. 2 zeigt die Aufschlüsselung des angesetzten Energieträgermixes, wie er für die Bilanzierung des CO₂-Ausstoßes herangezogen wird.

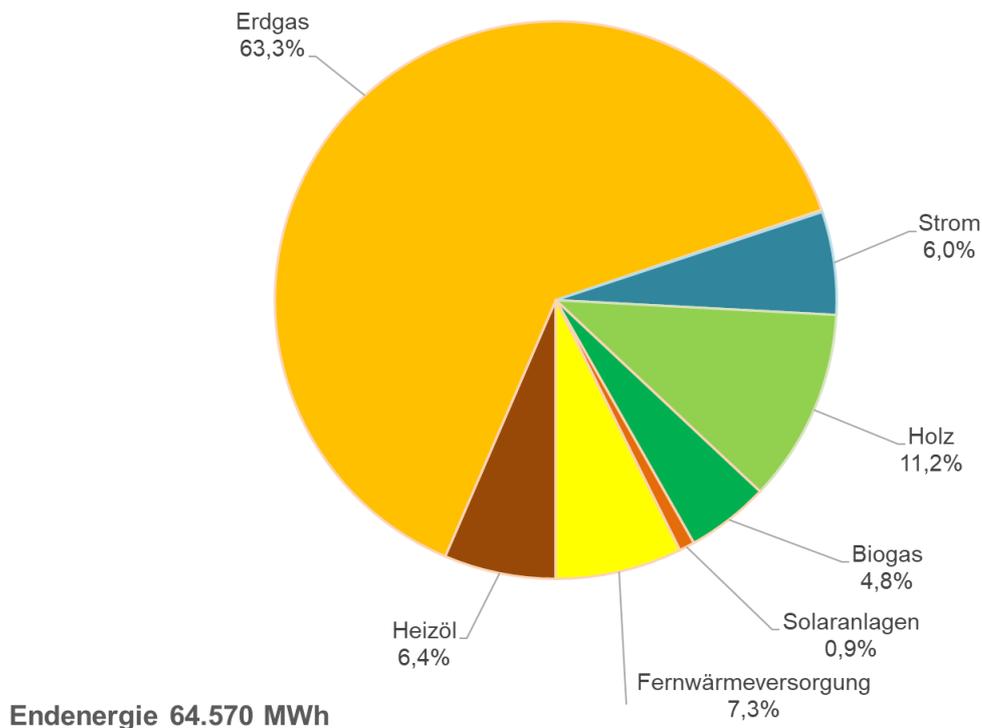


Abb. 2: grafische Aufteilung des Energieträgermixes im Gebäudebestand

Quantitativ ergibt sich folgender energieträgerspezifische Endenergieverbrauch für die Wärmeerzeugung:

Endenergie	MWh/a	prozentuale Aufteilung
Heizöl	4.160	6,5%
Erdgas	40.880	63,3%
Flüssiggas	80	0,1%
Strom	3.850	6,0%
Holz	7.230	11,2%
Biogas	3.090	4,8%
Solaranlagen	580	0,9%
Fernwärmeversorgung	4.700	7,3%
Summe	64.570	100,0%

Der Energiebedarf der Wohngebäude resultiert aus einer im Quartier vorhandenen, durch die beheizten Gebäudebereiche der Wohngebäude überbauten Grundfläche von rund

248.000 m²,

während die beheizte Wohnfläche mit rund

462.000 m²

errechnet wurde. Bezogen auf den Wärmebedarf der Wohngebäude im Quartier errechnet sich daraus ein durchschnittlicher Bedarfswert von 106 kWh/m²a.

Bezogen auf den Endenergiebedarf der Wohngebäude errechnet sich der spezifische Bedarf für Heizung und Warmwasser zu 124 kWh/m²a.

Gebäudebezogene Sanierungskonzepte

An Beispielen für ein typisches Mehrfamilienhaus sowie für ein Einfamilienhaus im Quartier wurden die Einsparpotenziale einer energetisch-baulichen Modernisierung bezogen auf den CO₂-Ausstoß und den Wärmebedarf errechnet. Die mit den Modernisierungsmaßnahmen verbundenen Investitionskosten werden dargestellt und mit der zu erwartenden Energieeinsparung sowie möglichen Zuschüssen bzw. Förderungen in Form einer Kapitalrückflussrechnung betrachtet.

Fernwärmeversorgung

Die bereits vorhandenen Anlagen zur Wärmeversorgung im gesamten Stadtgebiet von Tübingen tragen ihren Teil dazu bei, den CO₂-Ausstoß bereits heute zu verringern. Die Wärmenetze Innenstadt, Südstadt und Alte Weberei sollen zukünftig weiter ausgebaut und zu einem Netzverbund zusammengeschlossen werden. Damit kann **der Ersatz vorhandener fossiler Energieerzeugungsanlagen an wenigen zentralen Stellen erfolgen.**

Im 8. Kapitel werden zwei Konzepte zur Optimierung der Energienutzung auf der Kläranlage beschrieben. Das erste Konzept beinhaltet die Kläranlage sowie das daraus versorgte Fernwärmegebiet „Alte Weberei“ und stellt die Erneuerung der Energieerzeugung mit einer Optimierung der Energieflüsse auf der Kläranlage dar.

Das zweite Konzept beschreibt eine Möglichkeit zur Nutzung des Potenzials im Abwasser für die Fernwärmeversorgung des geplanten Netzverbundes Süd und trägt damit einen

wesentlichen Anteil zur Transformation der Wärmeerzeugungsanlagen hin zu einer vollständig erneuerbaren Wärmeversorgung durch Fernwärme bei.
Im geplanten Endausbau des Erzeugungskonzepts kann eine Wärmemenge von

63.000 MWh/a

in das Wärmenetz eingespeist werden.

Solarpotenzial

Für die **Nutzung solarer Energie zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung** wurde das Potenzial im Untersuchungsgebiet ermittelt. Durch die nutzbare Wärmeenergie in Höhe von rund

7.347 MWh_{therm}/a

(15 % des Gesamtwärmebedarfs der Wohngebäude)

könnte durch Verdrängung des bislang vorliegenden Energieträgermixes von 0,218 t/MWh eine CO₂-Einsparung von

1.620 t CO₂/a

erreicht werden.

Werden alle zur Verfügung stehenden Dachflächen für den Zubau von **Photovoltaik-Anlagen** genutzt, führt dies zu einer jährlich erzeugbaren Strommenge von rund

18.300 MWh_{el}/a,

was unter Berücksichtigung des heute anliegenden CO₂-Verdrängungsfaktors im bundesdeutschen Strom-Mix (entsprechend Kapitel 4.7) zu einer CO₂-Einsparung führt von rund

15.700 t/a.

Bei einer bis zum Jahr 2050 angenommenen Belegung von 30 % der geeigneten Hausdachflächen mit **PV-Modulen** ergibt sich demnach eine jährliche Einsparung von rund

4.700 t CO₂/a.

CO₂-Einsparpotenziale

Unter Berücksichtigung bereits getätigter Modernisierungsmaßnahmen wurden für die Jahre 2030 und 2050 die bis dato voraussichtlich erreichten bzw. erreichbaren Einsparpotenziale durch bauliche Modernisierungsmaßnahmen an den Gebäuden ermittelt. Es wurde dabei die derzeitige Sanierungsquote von rund 1 % für die zukünftigen Sanierungen angenommen. Durch den prognostizierten Rückgang des Wärmebedarfs wurde ein CO₂-Einsparpotenzial durch **bauliche Modernisierungsmaßnahmen** für das Jahr 2050 von rund

2.800 t CO₂/a

in Bezug auf den heutigen Zustand errechnet (siehe Abb. 3). Die Berechnungen fußen dabei auf den heute im Quartier zur Deckung des Wärmebedarfs herangezogenen Energieträgermix. Parallel zu den baulichen Modernisierungsmaßnahmen können **Einzelheizungsmodernisierungen** in den einzelnen Gebäuden, welche nicht an die Fernwärmeversorgung angeschlossen werden, die CO₂-Einsparung quartiersbezogen um rund

2.100 t CO₂/a

steigern. Durch die Erweiterung der **Fernwärmeversorgung** im Quartier könnten die CO₂-Emissionen zusätzlich um rund

6.000 t CO₂/a

im Vergleich zum Heizungsbestand gesenkt werden. Durch eine **Reduzierung des Stromverbrauchs** im Quartier gemäß dem Ziel der Landesregierung (Reduzierung um 21 % bis zum Jahr 2050) ergibt sich ein CO₂-Einsparpotenzial von rund

1.300 t CO₂/a.

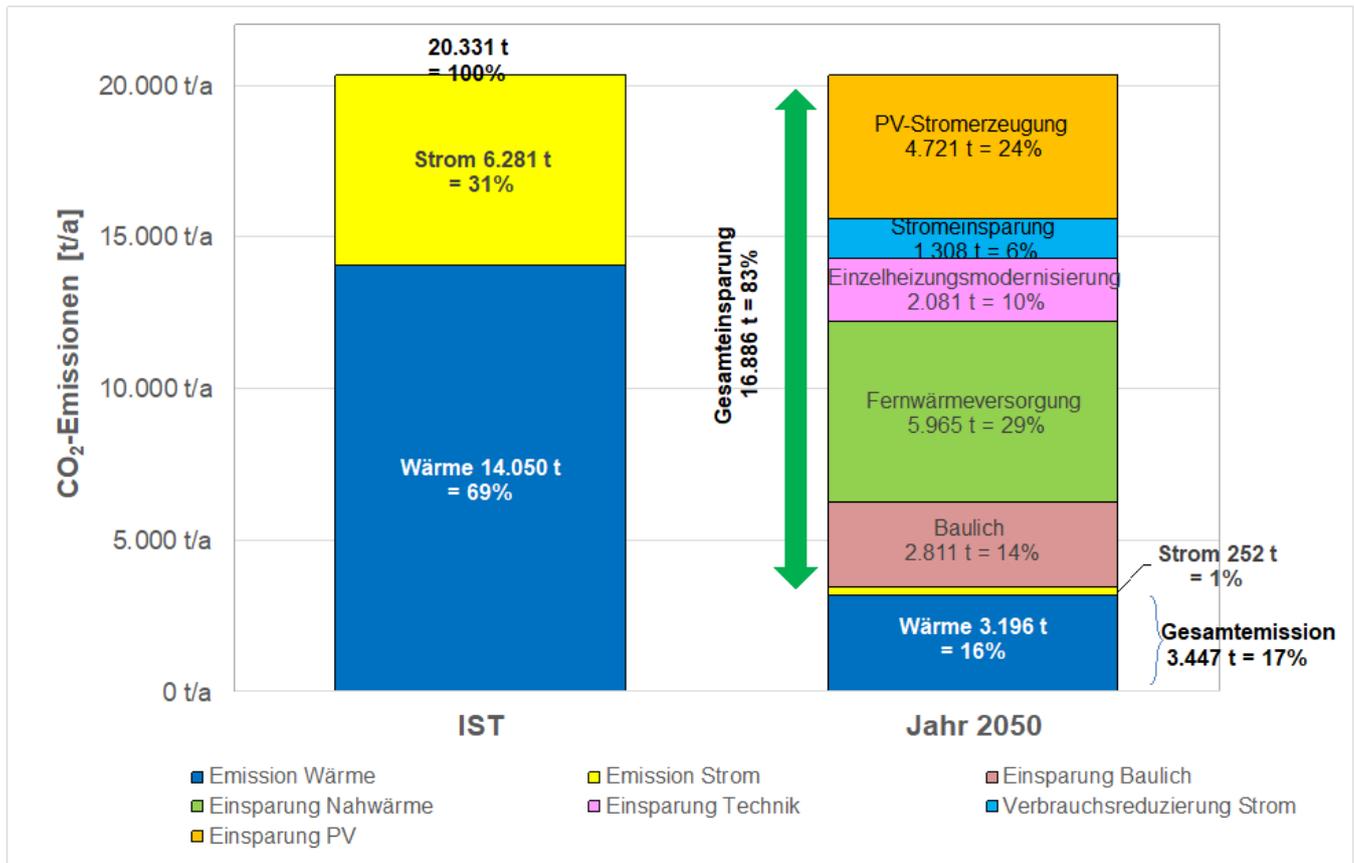


Abb. 3: CO₂-Emissionen und Einsparpotenziale Wärme und Strom

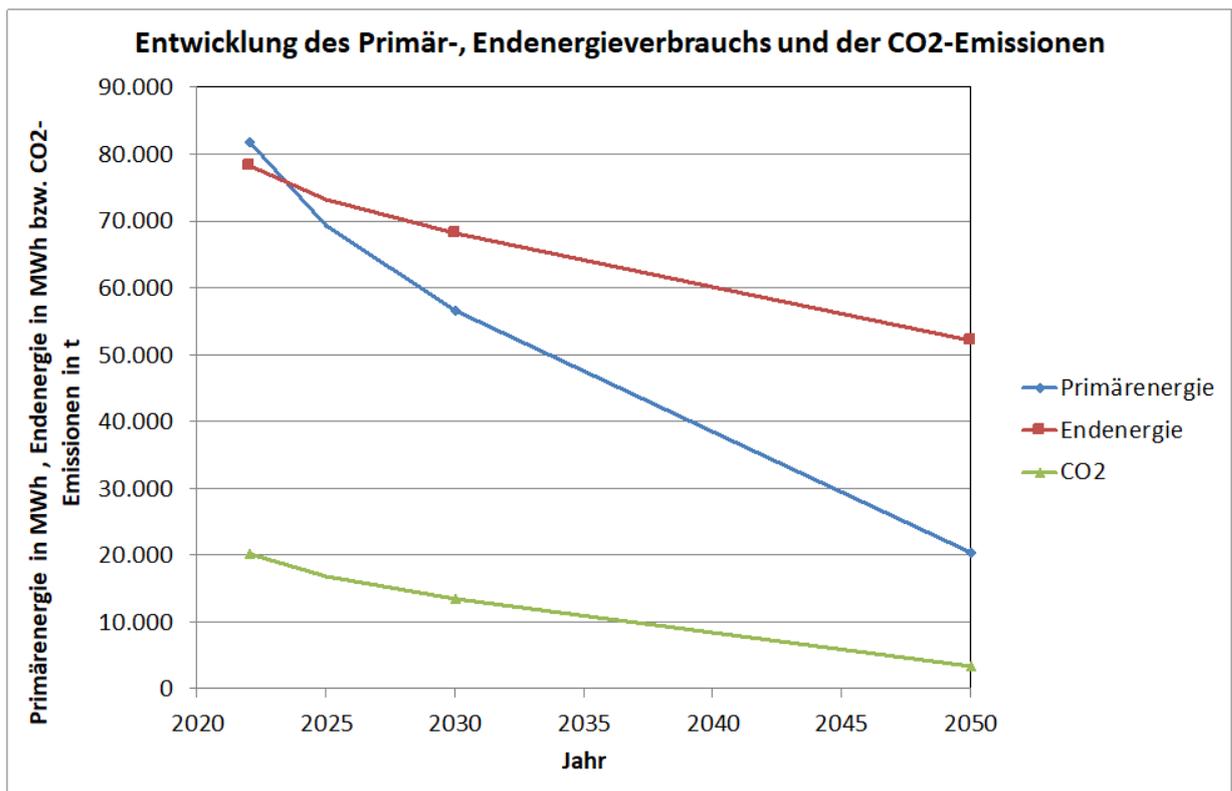


Abb. 4: mögliche Entwicklung Primär-, Endenergie [MWh/a] und CO₂-Emission [t/a]

Jahr	2022	2030	2050
Primärenergie	81.899 MWh/a	56.699 MWh/a	20.506 MWh/a
Endenergie	78.297 MWh/a	68.308 MWh/a	52.119 MWh/a
CO ₂	20.331 t/a	13.482 t/a	3.447 t/a

Das Quartierskonzept umfasst weiterhin in Kapitel 14 Hinweise zur Priorisierung von Umsetzungsmaßnahmen. Lösungsansätze zum Abbau von Umsetzungs hemmnissen werden in Kapitel 10 benannt. Ebenso sind in Kapitel 11 u. a. Hinweise zur Implementierung sowie der möglichen Aufgabenstellung eines KfW-geförderten Sanierungsmanagements enthalten.

3 Grundlagen Quartier

3.1 Geografische Lage

Tübingen ist eine südlich von Stuttgart am Neckar gelegene Universitätsstadt in Baden-Württemberg. Sie liegt im mittleren Neckartal zwischen Nordschwarzwald und Schwäbischer Alb. Der Goldersbach und die Ammer, wie auch die Steinlach, münden innerhalb des Stadtgebietes in den Neckar.

Tübingen erstreckt sich vom niedersten Punkt im östlichen Neckartal mit 307 m üNN bis 515 m üNN im Stadtteil Hagelloch. Im Norden schließt unmittelbar der Naturpark Schönbuch an. Von den Höhenlagen Tübingens eröffnet sich der Blick auf die Ausläufer der Schwäbischen Alb im Süden. Die Gemarkungsfläche umfasst insgesamt ca. 108 km².

Die Stadt ist Sitz des Landkreises Tübingen sowie des gleichnamigen Regierungsbezirkes. Sie gehört zur Neckar-Alb Region und ist mit ca. 90.000 Einwohnern und einem Altersdurchschnitt von nur ca. 40 Jahren eine der jüngsten Städte Deutschlands. Knapp ein Drittel der Bevölkerung ist den Studierenden der 1477 gegründeten Eberhards-Karl-Universität zuzurechnen.

Tübingen ist in 23 Stadtteile eingeteilt, teilweise mit eigenen Ortsvorsteher_innen und Ortschaftsräten.

Quellen: Wikipedia, Homepage Tübingen

3.2 Tübingen-Lustnau

Lustnau, mit ca. 11.000 Bewohnern, erstreckt sich nördlich des Neckars auf einer Gemarkungsfläche von 14,32 km² im Osten der Stadt Tübingen und ist der größte der Tübinger Stadtteile. Es liegt im Dreieck der Zusammenläufe des Golderbachs und der Ammer sowie des Zuflusses der Ammer in den Neckar. Von Norden erstrecken sich die Ausläufer des Schönbuchs bis in den Stadtteil hinein. Die Erhebung des Herrlesbergs reicht bis an die Ufer des Neckars heran.

Wie der Stadtteil Derendingen verfügt auch Lustnau über eine eigene Ortschaftsverfassung, einen Ortsbeirat und eine Verwaltungsstelle der Stadt.

Das Untersuchungsgebiet, wie auf Abb. 5 dargestellt, ist geprägt von Wohnnutzung, wenigem Einzelhandel und Handwerks- und Gewerbebetrieben. Südöstlich des Neckars befindet sich außerdem die Tübinger Kläranlage.

Quellen: Wikipedia, Homepage Tübingen



Abb. 5: Tübingen-Lustnau mit Abgrenzung Untersuchungsgebiet (Quelle: google earth, bearbeitet)

Das Untersuchungsgebiet, wie auf Abb. 5 dargestellt, wird westlich durch die Ortsdurchführung der Stuttgarter Straße, von der B27 kommend und Richtung Bebenhausen führend, begrenzt. Im Norden schließen die Ausläufer des Naturparks Schönbuch an, im Osten die bewaldeten Südhänge zum Neckar und die Richtung des Stadtteils Pfrondorf führende Pfrondorfer Straße. Im Süden begrenzt der Neckar mit seinen von Bebauung frei gehaltenen Flussauen das Gebiet.

Der Stadtteil ist nach Abb. 6 in die Stadtteilviertel 021 Zentrum, 021 Herrlesberg/Stäudach, 022 Denzenberg und 022 Sand (beide westlich und außerhalb des Untersuchungsgebietes), 023 Neuhalde, 0269 Aeule und Alte Weberei gegliedert.

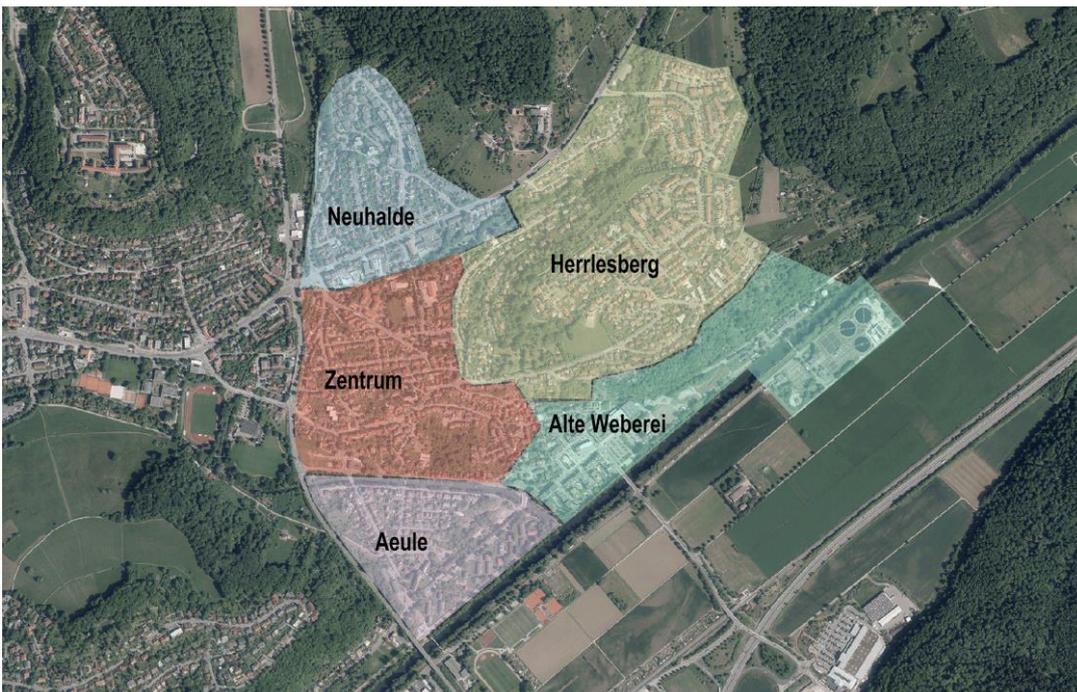


Abb. 6: Tübingen-Lustnau, Stadtbezirke (schematisch) (Quelle: Luftbild Geoportal BW, bearbeitet)

3.3 Geschichte

Die Ursprünge Lustnaus gehen wahrscheinlich auf eine alemannische Besiedlung aus dem 7. Jahrhundert zurück. Urkundlich erwähnt ist es erstmals 1100 als das eigenständige Dorf „Lustinowe“. Ursprünglich in der Hand des Pfalzgrafen von Tübingen, wurde das Dorf nach und nach an das Kloster Bebenhausen übereignet.

Bis in die Neuzeit war die Haupteinnahmequelle der Wein- und Ackerbau. Erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts verdrängte der Hopfenanbau weitgehend den Weinanbau. Im 20. Jahrhundert übernahm die wachsende Wohnnutzung die bislang landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Nach der Auflösung des Klosteramtes Bebenhausen wurde Lustnau 1807/08 dem Oberamt Tübingen zugeschlagen. Die Eingemeindung nach Tübingen erfolgte im Jahr 1934. In den 1980er Jahren wurde begonnen, auch die ehemaligen landwirtschaftlich genutzten Flächen auf dem Herrlesberg zu bebauen.

Insbesondere die Frottierweberei Egeria und die Metallwarenfabrik BeKa trugen bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einer hohen Zahl an Arbeitsplätzen im Stadtteil bei. Nach der Insolvenz der Frottierweberei wurde 2009 für das ehemalige Betriebsgelände ein städtebaulicher Wettbewerb ausgeschrieben. Das neue Quartier „Alte Weberei“, welches im großen Teil von 2011 bis 2015 realisiert wurde, soll neben Wohnraum für bis zu 1.000 Personen auch bis zu 150 Arbeitsplätze vor Ort schaffen.

In direkter Nachbarschaft zur Alten Weberei entsteht derzeit auf dem ehemaligen Gelände der Zementfabrik Queck (ca. 2,4 Hektar) ein neues Siedlungsgebiet mit einem Wohnanteil von 90 %. Das Gelände befindet sich, wie auf der Karte auf Abb. 7 zu sehen, auf einer Aufschüttung aus den 1930er Jahren des ursprünglichen Verlaufs des Neckars.

Quellen: Wikipedia, Homepage Tübingen

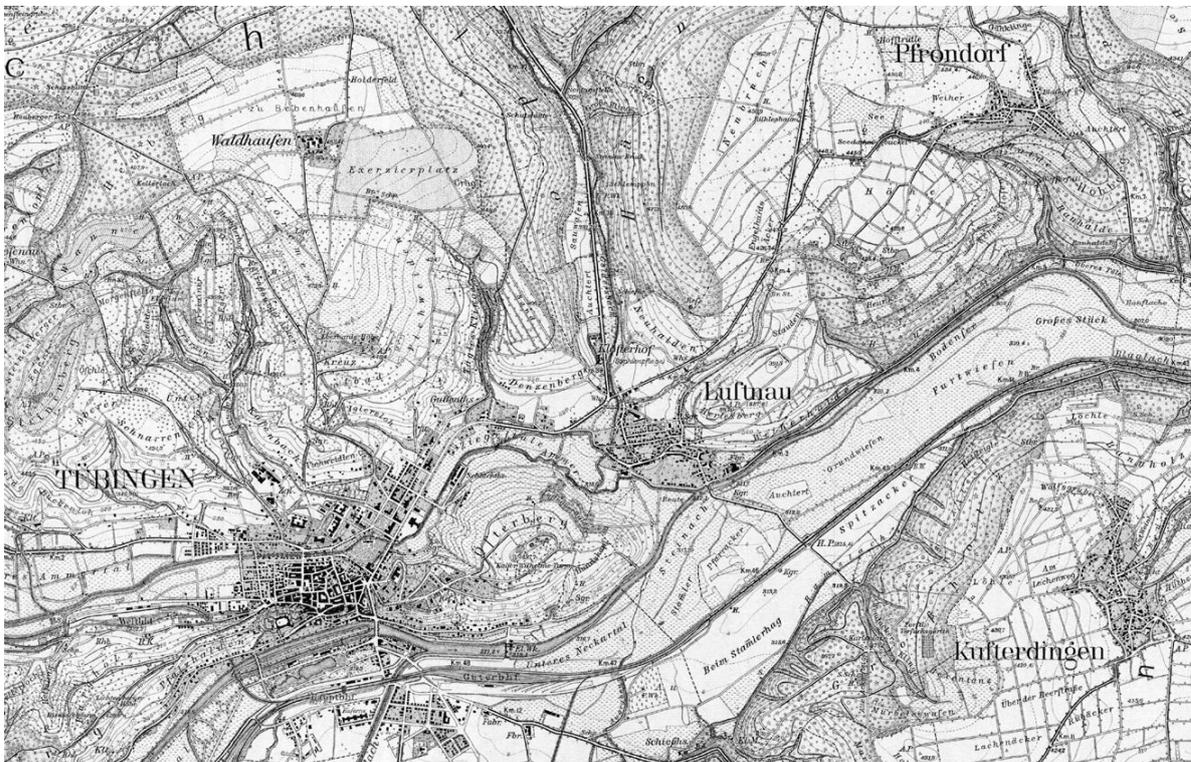


Abb. 7: Tübingen, Lustnau und Pfrondorf 1912

(Quelle: Homepage Stadt Tübingen)

3.4 Öffentliche/kirchliche Einrichtungen

Lustnau hat als Geschäftsstelle der Stadtverwaltung ein eigenes Bürgerbüro in der Steige 14. Am Lustnauer Kirchplatz 7 befindet sich die Evangelische Kirche und angrenzend das zugehörige Pfarramt.

Die katholische St. Petrus Kirche befindet sich in der Pfrondorfer Straße 24, angrenzend an das zugehörige katholische Pfarramt.

Im Untersuchungsgebiet sind 6 Kindergärten bzw. Kinderhäuser untergebracht. Zwei kommunale Kindergärten, die Lustnauer Kinderkiste e. V., das Kinderhaus Neuhalten, das Kinderhaus Herrlesberg und der Naturkindergarten Waldschafe e. V. Der Friedhof mit Aussegnungshalle befindet sich zentral gelegen an der Friedhofstraße.

Als weitere öffentliche Einrichtung befindet sich am Bläsiberg im historischen Klosterhof das Therapiezentrum der Drogenhilfe Tübingen.

Ebenfalls innerhalb des Untersuchungsgebietes ist am nordöstlichen Rand, direkt am Neckarufer, die Kläranlage für Tübingen angesiedelt.

3.5 Bildung

Die Dorffackerschule an der Neuhaltenstraße 2 ist die zentrale Ganztages-Grundschule für Lustnau.

Eine Außenstelle der Dorffackerschule stellt die Köstlinschule dar, welche Richtung Kernstadt außerhalb des Untersuchungsgebiets liegt.

Weiterführende Schulen befinden sich in Tübingen südlich des Zentrums in der Nähe des Hauptbahnhofs.

3.6 Verkehrsstruktur

3.6.1 Einbindung in die Umgebung

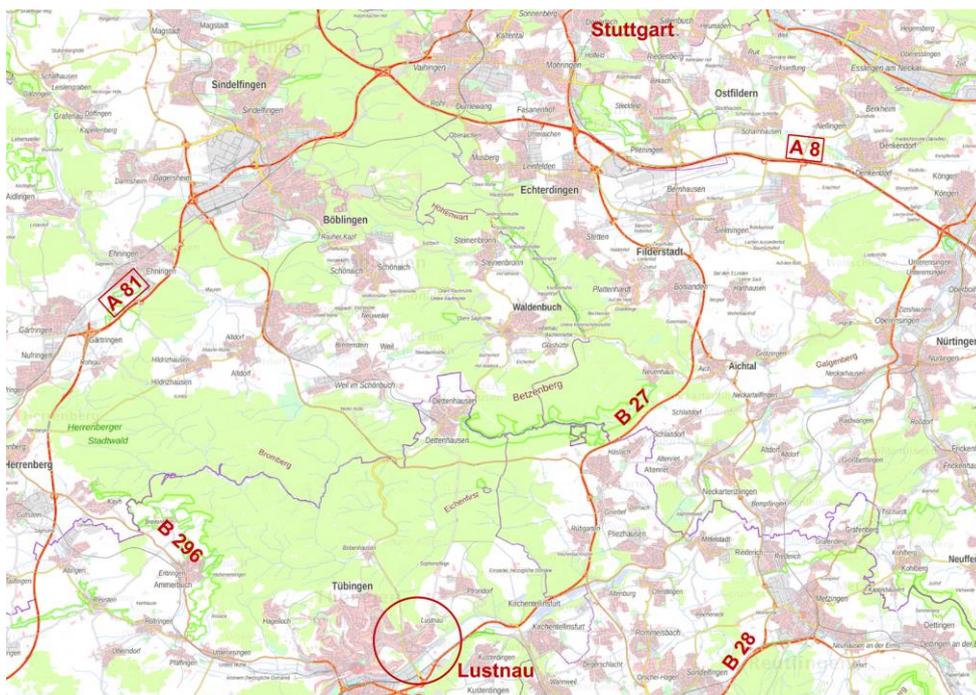


Abb. 8: Verkehrserschließung Lustnau

(Quelle: Geoportal BW, bearbeitet)

Lustnau ist über die auf der Westseite verlaufende Stuttgarter Straße zum einen unmittelbar an die B27 angebunden, welche Richtung Norden nach Stuttgart, Richtung Süden nach Hechingen, Balingen und Rottweil weiterführt. Zum anderen wird über die B27 die B28 Richtung Reutlingen im Südosten erreicht. Weiterhin ist Tübingen über die B296 an die parallel zur B27 in Nord-Südrichtung verlaufende A81 angebunden, wie auf Abb. 8 dargestellt.

Die Stuttgarter Straße führt im weiteren Verlauf nach Norden als Bebenhäuser Straße und L1208 (alte B27) über Dettenhausen und Waldenbuch ebenfalls Richtung Stuttgart. In Ost-Westrichtung durchquert die Pfrondorfer Straße den Stadtteil. Über diese erreicht man Richtung Osten den außerhalb liegenden Stadtteil Pfrondorf. Richtung Westen bindet die im weiteren Verlauf Wilhelmstraße genannte Achse parallel zur Ammer verlaufend das historische Zentrum Tübingens an.

Eine für die Erschließung ebenfalls maßgebende Rolle stellen die südlich verlaufende Gartenstraße und Nürtinger Straße dar, welche zum einen das neue Quartier „Alte Weberei“ erschließen, zum anderen über die Neckarbrücke der Kusterdinger Straße einen zweiten Anschluss an die südlich verlaufende B27 herstellen. Ebenfalls über die Kusterdinger Straße wird die Bahn-Haltestelle Tübingen-Lustnau erreicht, welcher an der Bahnstrecke Tübingen-Reutlingen-Stuttgart sitzt.

3.6.2 Verkehrserschließung im Untersuchungsgebiet



Abb. 9: Verkehrserschließung Untersuchungsgebiet (Quelle: Luftbild Geoportale BW, bearbeitet)

Die Haupterschließungsstraßen im Untersuchungsgebiet sind die im Norden Richtung Pfrondorf verlaufende Pfrondorfer Straße und im Westen die Stuttgarter Straße, welche den Neckar quert und an die B27 anbindet.

Das Quartier auf dem Herrlesberg wird über die Friedhofstraße und die Steinbößstraße bzw. im Nordwesten von der Pfrondorfer Straße aus erschlossen. Das Quartier Neuhalten im Norden wird ebenfalls über die Pfrondorfer Straße und intern über die Victor-Renner-Straße und Anna-Bosch-Straße erreicht.

Die Dorfackerstraße auf der Nordseite und die Dorfstraße sowie der Hohlweg im Süden umschließen schließlich das historische Zentrum Lustnau, wie auf der Karte auf Abb. 9 eingezeichnet.

Über die Nürtinger Straße und die parallel am Neckar verlaufende Gartenstraße werden die Bezirke Aeule und Alte Weberei erschlossen. Außerdem wird die Alte Weberei von Südosten über die Kusterdinger Straße erreicht. Diese führt zum Lustnauer Bahnhof und bildet dort eine zweite Anbindung an die B27.

3.6.3 ÖPNV

Der Anschluss an das Tübinger Verkehrsnetz und das Bahnnetz erfolgt über den Busverkehr der Linien 1, 7 und 22. Haltestellen befinden sich im Westen des Quartiers im Kreuzungsbereich der Stuttgarter Straße und Pfrondorfer Straße sowie der Dieselstraße und Dorfackerschule und dienen den Bereich rund um das alte Zentrum an.

Die neueren Quartiere Neuhalten im Norden und der Herrlesberg werden ebenfalls mit den Linien 1 bzw. 22 über mehrere Bushaltestellen ungefähr im 15 - 20 Minutentakt angefahren. Die Linie 7, welche weiter nach Pfrondorf führt, hat 4 Haltestellen an der Pfrondorfer Straße. Der südliche Rand des Untersuchungsgebietes mit der Gartenstraße und dem Quartier Neue Weberei wird über die Haltestelle Nürtinger Straße der Linie 22 und die Haltestelle Egeriaplatz erreicht.

Ebenfalls vom Egeriaplatz aus wird der südlich der Neckars gelegene Bahnhof Lustnau in ca. 800 m Entfernung (und außerhalb des Untersuchungsgebietes gelegen) angefahren. Über diesen erfolgt eine Anbindung an das Netz der Deutschen Bahn zum Hbf Tübingen und auch Richtung Stuttgart und Reutlingen. Der aktuelle Linienplan ist in Abb. 10 dargestellt. Durch den Aufbau der Regionalstadtbahn Neckar-Alb, wird der neue Bahnhof Lustnau in einigen Jahren außer Betrieb und der neue, weiter westlich liegende Bahnhof „Neckaraue“ in Betrieb genommen werden. Zudem ist geplant, eine Schnellbuslinie „X20“ vom Bahnhof zum Technologiepark im Norden Tübingens zu führen. Der Schnellbus soll unter anderem im Quartier „Alte Weberei“ und an der Haltestelle „Linsenbergstraße“ halten.

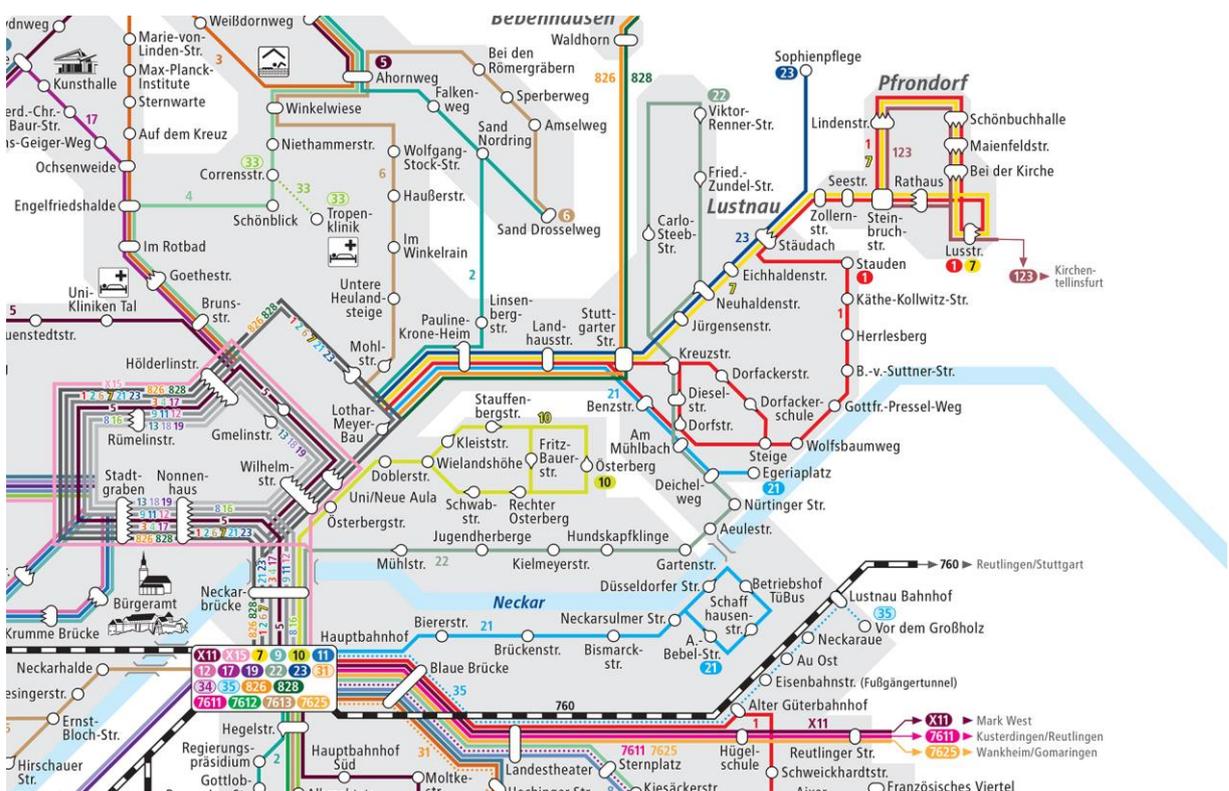


Abb. 10: Linienplan öffentlicher Nahverkehr

(Quelle: Stadtwerke Tübingen, 2021)

3.6.4 Fußverkehrs- und Radwegeverbindungen

Das Untersuchungsgebiet ist, ausgenommen die tangierende Stuttgarter Straße, wenig von Durchgangsverkehr belastet. Rad Fahrende können sich weitgehend ungefährdet auf den Straßen fortbewegen. Viele Straßen im Zentrum Lustnaus sind bereits verkehrsberuhigt. Für die Alberstraße stehen bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung und Verbesserung der Radwege- und Businfrastruktur an.

Im Radwegeplan der Stadt Tübingen sind die am Neckar verlaufende Gartenstraße im Süden mit einer Weiterführung entlang der Kusterdinger Straße und die Radwegeverbindung Richtung Pfrondorf durch den alten Kirchgraben als Hauptradwegeachsen ausgewiesen. Eine Übersicht der Radwege ist auf Abb. 11 zu sehen.

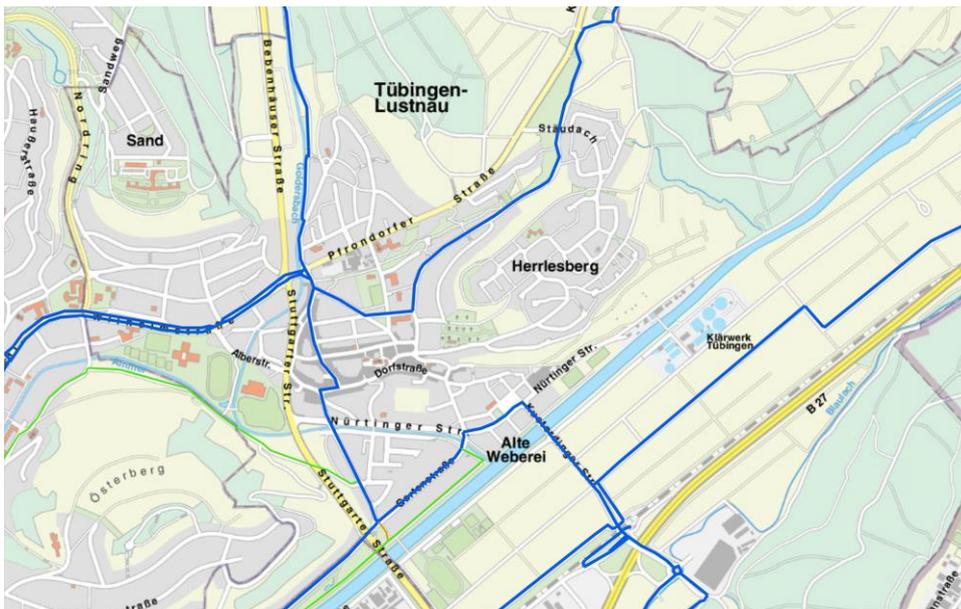


Abb. 11: Radwegeverbindungen

(Quelle: Homepage der Stadt Tübingen, 2022)

Zudem ist geplant, einen Ersatzneubau für den Bankmannsteg zu errichten, der als Fuß-/Radwegebrücke (mit Rampen) ausgestaltet sein soll.

3.7 Wirtschaft

Der Stadtteil Lustnau ist geprägt von Wohnnutzungen. Seit der Aufgabe der Textil- und Metallwarenproduktion im Stadtteil beschränkt sich die Gewerbenutzung auf kleinere Handwerksbetriebe und Dienstleistungen. Insbesondere in der Altstadt und am Neckarufer findet sich ein reichhaltiges Angebot an gastronomischen Betrieben und Lieferservices. Im Lustnauer Zentrum befindet sich an der Dorfackerstraße ein 1983 gebautes Ladenzentrum.

3.8 Naturraum

Die Ausläufer des Schönbuchs beginnen unmittelbar an der nördlichen Bebauung der Stadtteile Herrlesberg und Neuhalde. Dieses Waldgebiet ist als Naturpark und Vogelschutzgebiet ausgewiesen.

Ebenfalls als Waldbiotop und Vogelschutzgebiet ist der parallel zum nördlichen Ufer des Neckars verlaufende Naturpark dargestellt.

Im Untersuchungsgebiet selbst sind die naturnahen steilen Südhänge zwischen der Nürtinger Straße im Tal und dem Wohngebiet Herrlesberg als Offenlandbiotop geschützt. Ebenso sind

Teile der Neckarufer als Schutzzonen ausgewiesen. Auf Abb. 12 sind die verschiedenen Schutzzonen farblich gekennzeichnet und dargestellt.

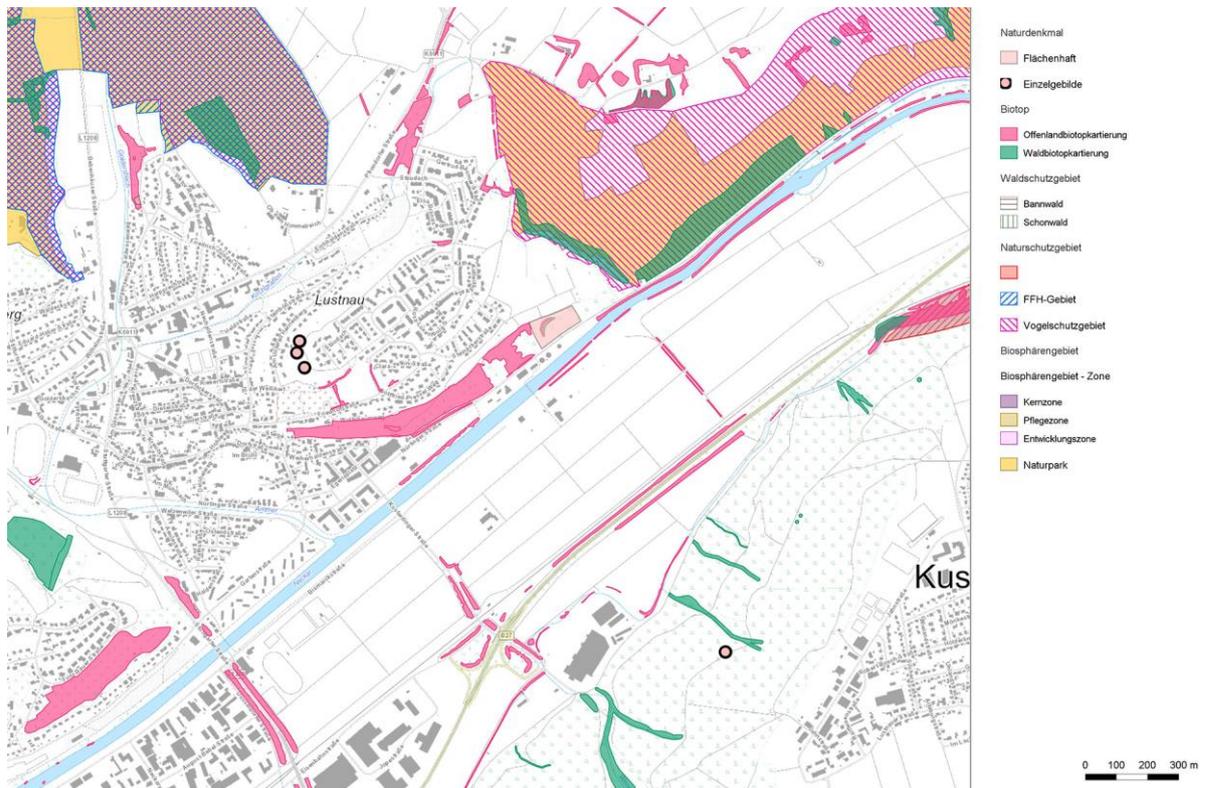


Abb. 12: Schutzgebiete Lustnau

(Quelle: LUBW Download, 2021)

3.9 Hochwasser

Das Untersuchungsgebiet schließt unmittelbar an die Neckarauen und den Zusammenfluss der Gewässer Goldersbach und Ammer im Bereich der Stuttgarter Straße an. Dadurch ist das Wohngebiet nördlich der Nürtinger Straße und der Ammer als „HQ100“ Gefahrenggebiet, südlich der Ammer als „HQ extrem“ kartiert. Die Einstufung der Risikogebiete ist auf Abb. 13 dargestellt.

Durch die aufwendige Einrichtung eines Hochwasserschuttores und das mögliche Fluten der nördlich gelegenen Bebenhäuser Wiesen sollen seit 2012 schwere Überflutungen verhindert werden.

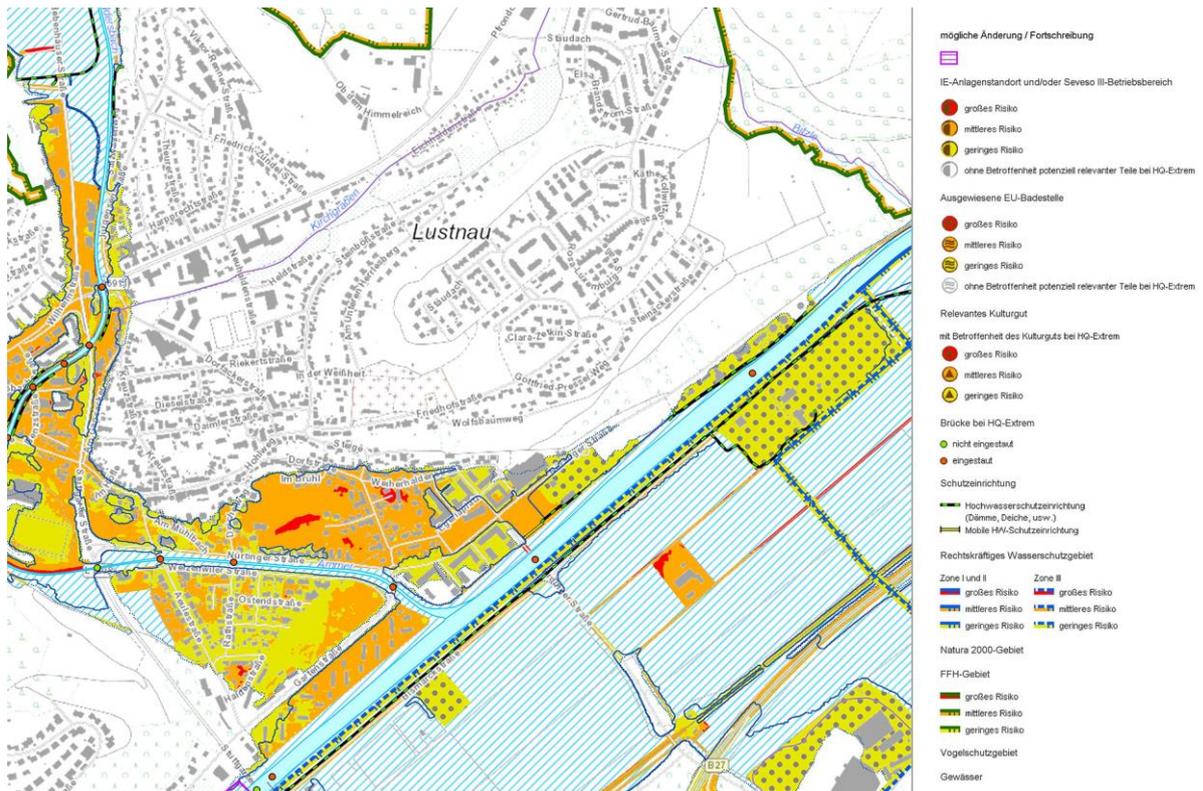


Abb. 13: Hochwasser Risikobewertungskarte Ausschnitt Lustnau (Quelle: LUBW Download, 2021)

3.10 Umgebungslärm

Gemäß der Verkehrslärmkartierung von 2017 wirken sich die Emissionen ausgehend von der B27 nicht nachteilig auf das Stadtgebiet von Lustnau aus. Abhängig von der Tageszeit und Windrichtung sind jedoch abweichend von dieser Erhebung die südlichen Hanglagen einer zeitweiligen Lärmbelastung ausgesetzt.

Ebenso sind die Bereiche um die Stuttgarter Straße durch das hohe Verkehrsaufkommen starken Lärmemissionen ausgesetzt, wie auf Abb. 14 dargestellt.

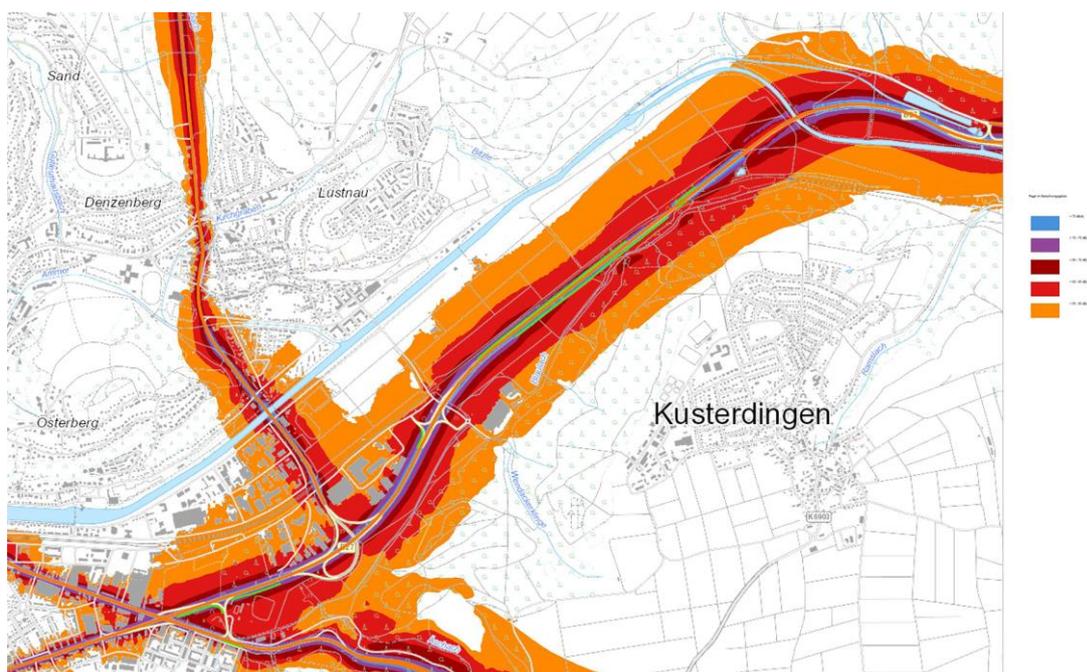
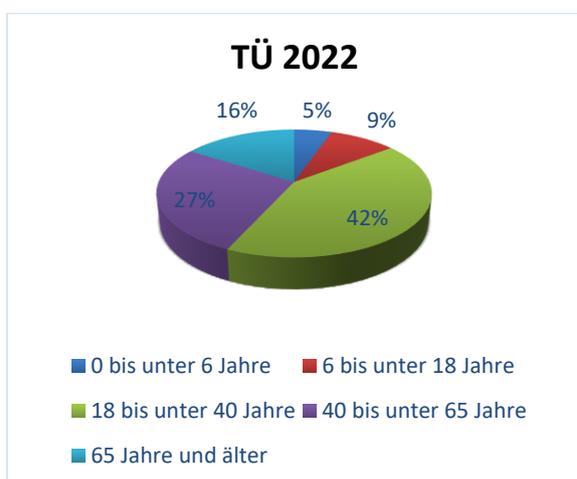
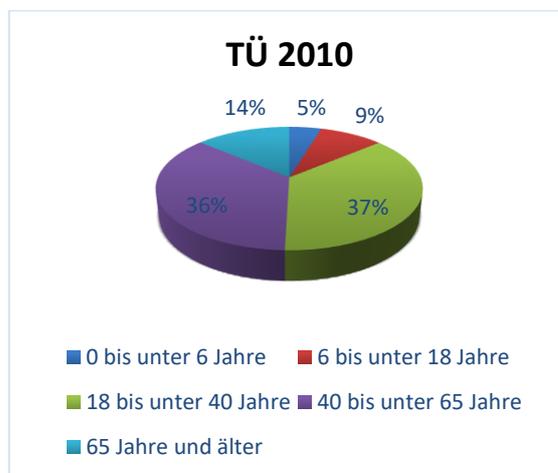
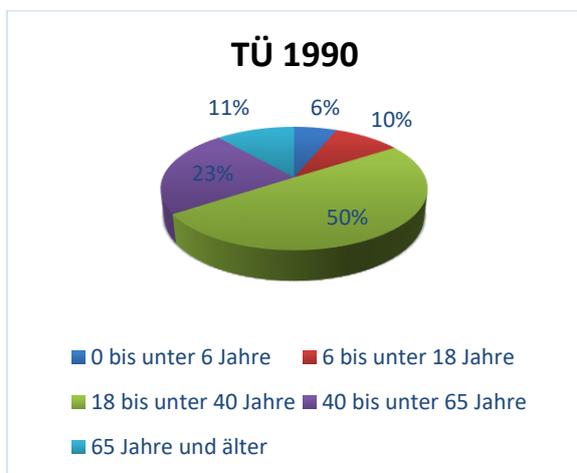


Abb. 14: Umgebungslärm Kartierung, Ausschnitt Lustnau (Quelle: LUBW Download, 2021)

3.11 Bevölkerungsentwicklung und -struktur (Tübingen und Lustnau im Vergleich)

Tübingen gesamt



Lustnau

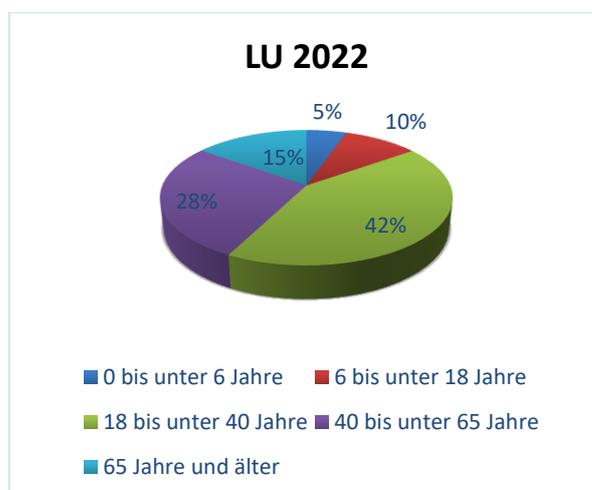
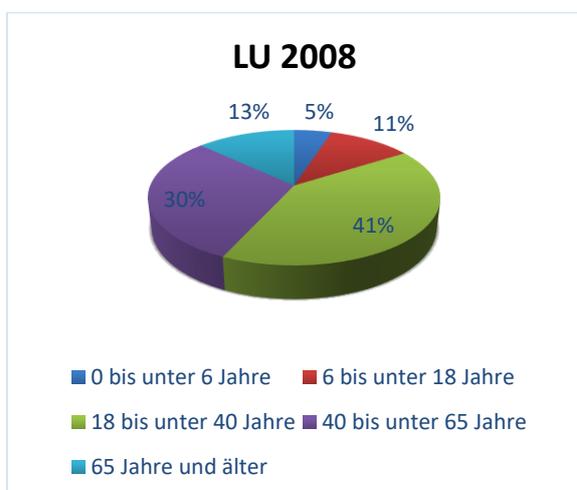


Abb. 15: Altersstruktur
Einwohnermeldedatei)

(Quelle: Statistisches Landesamt über Auswertung

Derzeit leben in Lustnau ca. 11.000 gemeldete Personen.

Die Bevölkerungspyramide zeigt, gemäß Abb. 15, einen höheren Anteil jüngerer Familien wie auch in der Gesamtstadt Tübingen. Diese weist im Vergleich zum Landesdurchschnitt durch den hohen Anteil Studierender ohnehin eine junge Statistik auf.

3.12 Städtebauliche Bestandsanalyse

Die Gliederung des Untersuchungsgebiets auf Abb. 16 erfolgt in Anlehnung an die sogenannten Stadtteilviertel. Der Zeitraum der Erschließung dieser Quartiere lässt sich deutlich ablesen.



Abb. 16: Gliederung Untersuchungsgebiet

(Quelle: google maps)

3.12.1 Bereich Nordwest – Wohngebiet Neuhalde



Das Gebiet, welches sich an einem Südwesthang vom Schönbuch ausgehend entwickelt, wird auf der Südostseite durch die ansteigende Pfrondorfer Straße begrenzt. Auf der Westseite fällt der Hang zum Goldersbachtal hinab.

Der an der Pfrondorfer Straße gelegene Bereich wurde bereits in den 1930er Jahren im Ortsbauplan als Wohngebiet ausgewiesen und ist geprägt von kleinteiliger Wohnbebauung aus dieser Zeit.



Kreuzungsbereich Pfrondorfer Straße



Harprechtstraße



Theurerstraße



Friedrich-Zundel-Straße

In den mittleren Hanglagen, auf Höhe der Jürgensenstraße und Viktor-Renner-Straße, ist die Bebauung in Form von Geschosswohnungsbauten und Wohnheimen mit bis zu acht Geschossen verdichtet. Diese Gebäude sind zwischen den 1970er Jahren und heute entstanden. Das Wohngebiet weist durch die Lage mit Blick auf das Neckartal und die Tübinger Altstadt einerseits und die unmittelbare Anbindung zum Naturpark andererseits eine hohe Wohnqualität auf.



Studierendenwohnheim Viktor-Renner-Straße



Blick ins Neckartal

Den Übergang zum nördlich gelegenen Naturpark bilden Einfamilien- und Doppelhäuser in Hanglage.



Zugang Schönbuch



Hangbebauung Goldersbachhang

3.12.2 Westlicher Bereich – Um das Lustnauer Zentrum



Der Bereich um das Lustnauer Zentrum umfasst den historischen Ortskern und dessen Randlagen. Es erstreckt sich von der westlichen Zäsur der Stuttgarter Straße über den Bachlauf der Ammer am Südrand und den Hangfuß des Herrlesbergs bis zur Begrenzung durch die Pfrondorfer Straße nach Norden.

Die südliche Begrenzung des Wohnviertels wird entlang der Nürtinger Straße und der Ammer durch Wohn- und Geschäftshäuser gebildet, welche bis in die 1980er Jahre durch die damalige Lage an der B 27 einen geringen Wohnwert aufwiesen, sich zwischenzeitlich jedoch in attraktiver und ruhiger Lage befinden.



Nürtinger Straße



Ecke Stuttgarter Straße, Lustnauer Mühle

Richtung Norden befindet sich am Deichelweg ein parkähnlicher Grünzug mit Kleingartenanlagen und lockerer Wohnbebauung. In leichter Hanglage bilden im Anschluss Alber- und Dorfstraße die südliche Begrenzung des historischen Ortskerns.



Gebrauchtwagenhandel und Grünzug



Dorfstraße

Über den steil ansteigenden Hohlweg und die Kreuzstraße wird der alte Ortskern um die Evangelische Kirche, das Stadtteilbüro Lustnau und die Daimlerstraße erreicht. Entlang der Straßen ist die Bebauung unterschiedlichster Baujahre stark verdichtet, die abseitigen Gartengrundstücke sind dagegen großzügig und vermitteln einen parkähnlichen Eindruck.

Im Osten schließt das Zentrum mit der Dorfackerschule am gleichnamigen Platz ab.



Ev. Kirche und Kirchplatz



Stadtteilbüro Lustnau



Daimlerstraße



Dorfackerschule am Dorfackerplatz

Weiter nördlich befinden sich im Dreieck zwischen der Neuhaldenstraße und der talwärts führenden Dorfackerstraße die Sportfreiflächen des TSV Tübingen sowie das Wohn- und Geschäftszentrum für Lustnau.



Spielefeld Neuhaltenstraße



Wohn- und Geschäftszentrum



Geschosswohnungsbau Dorfackerstraße



Gewerbe an Pfrondorfer Straße

Zwischen Kirchgraben und Pfrondorfer Straße schließt dieses Quartier mit teilweise neuer Wohnbebauung, verschiedenen Kleinbetrieben, wie dem einer größeren Fensterfirma, sowie dem Altenzentrum Luise-Poloni-Heim ab. Letzteres befindet sich in unmittelbarer Umgebung zur katholischen St. Petruskirche und dem Pfarramt.



Katholische Petruskirche



Luise-Poloni-Heim

Richtung Westen wird das Quartier durch die stark befahrene Stuttgarter Straße begrenzt. Insbesondere im Kreuzungsbereich zur Wilhelmstraße, welche zum Zentrum Tübingens im Westen führt, ist die Randbebauung deutlich abgerückt.

Die Bebenhäuser Straße bildet im Tal des Golderbachs in Fortsetzung zur Stuttgarter Straße den nördlichen Stadteingang des Quartiers.



Kreuzung zur Wilhelmstraße



Bebenhäuser Straße als Stadteingang

3.12.3 Südlicher Bereich – Aeule



Der Quartiersbereich Aeule („Kleine Aue“) ist eingefasst von der westlich verlaufenden, hier wegen der Neckarquerung auf einem Damm bzw. als Brückenbauwerk erhöht verlaufenden Stuttgarter Straße im Westen, dem Neckar im Südosten und dem Ammerzufluss im Norden.

Der Stadtteil erstreckt sich über das Untersuchungsgebiet hinaus Richtung Westen und schließt die Grünflächen und Sportanlagen der Universität jenseits der Stuttgarter Straße mit ein.



Stuttgarter Straße und Fußverkehrsbrücke



begrünter Damm zur Stuttgarter Straße

Die südöstlichen Bereiche der Stadtteile befinden sich auf Gelände, welches in den 1930er Jahren zur Begrädigung des Neckarverlaufs aufgeschüttet wurde. Innerhalb des Bereichs liegt das ehemals industriell genutzte Queck-Areal mit ca. 2,4 ha.

Derzeit wird das bereits abgeräumte Gelände zur Bebauung für Wohnraum für ca. 450 Personen und zusätzlich etwa 10 % nicht störendem Gewerbe vorbereitet.



versiegelte Flächen ehemaliges Queck-Areal



Bebauungskonzept Queck-Areal

Zwischen Queck-Areal und Neckar befinden sich zwei- und dreigeschossige Wohnbauten in Zeilenbauweise aus den 1960er Jahren. Diese zeichnen sich durch großzügig gehaltene Freiflächen zwischen den Zeilen aus. Parkierungsflächen befinden sich ausschließlich an der parallel zum Neckar verlaufenden Gartenstraße.



Zeilenbauweise südl. der Gartenstraße



Wohnbebauung Aeulestraße

Der Bereich nördlich des Queck-Areals erstreckt sich als Wohngebiet mit Einfamilien- und Doppelhäusern aus den 30er Jahren bis in die Neuzeit.

Mit der Zufahrt über die Nürtinger Straße ins Quartier und die Bebauung entlang der Ammer schließt der Stadtteil nach Norden ab.



Stuttgarter Straße Richtung Süden



Wohnbebauung an der Ammer

3.12.4 Bereich Alte Weberei und Neckarufer



Der zentrale Bereich dieses neuen Stadtquartiers befindet sich auf dem ca. 10 ha großen ehemaligen Gelände der Frottierweberei Egeria. 2009 und 2010 beschloss der Tübinger Gemeinderat, dieses Gebiet über eine Sanierungssatzung zum Sanierungsgebiet „Lustnau Süd“ zu erklären. Zwischen 2011 und 2015 entstand ein in sechs Höfe gegliedertes Wohngebiet für rund 700 Menschen rund um den neuen Egeriaplatz. Außerdem wurden ca. 100 Arbeitsplätze auf dem Gelände geschaffen.

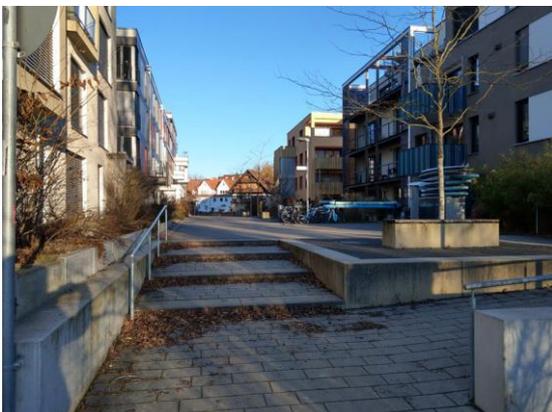
Das zentrale Verwaltungsgebäude und das ehemaligen Transformatorenhaus an der Nürtinger Straße wurden erhalten und in Gewerbe- und Wohnflächen umgenutzt.



ehemalige Verwaltung Egeria



Parkierungsflächen zum Neckar



hofartige Wohnbebauung zum Neckar orientiert



Egeriaplatz mit Läden und Restaurants

Zwischen den mehrgeschossigen Neubauten des Egeria-Areals, der westlich verlaufenden historischen Dorfstraße und dem Hangfuß des Herrlesbergs verweben sich alte und moderne Wohnbauten in dörflicher Atmosphäre.



Weiherhaldenstraße



Blick Richtung Herrlesberg

Neckarabwärts, Richtung Nordosten, verläuft an den Südhängen des Herrlesbergs die ehemalige Bundesstraße B27, welche zwischenzeitlich zur Nürtinger Straße zurückgebaut ist und als Zufahrt zum Klärwerk bzw. als Fuß- und Radweg am Neckarufer dient.

Die geschützten Flussauen und Freiflächen zwischen Klärwerk und Egeria-Gelände werden in Teilen als Abenteuerspielplatz und Erlebnisflächen verwendet („Egeria Wiesen“).



Abenteuerspielplatz



Jugendtreff

Den nordöstlichen Abschluss bildet das Klärwerk Tübingen, dessen Anlagen beidseitig des Neckars angeordnet und über eine Spannbetonbrücke verbunden sind.

Als größte Kläranlage Tübingens ist diese nahezu am tiefsten Punkt angeordnet, was die Führung der Abwasserleitungen erleichtert.

Den Übergang zu den Waldhängen des Neckartals bildet eine Kleingartenanlage am Flussufer.



Einfahrt Klärwerk Nürtinger Straße



Faultürme und Kleingartenanlagen

3.12.5 Bereich Herrlesberg und Stäudach



Das Ende der 80er Jahre erschlossene Gebiet Herrlesberg erhebt sich auf einer Anhöhe über Lustnau. Mit dem Wohngebiet Stäudach schließt Lustnau Richtung Pfrondorf nach Nordosten ab. In diesem zwischenzeitlich fast vollständig bebauten Neubaugebiet leben rund 2.100 Personen.

Die nach Südosten zum Neckar hin steil abfallenden Hanglagen sind im unteren Bereich unbebaut und mit Kleingärten sowie Obstbaumwiesen als Offenlandbiotop naturnah belassen. Weiter oberhalb, zwischen der Friedhofstraße und dem Wolfsbaumweg, befinden sich Einfamilien- und Doppelhäuser aus den 1980er und 90er Jahren in geringer Verdichtung.



Steilhang Kleingartenanlagen



Talblick Wolfsbaumweg

Der oberhalb der Friedhofstraße angelegte Lustauer Friedhof bildet mit rund 250 m Länge und einer Tiefe von ca. 120 m in leichter Hanglage eine ortsrandnahe Grünfläche innerhalb des Stadtteils. Richtung Osten erstreckt sich in einer Wiesenfläche von rund 1,3 ha zwischen der Friedhofstraße und dem Gebiet Stäudach eine Erweiterungsfläche des Friedhofs.

Die Steilhanglagen nördlich des Friedhofs sind bis zu den Gipfellen des Stäudachs unbebaut und von altem Baumbestand und Fußwegen geprägt.



talseitige Friedhofsmauer



Aussegnungshalle Friedhof



Reservefläche Friedhof



naturnahe Hanglagen nördlich des Friedhofs

Die in den vergangenen 20 Jahren bebauten Randlagen um die Steinäckerstraße, Richtung Südosten, bilden in herausragender Wohnlage mit Einfamilienhäusern und Reihenhäusern den Abschluss zum angrenzenden Naturschutzgebiet im Neckartal.



Ortsrand Steinäckerstraße



Blick ins Neckartal

Die Wohnbebauung auf der Hochebene des Stäudachs wurde zwischen den 1990er Jahren bis heute auf der Grundlage eines orthogonalen Straßensystems errichtet. Es zeichnet sich durch unterschiedliche Verdichtung mit Einfamilienhäusern, Doppelhäusern, Reihenhäusern und in den Kernzonen auch Geschosswohnungsbau aus.



Städach Reihenhäuser



Städach Einfamilienhäuser

Als zentrale Einrichtungen sind das Kinderhaus Herrlesberg und ein kleines Ladenzentrum mit Dorfladen und Apotheke zur Nahversorgung vorhanden.

Nach Nordwesten fällt das Gelände Richtung der Straße Unterer Herrlesberg und Pfrondorfer Straße ab. Der parallel verlaufende Grünzug des Kirchgrabens wird begleitet von wenig verdichteter Einfamilienhausbebauung unterschiedlicher Bauzeit.



Kirchgraben



Spielplatz am Kirchgraben

3.13 Quartiersstruktur

Nutzung	Wohnen	Mischnutzung	Öffentlich	Gewerbe, Handel	
	94 %	1 %	2 %	3 %	
Alter	vor 1900	1900 - 1940	1940 - 1980	1980 - 2000	seit 2000
	1 %	8 %	79 %	9 %	3 %
Geschosse	1 VG	2 VG	3 VG	4 VG	
	55 %	43 %	1,5 %	0,5 %	
Typen	Reihenhaus	Mehrfamilien	Nichtwohnen	Einfamilien	
	30 %	12 %	5 %	53 %	

Die Gebäude innerhalb des Untersuchungsquartiers werden überwiegend, d. h. mit 94 % zu Wohnzwecken genutzt. 1 % der Gebäude haben eine Mischnutzung; 2 % dienen einer öffentlichen Nutzung, 3 % dem Gewerbe und Handel.

Nur 1 % der Gebäude wurde vor 1900 errichtet. Zwischen 1900 und dem Zweiten Weltkrieg wurden 8 % der Gebäude errichtet. Nach dem Zweiten Weltkrieg bis 1980 wurden 79 %; von 1980 - 2000 9 % und nach 2000 3 % der Immobilien erbaut.

1 Vollgeschoss haben 55 % der Gebäude; 43 % haben 2 Vollgeschosse, nur 2 % der Gebäude haben 3 oder 4 Vollgeschosse.

53 % der Gebäude sind Einfamilienhäuser, 12 % Mehrfamilienhäuser und 30 % Reihenhäuser.
5 % der Gebäude haben eine Nichtwohnnutzung.

3.14 Rechtliche Gegebenheiten und Voruntersuchungen

3.14.1 Denkmalschutz

Im Untersuchungsgebiet befinden sich insbesondere im alten Ortskern Lustnaus und südlich davon bis zur Ammer viele Kulturdenkmale und zu prüfende Objekte (ungefähre Zahlen gemäß der Liste der Kulturdenkmale des Landesamtes für Denkmalpflege, Auszug vom 11.02.2022).

Die Liste umfasst alle Gebäude, welche im Gesamten denkmalgeschützt sind, aber auch solche, an denen nur einzelne Gebäudeteile geschützt sind.

Auf der Stelle	7 Gebäude
Konzenbergstraße	8 Gebäude
Nürtinger Straße	10 Gebäude
Weierhaldenstraße	27 Gebäude
Daimlerstraße	57 Gebäude
Dorfackerstraße	9 Gebäude
Dorfstraße	98 Gebäude
Lustnauer Kirchplatz	9 Gebäude
Aeulestraße	6 Gebäude
Am Gänsacker	7 Gebäude
Am Mühlbach	8 Gebäude
Auf der Burg	7 Gebäude
Auf der Stelle	7 Gebäude
Deichelweg	13 Gebäude
Dieselstraße	16 Gebäude
Friedhofstraße	3 Gebäude
Gänsackergässle	11 Gebäude
Hohlweg	4 Gebäude
Im Brühl	9 Gebäude
Kreuzstraße	51 Gebäude
Nürtinger Straße	3 Gebäude
Steige	22 Gebäude
Steinbößstraße	9 Gebäude
Summe ca.	401 Gebäude

Insgesamt stehen ca. 27 % der Gebäude im Untersuchungsgebiet im Gesamten oder mit einzelnen Gebäudeelementen unter Denkmalschutz oder unterliegen einer Prüfung.

Einer energetischen Sanierung stehen in Abstimmung mit der Denkmalpflege keine grundsätzlichen Bedenken im Wege.

3.14.2 Flächennutzungsplan

In der aktuellen Fortschreibung des Flächennutzungsplans für den Zeitraum ab 2020 sind die Gebiete Neuhalten und Herrlesberg als reine Wohngebiete ausgewiesen (pinkfarben). Das Zentrum von Lustnau und auch der Bereich Alte Weberei sind in brauner Farbe als Mischgebiete dargestellt.

Im Bereich Aeule ist bis auf die gemischte Neubebauung des Queck-Areals reines Wohnen vorgesehen. Der Flächennutzungsplan ist auf Abb. 17 dargestellt.

Weitere Flächen zur zukünftigen Erweiterung Lustnaus sind nicht ausgewiesen.

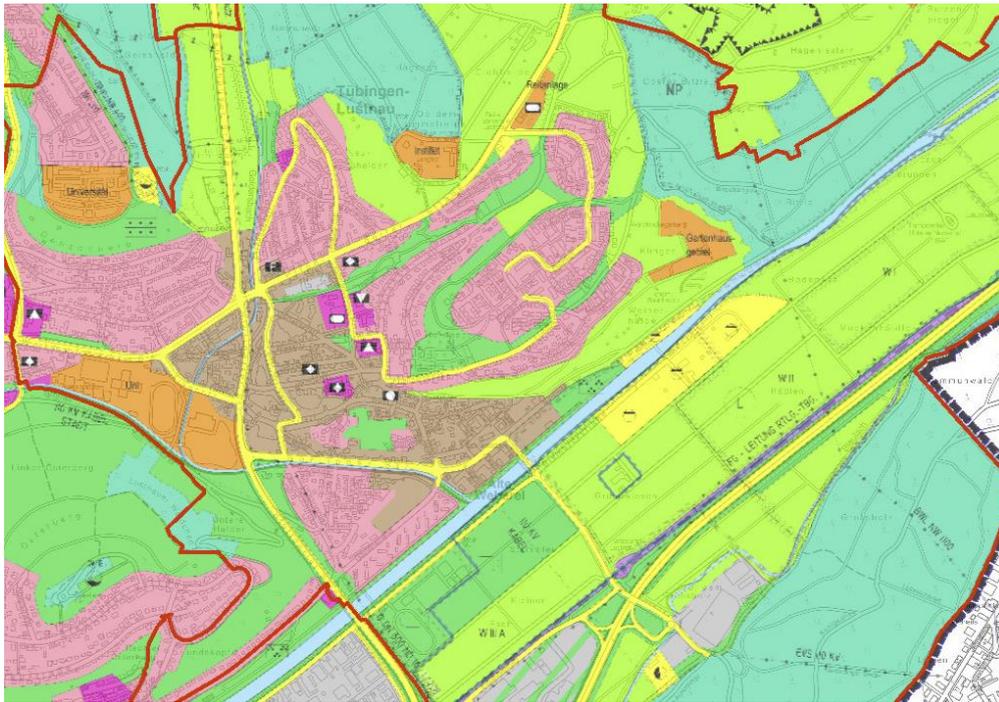


Abb. 17: FNP Ausschnitt Lustnau

(Quelle Homepage Tübingen, Download 2021)

3.14.3 Bebauungspläne/Satzungen

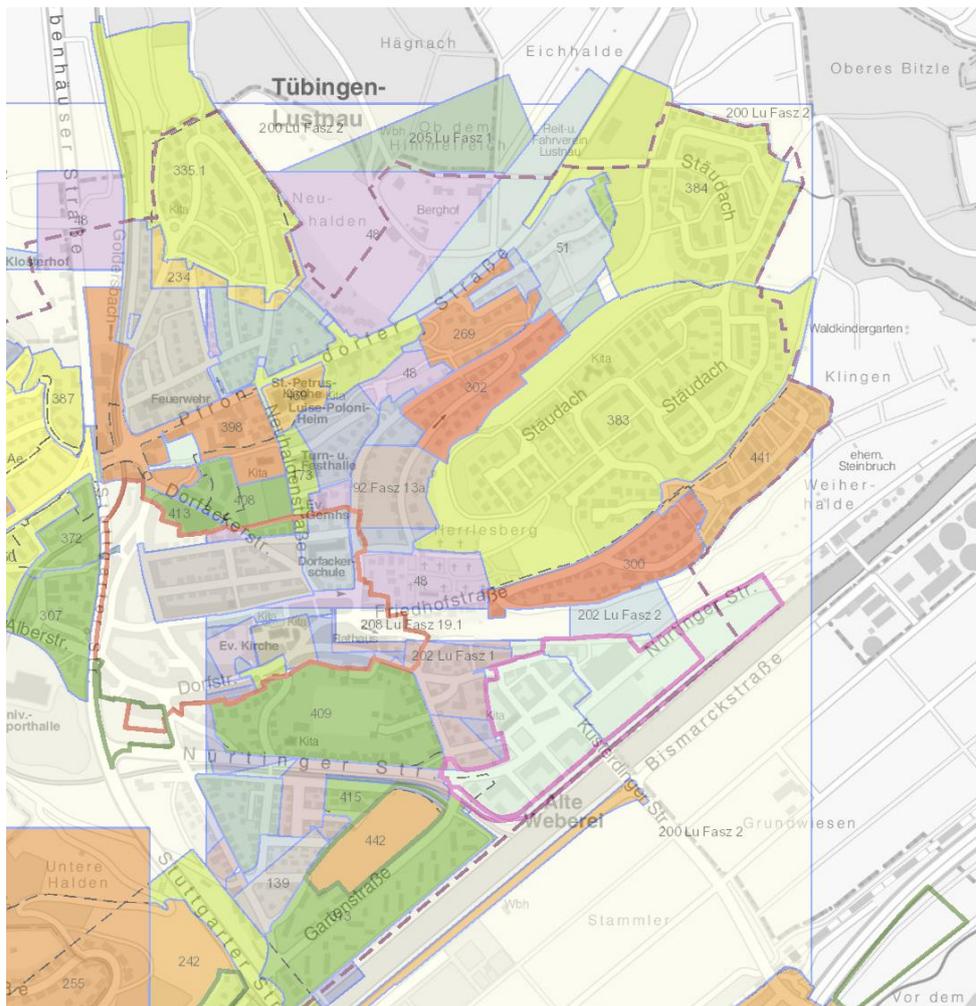


Abb. 18: Übersicht Bebauungspläne Lustnau

(Quelle: Homepage Tübingen, Download 2021)

Bebauungspläne und Ortsbaupläne

Bebauungsplan „501 Alte Weberei“, rechtsverbindlich seit 13.02.2017

Bebauungsplan „300 Bängert Stäudach“, mit Änderung vom 18.07.1969

Bebauungsplan „408 Dorfackerstraße“, rechtsverbindlich seit 16.02.1991

Bebauungsplan „269 Eichhalden-Steinböss-Str“, rechtsverbindlich seit 05.04.1967

Ortsbauplan „63 Friedrich Zundel“, genehmigt am 13.01.1954

Ortsbauplan „173 Heinrichwiese“, genehmigt 31.07.1961

Bebauungsplan „383 Herrlesberg“, rechtsverbindlich seit 24.04.1984

Bebauungsplan „409 In den Fischergärten“, rechtsverbindlich seit 18.04.1991

Bebauungsplan „234 Neuhalden II“, geändert am 24.09.1964

Bebauungsplan „335 Neuhalden II“, geändert am 12.03.1984

Bebauungsplan „398 Pfrondorfer Str./Kreuzstraße“, rechtsverbindlich seit 11.09.1989

Ortsbauplan „187 Pfrondorfer Straße“, genehmigt 30.03.1962

Ortsbauplan „150 Salzwasen“, genehmigt 13.02.1961

Bebauungsplan „384 Stauden“, rechtsverbindlich seit 25.04.1984

Bebauungsplan „441 Südlicher Stäudach“, rechtsverbindlich seit 22.07.1999

Ortsbauplan „92 Westl. Unterer Herrlesberg“, geändert 21.05.1957

Ortsbauplan „85 Östlich der Turnhalle“, genehmigt 28.01.1957

Ortsbauplan „105 Dorfackerschule“, genehmigt 27.01.1958

Ortsbauplan „126 Haldenstraße“, genehmigt 19.11.1959

Ortsbauplan „121 Kreuz-Saarstraße“, genehmigt 22.12.1958

Bebauungsplan „51 Paul-Scholpp-Straße, Eichhalde“, genehmigt 01.07.1939

Ortsbauplan „66 Rathstraße“, genehmigt 06.12.1956

Ortsbauplan „206 Südliche Aeule Uferstraße“, geändert 07.11.1938

Ortsbauplan „102 Aeule“, genehmigt 20.08.1957

In den Bebauungsplänen finden sich als regionale Besonderheiten für die von Hochwasser-einflüssen beeinträchtigten Lagen Vorgaben wie verschließbare Tiefgaragen oder der Ausschluss von Aufenthaltsräumen in gefährdeten Geschossen. Die Übersicht der Bebauungspläne in Lustnau ist in Abb. 18 dargestellt.

In den Bebauungsplänen „Herrlesberg“ und „Stauden“ werden, abweichend von der regulären Dachneigung bis 35°, steilere Dächer bis 55° bei Solarnutzung zugelassen. Im Bebauungsplan „Südlicher Stäudach“ besteht ein Verbrennungsverbot flüssiger und fester Brennstoffe für gebäudegebundene Verbrennungsanlagen (nicht für Fernwärme).

Ansonsten finden sich keine Vorgaben, die Dachaufbauten zur regenerativen Energiegewinnung, wie Photovoltaikanlagen, untersagen. Einzelne Dachflächen sind bereits mit solchen Anlagen belegt.

Ortsbausatzung

Für den Ortskern von Lustnau liegt eine 1994 letztmalig angepasste Ortsbausatzung vor. Diese umfasst den gesamten Altstadtbereich von der Stuttgarter Straße bis zum Lustnauer Friedhof bzw. von der Dorfstraße bis zur Dorfackerstraße.

Für Fassaden sind neben Putzsystemen nur Sandstein- oder Sichtmauerwerk, Sichtfachwerk und senkrechte Holzschalungen zulässig.

Dächer sind mit mindestens 45° Dachneigung auszuführen. Als Dachdeckungen sind nur naturrote Biberschwanzziegel oder Strangfalzziegel zugelassen. Solaranlagen sind grundsätzlich zugelassen, sind jedoch auf straßenzugewandten Dachflächen oder Bodenflächen zu vermeiden.

Für Freiflächen und Stellplätze sind nur wassergebundene Beläge sowie Pflasterbeläge zulässig.

3.14.4 Voruntersuchungen

Zum Thema der Nahversorgung liegt für die Gesamtstadt Tübingen eine Untersuchung mit konzeptionellen Vorschlägen zur Verbesserung vom März 2020 vor.

Für das Lustnauer Nahversorgungszentrum an der Dorfackerstraße werden Defizite im Hinblick auf einen Sanierungs- und Neugestaltungsbedarf sowie der Neuaufstellung der Lebensmittelbetriebe aufgelistet. Trotz räumlicher Einschränkungen wird ein Ausbau der Angebotsstrukturen mit nahversorgungsrelevanten Gütern nahegelegt.

3.14.5 Entwicklungskonzepte

Innerhalb des Untersuchungsgebietes hat die Stadt Tübingen derzeit 6 Entwicklungsbereiche in Bearbeitung.

Queck-Areal: für das oben beschriebene 2.1 ha große Areal erfolgte 2021 die öffentliche Auslegung des Bebauungsplanentwurfs. Die Entwicklung der Fläche erfolgt durch die Volksbau Tübingen GmbH.

Lustnauer Mühle: für diesen neben der Stuttgarter Straße liegenden Bereich wurde das Ziel gesetzt, denkmalgeschützte Bausubstanz zu erhalten und ergänzende gewerbliche Nutzungen einzufügen. Nach einer städtebaulichen Änderung des Entwurfs soll das Bebauungsplanverfahren aufgenommen werden.

Erweiterung Kinderhaus Paula Zundel: die zentral zwischen Pfrondorfer Straße, Neuholdenstraße und Dorfackerstraße gelegene Kita wird nach Westen um 3 Gruppen erweitert. Die Bestandsgebäude werden umgebaut und energetisch saniert.

Aufwertung Kirchgraben: der gesamte Bereich des Kirchgrabens von der Neuholdenstraße bis zur Kreuzstraße soll nach Abschluss der Erweiterung des Kinderhauses Paula Zundel aufgewertet werden. Es soll weiterhin geprüft werden, ob eine Verkehrsberuhigung des Bereichs durch eine Teilspernung der Neuholdenstraße möglich ist.

Hochwasserschutz am Goldersbach: im Bereich nördlich der Pfrondorfer Straße soll der Hochwasserschutz am Goldersbach weiter verbessert werden.

Ersatzneubau des Bankmannstegs: der parallel zur Stuttgarter Straße über den Neckar geführte Bankmannsteg soll durch einen barrierefreien Neubau ersetzt werden. Dieser soll die Fuß- und Radweegeanbindung zum neuen Radschnellweg nach Reutlingen bzw. zum geplanten neuen Bahnhofpunkt verbessern.

Weiterhin wurde im Jahr 2013 vom Büro Wick und Partner aus Stuttgart eine städtebauliche Analyse und ein Rahmenplan zur Entwicklung der Gartenstraße erstellt. Diese verläuft über 2,4 km Länge parallel zum Neckar auf dessen Nordseite, von der westlichen Altstadt Tübingens bis in den Stadtbezirk Lustnau Aeule.

Für den im Untersuchungsgebiet gelegenen Bereich mit Ein- und Mehrfamilienhäusern, welcher auch das Queck-Areal einschließt (Zone VII), wird wegen der hohen Durchgrünung, der homogenen Strukturen und der Verkehrsarmut ein gutes Zeugnis ausgestellt. Andererseits wird empfohlen, für den Altbestand der Gebäude die Zukunftsfähigkeit hinsichtlich der Modernisierungsmöglichkeiten zu prüfen.

Weiterhin wird auf die Problematik der Unterbringung des ruhenden Verkehrs hingewiesen, da diese im Altbestand zum Großteil auf straßenbegleitendes Parken beschränkt ist. Weiterhin wird

auf die Notwendigkeit eines Radwegekonzeptes parallel zum Neckar, aufgetrennt für „Schnell“- und „Genuss“-fahrende Personen, hingewiesen.
Schließlich wird eine Verbesserung der Zugangsmöglichkeiten und der Erlebbarkeit der Neckarauen im Bezirk Aeule vorgeschlagen.

Quelle: Homepage Stadt Tübingen

3.14.6 Städtebauliche Stärken

- Unmittelbare Nähe des Wohnstandorts Lustnau zum umgebenden Naturraum, der auf kurzen Wegen zu Fuß und mit dem Fahrrad erreichbar ist.
- Ebenso bestehen zwei direkte und kurze Anbindungen an die Bundesstraße B27.
- Attraktive und vielfältige Durchmischung durch die Nähe zum Neckar, Südhanglagen, einen Altstadtkern, Neubauviertel und naturnah erhaltene Zwischenzonen.
- Gute Anbindung an den öffentlichen Busverkehr der Stadt Tübingen.

3.14.7 Städtebauliche Schwächen

- Die ausgeprägte Wohnnutzung des Stadtteils mit wenigen Handwerksbetrieben, Büros und Einzelhandel verleiht den abgelegeneren Hanglagen werktags den Charakter einer Schlafstadt.
- Die Nahversorgung beschränkt sich fast ausschließlich auf das Ladenzentrum an der Dorfackerstraße.
- Durch die Überplanung des Bezirkes Alte Weberei und des Queck-Areals kontrastieren die angrenzenden und in die Jahre gekommenen Zeilenbauten zwischen Neckar und Gartenstraße.
- Die Wohnlagen an der Stuttgarter Straße erscheinen durch deren überdimensionierten Breite und die ausgehende Lärmbelastung wenig attraktiv. Der Straßenraum trennt den Stadtteil Lustnau von der Kernstadt Tübingens. Die Querung der Stuttgarter Straße ist in Teilbereichen für zu Fuß gehende und Fahrrad Fahrende beschwerlich.
- Das Ausweisen von Radwegen an den Hauptstraßen ist noch ausbaufähig.

3.14.8 Handlungsempfehlungen/Synergien

- Eine bessere Nahversorgung, insbesondere in den Bezirken Herrlesberg und Neuholden wäre erstrebenswert.
- Die Modernisierung oder Neubebauung der Grundstücke zwischen Gartenstraße und Neckar sollte angestrebt werden. Dabei wäre eine verbesserte Einbindung des Neckarufers wünschenswert.
- Die trennende Wirkung der Stuttgarter Straße und die Lärmbelastung auf Anwohnende sollte mit geeigneten städtebaulichen Maßnahmen reduziert werden.
- Weitere Stärkung von homeoffice-Tätigkeiten, um Fahrwege zum Büro zu reduzieren durch zum Beispiel schnelleres Internet; Coworking spaces etc.

Prüfung der Vorhaltung einer zukunftsorientierten Infrastruktur für E-Mobilität und Erhaltung der Attraktivität des ÖPNV sowie dessen Ausbau.

3.14.9 Handlungsempfehlungen energetische Faktoren in Bebauungsplänen

Ein interessanter Punkt im Rahmen von Quartierkonzepten ist die Einbeziehung energetischer Faktoren, sofern diese nicht schon eingeflossen sind, in die weitere Bebauungsplanung, wie zum Beispiel:

- Hellbezugswerte für neue und zu renovierende Fassaden und Dächer
- energetisch optimierte Ausrichtung von Gebäuden bzw. Dachflächen
- Dachbegrünungen und Entsiegelungskonzepte von Allgemeinbereichen
- Quartiersbelüftung durch Verkehrsachsen in Hauptwindrichtungen

4 Quartiersaufnahme unter energetischen Gesichtspunkten

4.1 Grundlagen und Gebäudenutzung

Das betrachtete Quartier beinhaltet 1.559 beheizte bzw. beheizbare Gebäude.

Die Gliederung hinsichtlich der Nutzung ist in der nachfolgenden Abb. 19 dargestellt:

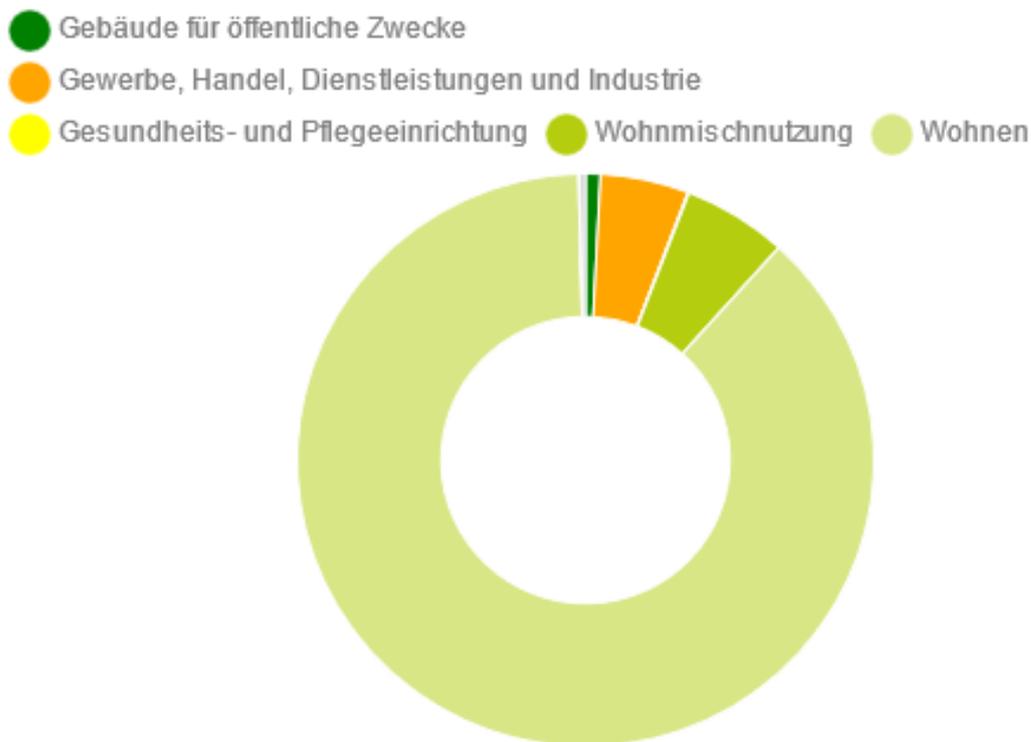


Abb. 19: Gliederung beheizte Gebäude in Nutzungsarten (Quelle: Smart Geomatics)

Nutzungsart	Anzahl	Anteil
Wohnen	1.368	88 %
Wohnmischnutzung	91	6 %
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie	77	5 %
Gebäude für öffentliche Zwecke	13	1 %
Sonstiges	5	<1 %
Gesundheits- und Pflegeeinrichtung	1	<1 %
Hotel- und Gastgewerbe	1	<1 %

Die Baualtersklassen der Gebäude, die der Wohn- und der Wohnmischnutzung zuzuordnen sind, wurden ermittelt und setzen sich gemäß der Abb. 20 zusammen:

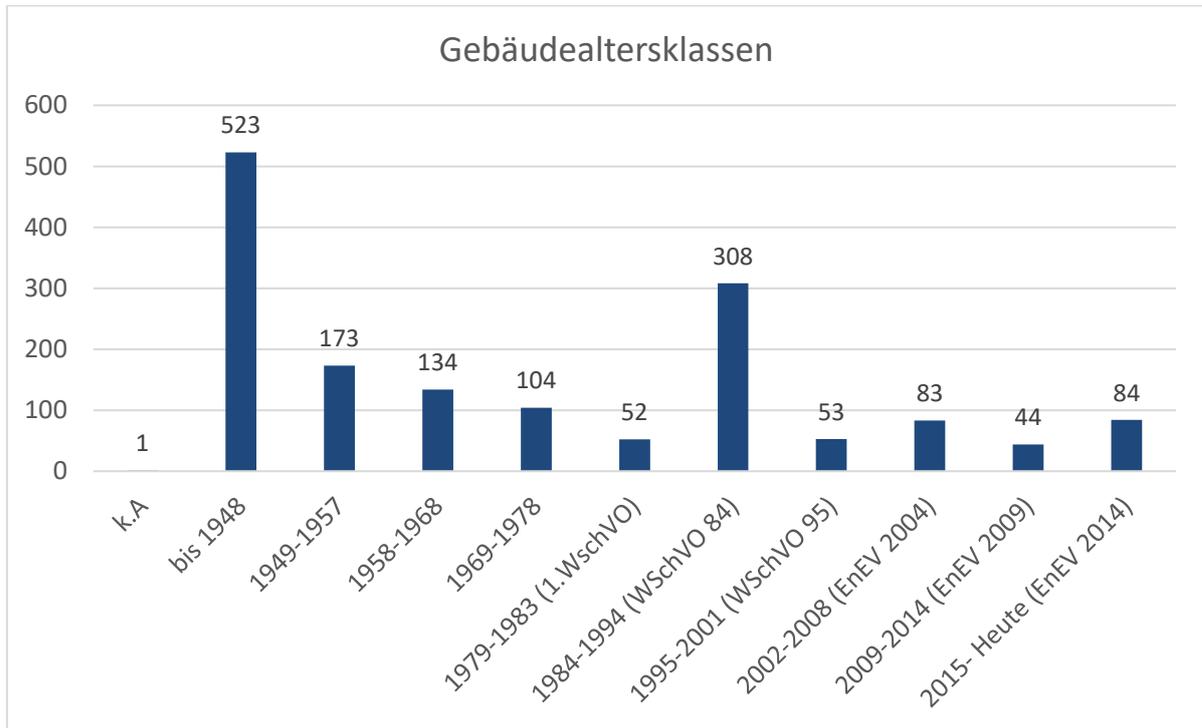


Abb. 20: Gebäudealtersklassen

(Quelle: Smart Geomatics)

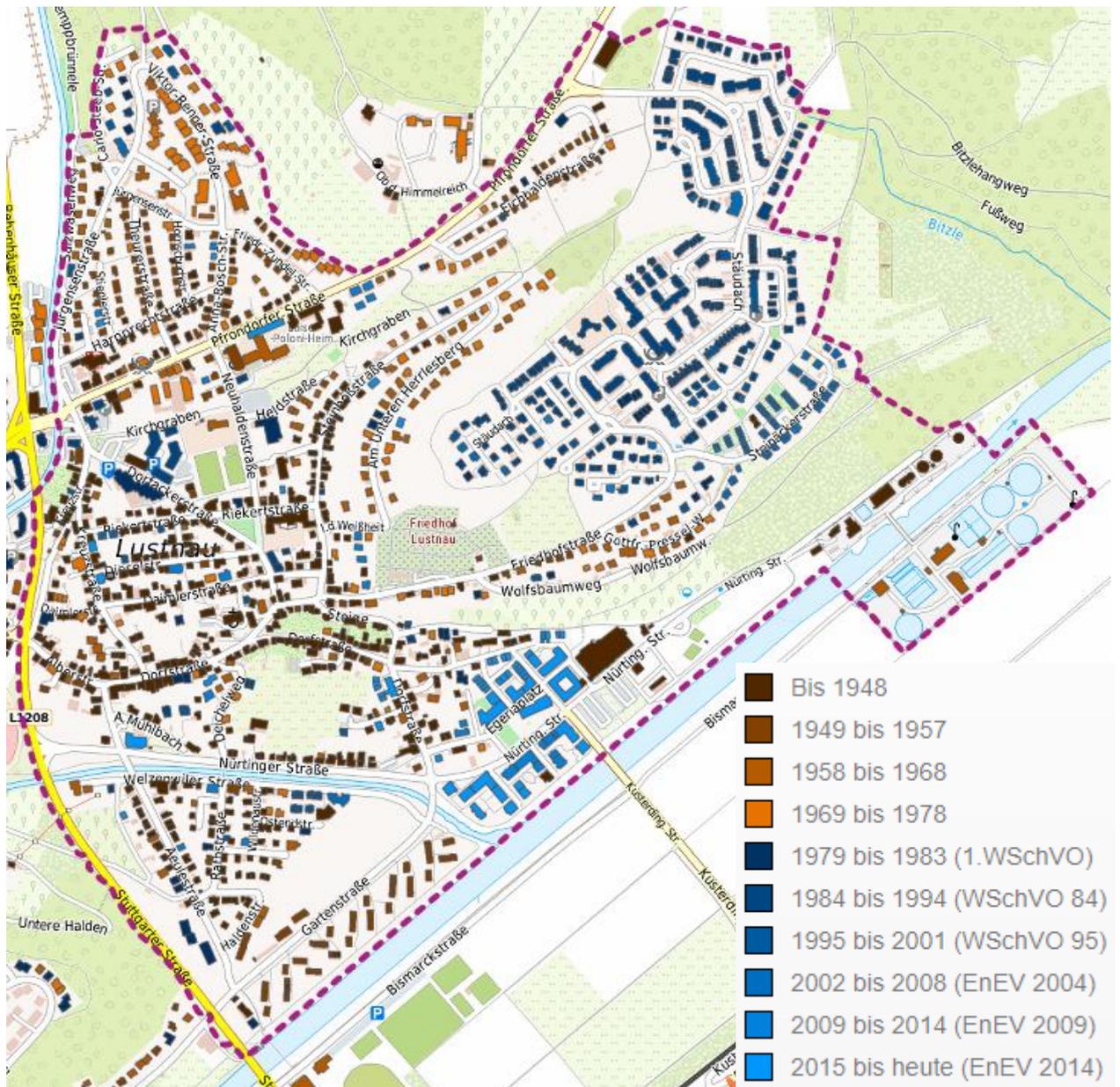


Abb. 21: Gebäudealtersklassen Schaubild

(Quelle: Smart Geomatics)

Der überwiegende Teil der Gebäude wurde vor dem Geltungsbereich der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Der bauliche Wärmeschutz nicht nachträglich modernisierter Bauteile ist folglich gering. Aus Abb. 21 ist die zeitliche Entwicklung der Bebauung des Quartiers ersichtlich.

4.2 Vorgehensweise

Im gesamten Untersuchungsgebiet wurden im Rahmen von Begehungen die vorhandenen Wohngebäude von außen begutachtet. Ausgehend vom ursprünglichen, baualterstypischen Zustand wurden nachträglich durchgeführte bauliche und technische Modernisierungsmaßnahmen – soweit augenscheinlich feststellbar und soweit energetisch relevant – ermittelt.

Zwar können die Daten nicht zwingend dem Anspruch der Vollständigkeit dienen, doch lassen sich daraus in ausreichender Genauigkeit die bereits erschlossenen und noch erschließbaren Modernisierungspotenziale ableiten.

Ergänzend wurden die vorhandenen Photovoltaik- und Solarthermieanlagen auf Basis aktueller Luftbilder den jeweiligen Gebäuden zugeordnet. Anhand der jeweiligen Anlagenart und Anlagengröße wurde bei den solarthermischen Anlagen eine Annahme getroffen, ob es sich um Anlagen zur reinen Trinkwarmwasserbereitung oder auch zur Heizungsunterstützung handelt.

Modernisierungspotenziale verstehen sich in diesem Zusammenhang sowohl bezugnehmend auf die Energieeinsparung durch bauliche und heizungstechnische Modernisierungsmaßnahmen als auch auf Energiegewinnungspotenziale durch die Installation zusätzlicher PV-Module oder solarthermischer Anlagen.

Durch die bei der Begehung ebenfalls erfasste Anzahl an beheizten Keller-, Voll- und Dachgeschossen lässt sich über die aus den Katasterdaten erfasste Grundfläche in Verbindung mit einem Abminderungsfaktor für Wände und Zwischendecken das beheizte Gebäudevolumen für jedes der Gebäude im Quartier näherungsweise ermitteln.

Unter Berücksichtigung der aufgenommenen Geschossigkeit und maßnahmenspezifischer Abminderungsfaktoren für mittlerweile durchgeführte Modernisierungsmaßnahmen wird der derzeitige Energiebedarf des Quartiers näherungsweise errechnet. Weiterhin wird für das Jahr 2050 von einer bis dato realisierten Vollsanierung ausgegangen und das dadurch erreichbare Energie- sowie CO₂-Einsparpotenzial ausgewiesen.

4.3 Gebäudeaufnahme

Bei den von außen erkennbaren und demnach vor Ort erfassten sowie rechnerisch berücksichtigten Modernisierungsmaßnahmen handelt es sich um:

- Ersatz der ursprünglichen Fenster durch Fenster mit Wärmeschutzverglasungen (nach 1995).
- Auftrag von Wärmedämmverbund-Systemen ≥ 6 cm (WDVS).
- Erneuerung der Dachkonstruktionen (gemäß WSchV '95 oder später).
- nachgerüstete Abgasrohre in Schornsteinen oder an Fassaden.
- Photovoltaik- oder solarthermische Anlagen.
- Außenschornsteine/Schornsteinzüge zur Verfeuerung biogener Festbrennstoffe.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der erfassten (bereits umgesetzten), energetisch relevanten Modernisierungsmaßnahmen, soweit sie vor Ort augenscheinlich ermittelbar waren. Eine gebäudescharfe Darstellung ist aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht möglich. Der jeweilige prozentuale Anteil umgesetzter Modernisierungsmaßnahmen bemisst sich am Gesamtquartier (505 Gebäude der Kategorien „Wohnen“ und „Wohnmischnutzung“).

Energiespar-/Modernisierungsmaßnahmen	Anzahl	Anteil
Einbau von Wärmeschutzverglasungen	592	41 %
Dacherneuerung	320	22 %
Außenwanddämmung (WDVS)	175	12 %
Heizungstechnik fossil, modernisiert	384	26 %
Scheitholz-/Pelletnutzung als Hauptheizung	11	<1 %
Scheitholz-/Pelletnutzung als Nebenheizung	178	12 %
Wärmepumpe	4	<1 %
Photovoltaik-Anlagen	82	6 %
Solarthermie	155	11 %

4.4 Heizenergiebedarf Ist-Zustand

4.4.1 Wärmebedarf

Auf Grundlage des erfassten Modernisierungsstandes im Quartier und den gebäude-spezifischen Baualterklassen (Baujahren), wurde der Wärmebedarf der einzelnen Gebäude anhand des beschriebenen Vorgehens (vgl. Kapitel 4.2) errechnet.

In Summe ergibt sich der derzeitige Wärmebedarf der Wohngebäude für Beheizung und Trinkwarmwasserbereitung zu insgesamt rund

48.983 MWh/a.

Hierbei sind die gegenüber dem bauzeitlichen Wärmeschutz umgesetzten Verbesserungsmaßnahmen bereits berücksichtigt.

Der Anteil der kommunalen Gebäude am Wärmebedarf, ermittelt aus dem bisherigen Brennstoffbedarf, beträgt rund

3.615 MWh/a.

Hinzu kommt der Wärmebedarf der Gebäude für Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie von insgesamt rund

2.368 MWh/a.

Zusätzlicher Wärmebedarf, der sonstigen Gebäude zuzuordnen ist, beträgt

69 MWh/a.

Der **Wärmebedarf des Gesamtquartiers** (Abb. 22) beträgt somit rund

55.040 MWh/a.

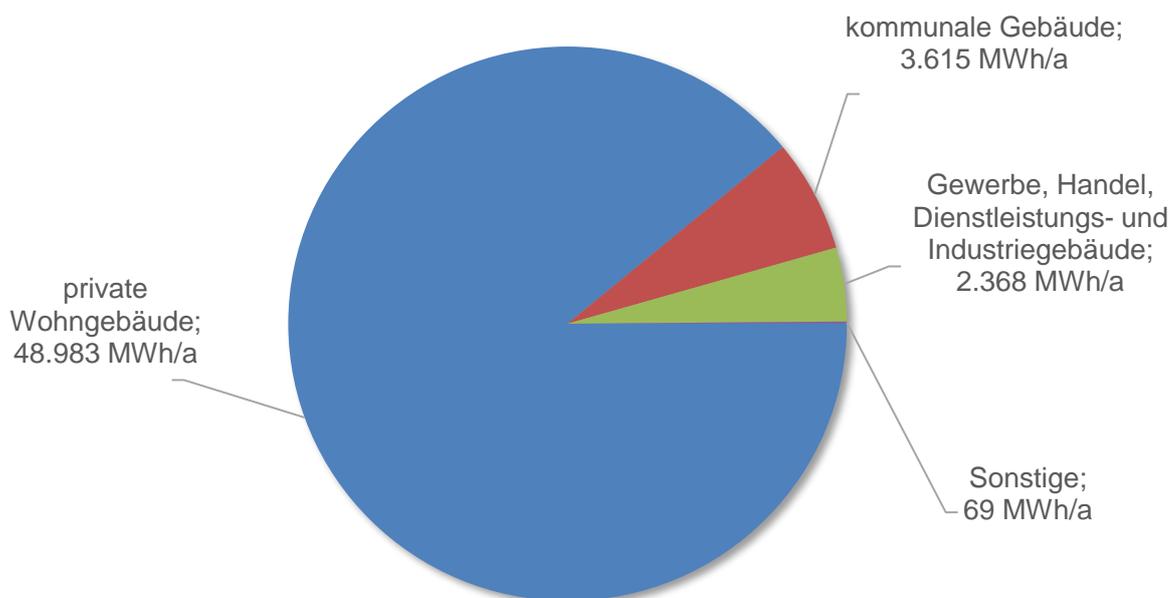


Abb. 22: Gesamtwärmebedarf für Beheizung und Warmwasserbereitung des Quartiers

4.4.2 Endenergieverbrauch Wärmeerzeugung

Im Rahmen der Umwandlung des jeweils eingesetzten Energieträgers zu nutzbarer Wärme entstehen Erzeugungsverluste – beispielsweise bedingt durch den Nutzungsgrad des verwendeten Heizkessels. Hinzuzurechnen sind weiterhin Verluste bei der Bevorratung von Wärme in Warmwasserspeichern (Bereitstellungsverluste) und Verluste des Verteilsystems (z. B. Heizungsleitungen in unbeheizten Bereichen).

Der energieträgerbezogene **Endenergiebedarf des Gesamtquartiers** für die Wärmeerzeugung (ohne Hilfsstrom für z. B. Brenner, Heizungspumpen und Steuerungen) errechnet sich für das Quartier auf jährlich rund

64.570 MWh/a.

Der ermittelte Endenergiebedarf wird durch verschiedene Energieträger gedeckt.

Auf Basis der Daten aus der kommunalen Wärmeplanung wurde der derzeitige Energieträgermix im Quartier Tübingen-Lustnau ermittelt.

Das Schaubild in Abb. 23 zeigt die Aufschlüsselung des angesetzten Energieträgermixes, wie sie für die Bilanzierung des CO₂-Ausstoßes herangezogen wird.

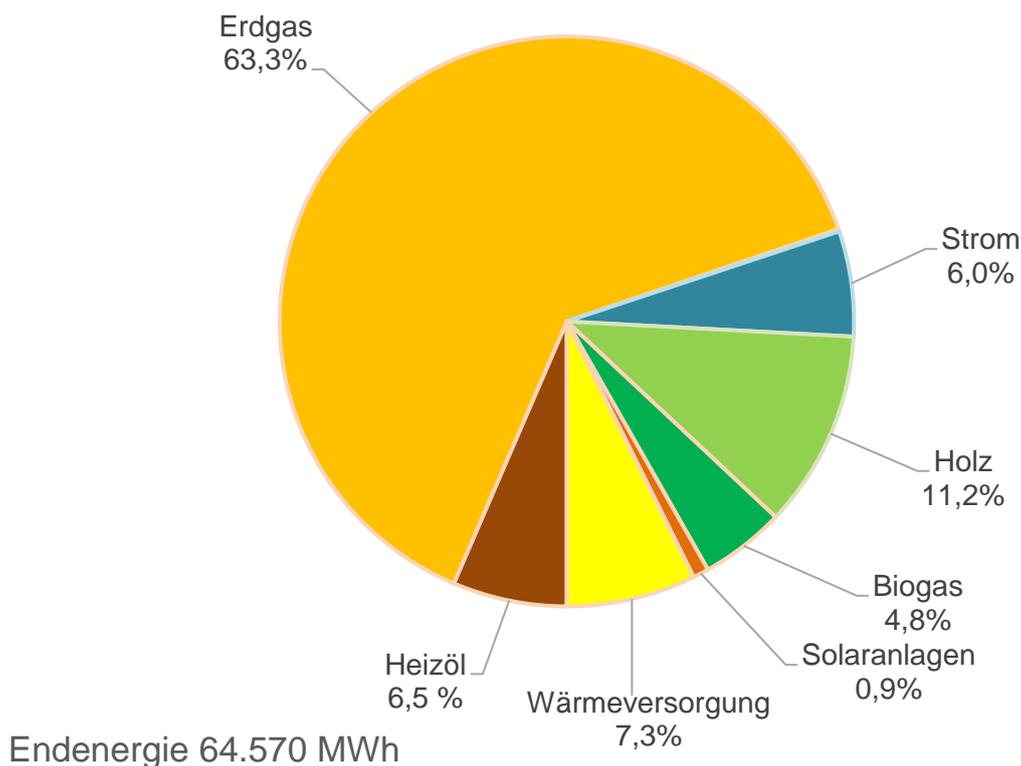


Abb. 23: grafische Aufteilung des Energieträgermixes im Gebäudebestand

Der Energiebedarf der Wohngebäude resultiert aus einer im Quartier vorhandenen, durch die beheizten Gebäudebereiche der Wohngebäude überbauten Grundfläche von rund

248.000 m²,

während die beheizte Wohnfläche mit rund

462.000 m²

errechnet wurde. Bezogen auf den Wärmebedarf der Wohngebäude im Quartier errechnet sich daraus ein durchschnittlicher Bedarfswert von 106 kWh/m²a.

Bezogen auf den Endenergiebedarf der Wohngebäude errechnet sich der spezifische Bedarf für Heizung und Warmwasser zu 124 kWh/m²a.

Zum Vergleich: Gemäß Umweltbundesamt lag der Endenergieverbrauch für Raumwärme (ohne Warmwasser) im bundesdeutschen Durchschnitt im Jahr 2018 bei 131 kWh/m²a. Das Quartier Lustnau bewegt sich somit im Jahr 2021 unterhalb des bundesdeutschen Durchschnitts.

Quantitativ ergibt sich folgender energieträgerspezifische Endenergieverbrauch für die Wärmeerzeugung:

Endenergie	MWh/a	prozentuale Aufteilung
Heizöl	4.160	6,44%
Erdgas	40.880	63,31%
Flüssiggas	80	0,12%
Strom	3.850	5,96%
Holz	7.230	11,20%
Biogas	3.090	4,79%
Solaranlagen	580	0,90%
Wärmeversorgung	4.700	7,28%
Summe	64.570	100,0%

Beim Heizöl entspricht der genannte Anteil pro Jahr rund 650.000 Litern Heizöl, beim Erdgas 650.000 m³ Gas.

4.5 Strombedarf

Im privaten Bereich wird die fortlaufende Umstellung der Beleuchtung auf LED-Technik sowie die auf EU-Vorgaben basierende Senkung des Strombedarfs von Haushaltsgeräten (z. B. Fernsehgeräte, Staubsauger, Computer, Kühl- und Gefriergeräte) einen sukzessiv größer werdenden Beitrag leisten.

Ein enormes Einsparpotenzial kann durch den richtigen Umgang bzw. die Ansteuerung von Haushaltsgeräten erschlossen werden. Energievergeudung kann so reduziert werden. Hierbei seien u. a. Strombedarfe von Haushaltsgeräten im Bereitschaftsmodus genannt.

Um die Bevölkerung zum Energiesparen zu motivieren und sie dabei zu unterstützen, könnten seitens der Stadtverwaltung bzw. eines Sanierungsmanagements Energiemessgeräte leihweise zur Verfügung gestellt werden.

Der Strombedarf wurde anhand von Verbrauchsdaten zum Quartier ermittelt und ist in Abb. 24 dargestellt.

Daraus ergibt sich ein Stromverbrauch der **privaten Gebäude** von rund

9.992 MWh/a.

Für die kommunalen Gebäude sind die jährlichen Stromverbräuche aus den Daten der Stadtwerke bekannt.

Die **Stromverbräuche der kommunalen/öffentlichen Gebäude** liegen wie folgt vor:

1	Feuerwehrhaus	Harprechtstraße 6	25.000	[kWh/a]
2	Kinderhaus Kirchplatz	Lustnauer Kirchplatz 1	4.700	[kWh/a]
3	Dorfackerschule	Neuhaldenstraße 2	43.700	[kWh/a]
4	Turn- und Festhalle Lustnau	Neuhaldenstraße 12	47.000	[kWh/a]
5	Kinderhaus Paula Zundel	Neuhaldenstraße 15	5.500	[kWh/a]
6	Jugendhaus Lustnau	Nürtinger Straße 62	4.000	[kWh/a]
7	Kinderhaus Herrlesberg	Stäudach 118/120	12.000	[kWh/a]
8	Rathaus Lustnau	Steige 14	2.800	[kWh/a]
9	Kinderhaus Neuhalden	Viktor-Renner-Straße 70	3.500	[kWh/a]
10	Kläranlage		2.862.000	[kWh/a]

Somit ergibt sich ein Stromverbrauch der öffentlich/kommunalen Gebäude im Quartier Tübingen-Lustnau von rund

3.010 MWh/a.

Für die Gebäude, welche zur Nutzung von Dienstleistung, Gewerbe und Industrie klassifiziert wurden, beträgt der ermittelte Strombedarf

531 MWh/a.

Weiterer Strombezug für die sonstigen Gebäude beträgt rund

8 MWh/a.

Der **Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung** wurde berechnet auf Basis der seitens der Stadt übermittelten Anzahl und Leistungen der Leuchten im Quartier:

186 MWh/a

Bei den installierten Lampen handelt es sich um Natrium-Dampflampen und Leuchtstoffröhren sowie LED-Leuchtmittel. Durch die vollständige Umstellung auf LED-Leuchtmittel kann rund 40 % des Strombedarfs eingespart werden. Die Bilanzierung des zukünftigen Strombedarfs geht von einer vollständigen Umrüstung aller Leuchtmittel bis zum Jahr 2050 aus.

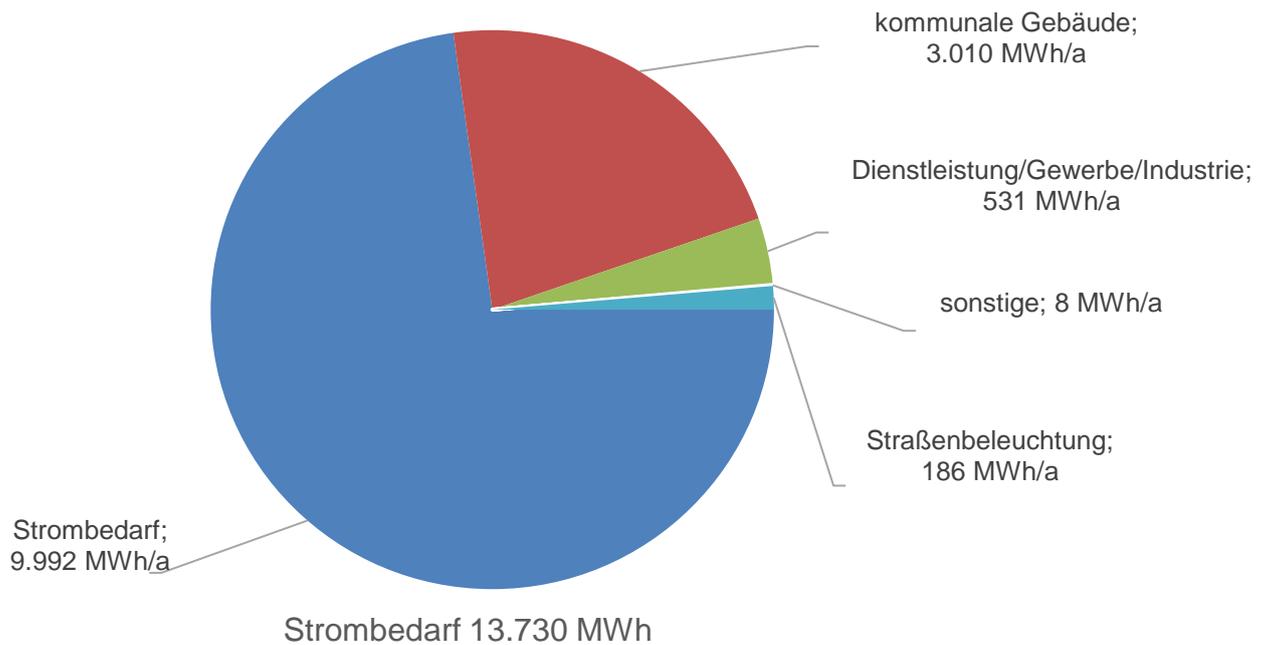


Abb. 24: Strombedarf im Quartier

4.6 Reduktion des Strombedarfs

Der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern bezieht sich auf den Bundesstrommix. Im Jahr 2016 betrug der erneuerbar erzeugte Anteil dabei bereits rund ein Drittel. Zielsetzung ist der Ausbau des erneuerbaren Anteils auf 80 % bis zum Jahr 2050. Gleichzeitig wird vom Umweltbundesamt eine Reduktion des Strombedarfs um 21 % bis 2050 angestrebt.

Bezogen auf das Untersuchungsgebiet (exklusive Straßenbeleuchtung und Heizstrom) ergäbe sich dadurch bis zum Bezugsjahr 2050 eine Reduktion des Strombedarfs von rund

2.587 MWh/a.

Die daraus resultierende CO₂-Einsparung errechnet sich bei Berücksichtigung des derzeitigen CO₂-Emissionsverdrängungsfaktors für Strom zu rund

1.308 t/a.

4.7 CO₂-Emissionen im Bestand

Auf Basis spezifischer Emissionsfaktoren der einzelnen Energieträger, aus den Vorgaben zum Gebäudeenergiegesetz 2020, werden die CO₂-Emissionen des Quartiers berechnet.

	CO ₂ -Faktor kg/kWh
Heizöl	0,310 GEG 2020
Erdgas	0,240 GEG 2020
Flüssiggas	0,270 GEG 2020
Strom	0,560 GEG 2020
Strom (Verdrängungsmix)	0,860 GEG 2020
FW Stäudach Ost	0,281 Projektspezifisch
FW Stäudach West	0,293 Projektspezifisch
FW Herrlesberg	0,122 Projektspezifisch
FW alte Weberei	0,043 Projektspezifisch
FW Welzenwiler Straße	0,200 Projektspezifisch
FW Lustnauer Zentrum	0,110 Projektspezifisch
FW Viktor-Renner-Str	0,000 Ansatz BHKW + Gaskessel
Erdgas-BHKW-Versorgung	0,000 errechnet
Scheitholz	0,020 GEG 2020
Holzpellet	0,020 GEG 2020
Holzschnitzel	0,020 GEG 2020
Solaranlagen	0,000 GEG 2020
Biogas (selbst erzeugt)	0,075 GEG 2020
Biomethan	0,140 GEG 2020

Wie in Abb. 25 dargestellt, resultiert aus dem derzeitigen **Strombedarf des Quartiers** auf Basis des oben genannten CO₂-Faktors bzw. CO₂-Äquivalents des bundesdeutschen Strommixes ein **CO₂-Ausstoß** von rund

6.300 t/a.

Aus dem in Abschnitt 4.4 aufgeschlüsselten Energieträgermix des Quartiers, errechnet sich der für Lustnau spezifische Emissionsfaktor für **Beheizung und Trinkwarmwasserbereitung** zu 0,218 kg/kWh Endenergie. Die derzeitige **CO₂-Emission** des Untersuchungsgebietes errechnet sich daraus zu rund

14.050 t/a.

Insgesamt (Wärme und Strom) ergeben sich entsprechend der Abb. 26 rund

20.331 t/a.

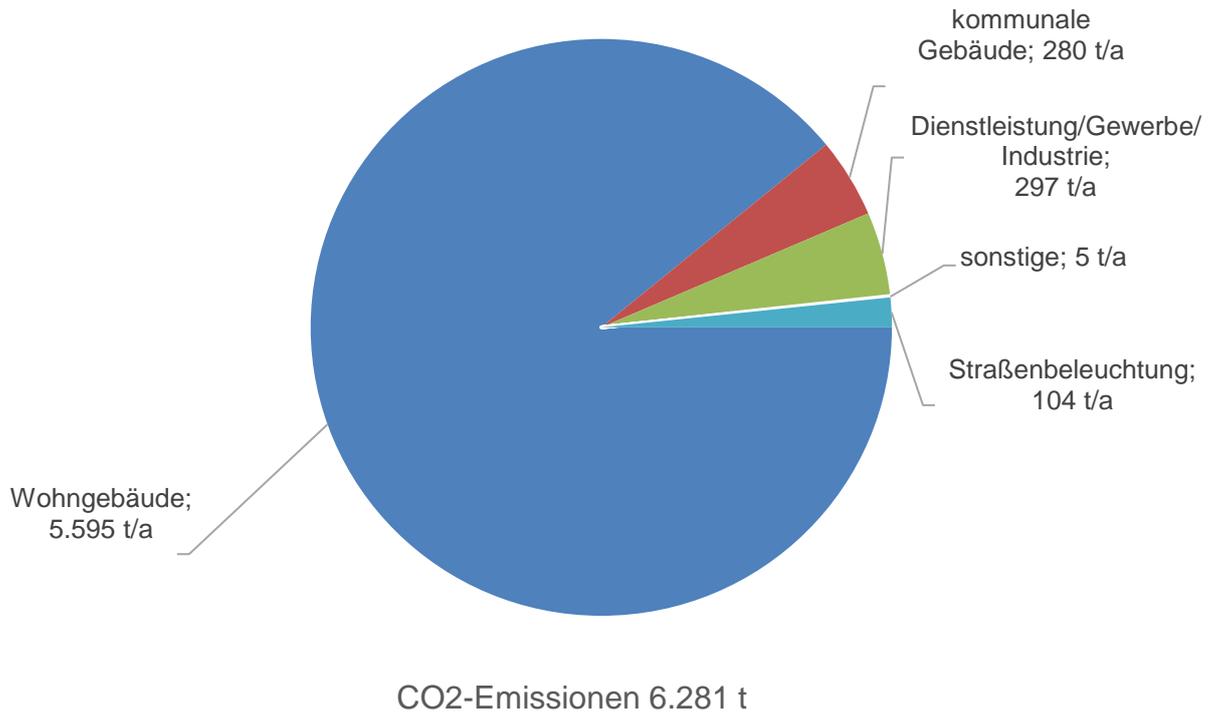


Abb. 25: CO₂-Emissionen aus Stromverbrauch im Quartier

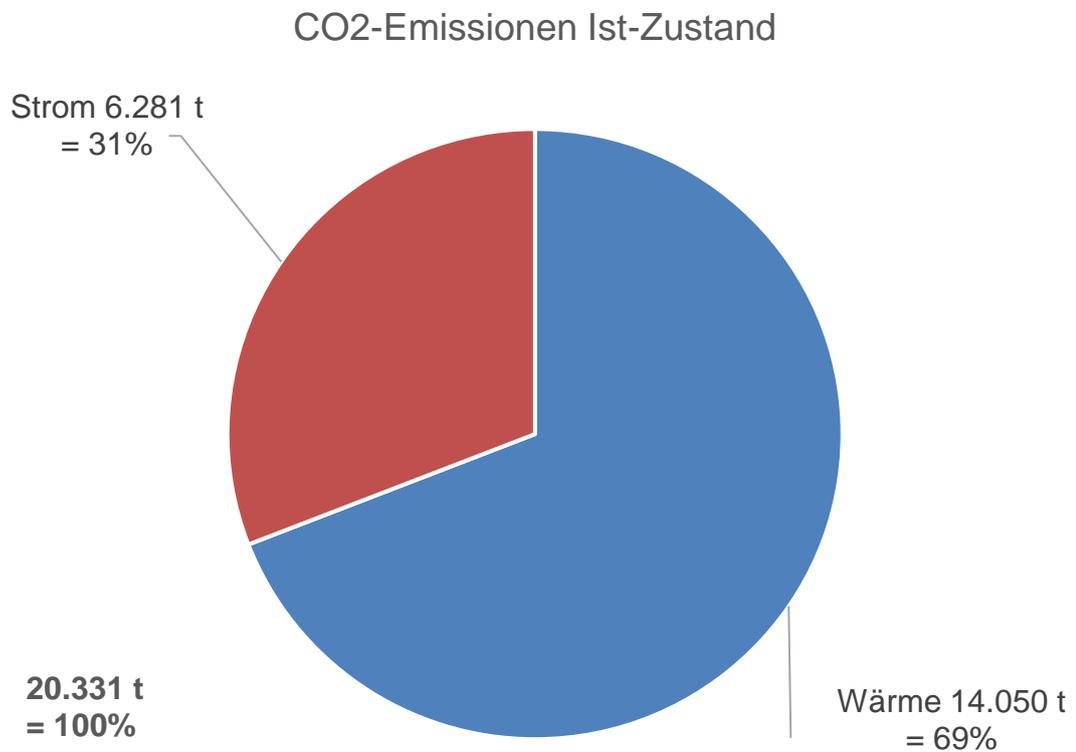


Abb. 26: CO₂-Emissionen Strom und Wärme im Bestand

5 Bauliche Modernisierungsszenarien

5.1 Auswahl quartiersrelevanter Gebäude

Das Quartier umfasst den historischen Teil von Lustnau, dessen Gebäude hauptsächlich vor dem Ersten Weltkrieg errichtet wurden. Für das Quartier repräsentativ sind zudem Gebäude der Baualtersklasse 1984 - 1994, in der viele Gebäude im Gebiet Stäudach erbaut wurden.

Für die exemplarische Bewertung von Modernisierungspotenzialen werden daher ein typisches Einfamilienhaus aus dem Ortskern und ein Mehrfamilienhaus im Bereich Stäudach betrachtet.

5.2 Mehrfamilienhaus – Szenario Referenzgebäude 1

- Bereich Stäudach
- Mehrfamilienhaus, ca. 1.200 m² Wfl.
- Baujahr 1991
- 16 Wohneinheiten
- Heizungsanlage: Gas-NT-Kessel



Für ein Referenzgebäude, das viele typische Gebäude des Quartiers repräsentiert, wurden mögliche Modernisierungsmaßnahmen, die zugehörigen Kosten sowie die resultierenden Einsparpotenziale hinsichtlich Energiebedarf und CO₂-Ausstoß untersucht.

Das Gebäude verfügt über 3 Vollgeschosse und ein ausgebautes Dachgeschoss. Das Untergeschoss ist unbeheizt. Das Gebäude befindet sich im baulichen Originalzustand. Den Berechnungen wurden folgende Randbedingungen zugrunde gelegt:

Bauteil	A [m ²]	U _{Bestand} [W/m ² K]	Maßnahme	U _{modernisiert} [W/m ² K]
Kellerdecke	450	0,60	10 cm Dämmung 035	0,22
Außenwand	750	0,60	12 cm WDVS 035	0,20
Fenster	240	2,70	Austausch	0,85
Satteldach	600	0,50	18 cm 035 + 10 cm 040	0,14
Summe	2.040			

Die Modernisierungsvorschläge berücksichtigen die bauteilbezogenen Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) bzw. nunmehr des Gebäudeenergiegesetzes (GEG). Darüber hinaus werden auch die Einzelbauteil-Anforderungen des BEG (Bundesförderung effiziente Gebäude) eingehalten. Dadurch sind die Einzelmaßnahmen förderfähig hinsichtlich eines zinsverbilligten Darlehens und eines Tilgungszuschusses über die KfW oder alternativ hinsichtlich eines Investitionszuschusses über das BAFA; jeweils in Höhe von 20 %.

Sollte das gesamte Maßnahmenpaket en bloc umgesetzt werden, kann z. B. in Verbindung mit einer Erneuerung der Heizungstechnik auf Basis regenerativer Energien ein Effizienzhausniveau erreicht werden. Verhältnismäßig einfach und auch wesentlich preiswerter wäre das Erreichen eines Effizienzhausniveaus durch eine Kombination der vorgeschlagenen Dämmmaßnahmen mit einem Anschluss an das Nahwärme-Versorgungsnetz im Bereich Stäudach. Voraussetzung wäre jedoch ein weiterer Ausbau des Netzes und gleichzeitig eine ökologische Transformation der bislang fossilen Wärmeerzeugung im Bereich Stäudach.

Auf Basis der Berechnungsvorschriften der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA) errechnet sich die Energieeinsparung des Referenzgebäudes zu:

Bauteil	Transmission Ist [kWh]	Transmission mod. [kWh]	Einsparung [kWh]
Kellerdecke	9.700	3.600	6.100
Außenwand	29.700	9.900	19.800
Fenster	42.800	13.500	29.300
Satteldach	19.800	5.500	14.300
Summe	102.000	32.500	69.500

Die aus den vorgeschlagenen baulichen Modernisierungsmaßnahmen resultierende Energieeinsparung errechnet sich in Summe zu 69.500 kWh. Im Geschosswohnungsbau liegen die reell erzielbaren Einsparungen erfahrungsgemäß etwa 10 % unter den rechnerisch ermittelten. Somit kann von einer Energieeinsparung von rund

62.000 kWh

ausgegangen werden, was einer Reduktion des spezifischen Energiebedarfs um 52 kWh/m²a entspricht.

Bislang wird in dem Gebäude Erdgas als Energieträger eingesetzt und in einem Niedertemperatur-Kessel verfeuert.

Durch die erfolgten Gaspreissteigerungen im Zuge des Krieges in der Ukraine und der damit verbundenen, angestrebten Unabhängigkeit von Gasimporten aus Russland, wird ein Gaspreis von rund 10 ct/kWh (brutto und bezogen auf den Wärmebedarf) angesetzt. Somit ergibt sich durch die Dämmmaßnahmen eine monetäre Einsparung von etwa 6.200 € pro Jahr. Die Reduktion des gebäudespezifischen CO₂-Ausstoßes läge bei gut

14 t CO₂/a.

Hierbei ist ein Beibehalt des Gaskessels sowie dessen Wirkungsgradverluste berücksichtigt. Für die vorgeschlagenen baulichen Modernisierungsmaßnahmen werden folgende Kosten veranschlagt:

Maßnahme	Kosten (inkl. MwSt.)
Kellerdeckendämmung	45.000 €
Fassaden- und Dacharbeitsgerüst	10.000 €
Außenwanddämmung (WDVS)	110.000 €
Fenstertausch (Kunststofffenster)	100.000 €
Dach (Zwischen- und Aufsparrendämmung)	325.000 €
Summe	590.000 €

Inklusive Nebenkosten (Architekturleistung und Energieeffizienz-Fachleute mit Bauleitung) ergeben sich für die vollständige Dämmung der Gebäudehülle Gesamtkosten von rund

630.000 €.

Bei Berücksichtigung des unterstellten Beibehalts des Gaskessels oder dem Einbau eines neuen Gaskessels, sind die Maßnahmen en bloc oder Stück für Stück als Einzelmaßnahmen förderfähig. Stand heute würden sie somit jeweils mit 20 % bezuschusst, was insgesamt einem Investitionszuschuss von 118.000 € auf die Dämmarbeiten und 20.000 € auf die Nebenkosten (50 % Förderung) entspräche. In Summe somit 138.000 €. Die Verpflichtung zum Einsatz von mindestens 15 % erneuerbarer Energie als Folge eines Kesseltausches (EWärmeG) wäre ersatzweise durch die Dämmung des Gebäudes erfüllt.

Unter der Annahme eines bei 10 ct/kWh verharrenden Gaspreises und ohne den Ansatz von Kapitalkosten, errechnet sich somit eine Kapitalrückflusszeit von 79 Jahren.

Kürzer stellt sich die Kapitalrückflusszeit dar, betrachtet man ohnehin anstehende Instandhaltungskosten.

Die Fenster beispielsweise müssten ohnehin in den kommenden Jahren ausgetauscht werden. Hierbei greift ein gesetzlicher Mindeststandard hinsichtlich des U_w -Wertes der neuen Fenster. Durch den ebenfalls mittelfristig notwendigen Neuanstrich der Fassade können diese Kosten sowie damit verbundene Putzausbesserungsarbeiten und die Gerüststellung den sogenannten „Sowieso-Kosten“ zugeordnet werden.

Rechnet man diese „Sowieso-Kosten“ heraus, ergeben sich für einen über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehenden Wärmeschutz bei diesem Gebäude noch Mehrkosten von rund 460.000 € abzgl. 138.000 € Förderung. Diese setzen sich aus den Kosten für die Dachmodernisierung, die Kellerdeckendämmung und den Mehraufwand an der Fassade für den Auftrag des WDVS und den Nebenkosten zusammen.

Ohne die „Sowieso-Kosten“ errechnet sich die Kapitalrückflusszeit somit zu 52 Jahren (ebenfalls ohne Energiepreissteigerungen und Kapitalkosten).

Unter der Annahme, dass das vorhandene Wärmenetz im Bereich Stäudach erweitert und in diesem Zuge auch hinsichtlich der Wärmeerzeugung ökologisch transformiert würde (Primärenergiefaktor $f_{PE} \leq 0,25$ [-]), wäre eine energetische Modernisierung der Gebäude in diesem Bereich von Lustnau für die Gebäude innehabenden Personen wirtschaftlicher.

Würde das Gebäude im Zuge der umfänglichen baulichen Modernisierung an das Nahwärmenetz angeschlossen, wäre im Ergebnis der Förderstandard „Effizienzhaus 70 Erneuerbare-Energien-Klasse“ erreichbar. Dies würde zu einer Verdopplung der Förderung (40 %ige Bezuschussung der Modernisierungsmaßnahmen inklusive der Sowieso-

Maßnahmen) führen. Für die Baubegleitung und Fachplanung bliebe der Zuschuss mit 50 % der Kosten unverändert.

Die Kosten für einen Anschluss an das Nahwärmenetz werden in der Kapitalrückflussbetrachtung nicht berücksichtigt, da sie sich etwa die Waage mit dem Einbau eines neuen Gaskessels halten dürften.

Die Summe der Zuschüsse durch die KfW (Effizienzhaus) summieren sich somit auf 256.000 €. Ein Kapitalrückfluss errechnet sich aus den Kosten von 460.000 € (ohne „Sowieso-Kosten“) abzgl. 256.000 € Zuschuss zu

33 Jahren.

Durch einen Anschluss des Gebäudes an das Nahwärmenetz ließe sich die CO₂-Einsparung weiter steigern (angenommener CO₂-Faktor 0,0425 kg/kWh, wie für den Netzverbund Lustnau konzipiert). Auf Basis einer gesamtbilanziellen Gebäudebetrachtung errechnet sich die Einsparung in diesem Fall auf insgesamt rund

37 t CO₂/a,

was etwa 72 % des bisherigen Ausstoßes des Gebäudes entspricht, wie in Abb. 27 gezeigt.

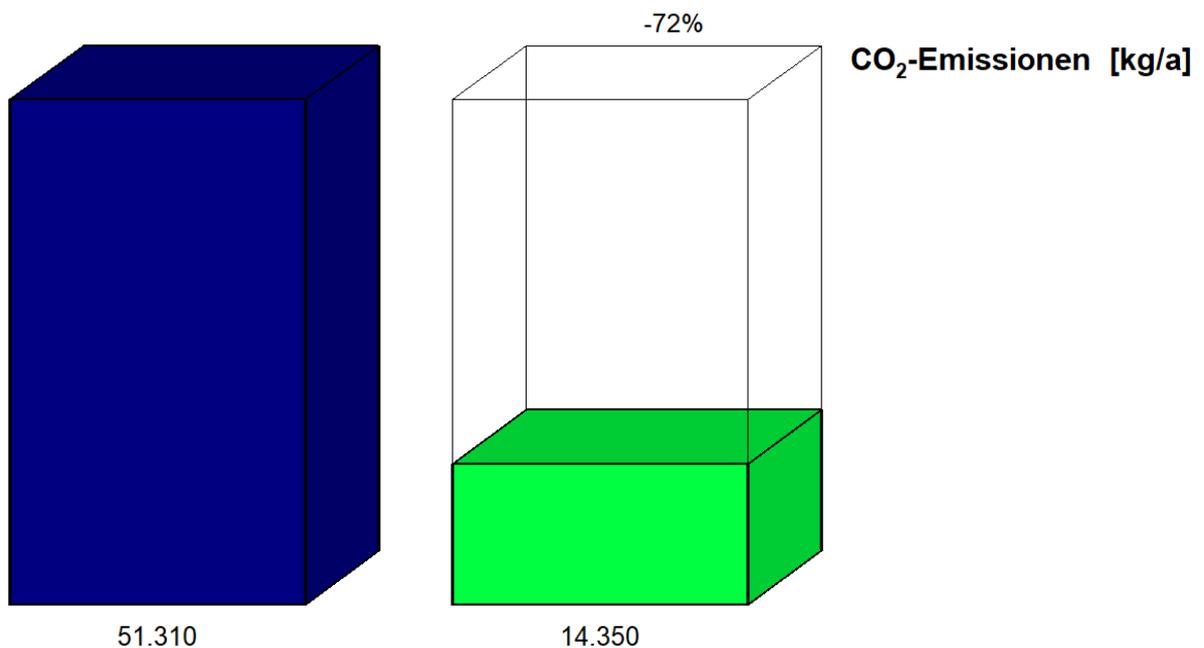


Abb. 27: CO₂-Emission Referenzgebäude 1 vor und nach der Modernisierung (mit Nahwärmeanschluss)

5.3 Einfamilienhaus – Szenario Referenzgebäude 2

- Bereich Ortskern/Weiherhaldenstraße
- freistehendes Einfamilienhaus
- Baujahr 1923
- 1 Wohneinheit, ca. 110 m² Wfl.
- Heizungsanlage: Öl-NT-Kessel



Für ein Referenzgebäude, das typische, vor 1945 errichtete Gebäude im gewachsenen Ortskern des Quartiers repräsentiert, wurden mögliche Modernisierungsmaßnahmen, die zugehörigen Kosten sowie die resultierenden Einsparpotenziale hinsichtlich Energiebedarf und CO₂-Ausstoß untersucht.

Der Betrachtung liegt die Annahme zugrunde, dass sich das Gebäude in energetischer Hinsicht weitgehend im baulichen Originalzustand befindet. Die Beheizung und die Trinkwarmwasserbereitung erfolgen über einen in die Jahre gekommenen Niedertemperatur-Ölkessel. Weiterhin wird ein Kachelofen (Scheitholz) betrieben.

Das Erdgeschoss des Gebäudes ist fast vollständig unbeheizt. Durch die leichte Hanglage grenzen Teile des Erdgeschosses auch an Erdreich. Im EG befindet sich der Zugangsbereich mit Treppenaufgang, ein Abstellraum, eine Waschküche und der Heizraum. Die Erschließung erfolgt über die EG-Haustüre und eine innenseitig im Kaltbereich angeordnete Treppe. Der Wohnraum umfasst das 1. OG sowie das Dachgeschoss und verfügt über eine beheizte Wohnfläche von knapp 110 m².

Das beheizte Gebäudevolumen wird nach unten von der Kellerdecke bzw. den Treppenkopf umfassenden Bauteilen begrenzt. Ansonsten bilden die Außenwände bzw. das Satteldach des Gebäudes die thermische Hülle. In dem Gebäude wohnen 2 Erwachsene mit einem Kind, das Nutzungsverhalten ist sparsam. Die durchschnittliche Raumtemperatur wurde im Winter mit 18 °C berücksichtigt, da Teilbereiche (z. B. das Schlafzimmer) nur niedrig beheizt werden.

Der Brennstoffbedarf errechnet sich im Ist-Zustand zu rund:

Heizöl:	2.700 l
Scheitholz:	4 Rm

Das im Zuge des Generationenwechsels von der jungen Familie erworbene Gebäude müsste neu gestrichen werden. Das Dach müsste neu eingedeckt und in diesem Zuge gemäß der EnEV-Anforderung eine Zwischensparrendämmung erhalten. Die in den 80er Jahren letztmals ersetzten Fenster sind austauschwürdig.

Da nicht weiter mit Öl geheizt werden soll, entscheiden sich die besitzhabenden Personen für den Einbau eines Scheitholz-Vergaserkessels in Kombination mit einer Solarthermieanlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung. Die Heizungsverteilung sowie die Trinkwarmwasserverteilung werden erneuert.

Die Außenwände sollen oberhalb des Erdgeschosses mit einer Außenwanddämmung unter Putz (WDVS) versehen und in diesem Zuge auch größere Fenster eingebaut werden, die über eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung verfügen. Die EG-Decke bekommt unterseitig eine Dämmlage von 6 cm, da die Raumhöhe keine dickere Dämmung zulässt. Das Dach erhält eine Kombination aus Zwischen- und Aufsparrendämmung und neue Dachfenster.

Für das exemplarische Gebäude wurden folgende Randbedingungen ermittelt und den Berechnungen zugrunde gelegt:

Bauteil	A [m ²]	U _{Bestand} [W/m ² K]	Maßnahme	U _{modernisiert} [W/m ² K]
EG-Decke	90	1,20	6 cm Dämmung unterseitig	0,32
OG/DG-Wände	104	1,40	16 cm WDVS	0,19
Fenster	34/40	2,70	Austausch, Vergrößerung	0,90
Satteldach	112	1,40	Zwischen- und Aufdämmung	0,14
Dachfenster	5	2,70	Austausch	1,40

Das Gebäude erfüllt nach Umsetzung der Modernisierungsmaßnahmen die Anforderungen der KfW an ein „Effizienzhaus 85 Erneuerbare-Energien-Klasse“. Den begrenzenden Faktor hinsichtlich eines noch besseren Niveaus stellt der nicht dämmbare Treppenkopf im OG dar.

Bei einer Umsetzung der Modernisierung en bloc wäre somit eine Bezuschussung der anfallenden Kosten in Höhe von 35 % (Stand Gutachtenerstellung) durch die KfW möglich.

Der Ausbau des Ölkessels sowie der Einbau des Scheitholzessels mit Solarthermieanlage wird seitens des BAFA separat mit 45 % gefördert. Mitgefördert werden dabei die Arbeiten an der Sekundärseite (neue Heizungs- und Warmwasserleitungen, Wärmespeicher etc.). Die anlagentechnischen Kosten werden daher in diesem Fall nicht mit den anrechenbaren Kosten der baulichen Maßnahmen summiert bzw. nicht bei den Gesamtkosten des KfW-Kredites mit prozentualem Tilgungszuschuss berücksichtigt.

Der Endenergiebedarf reduziert sich durch die Dämmmaßnahmen sowie die effizienzsteigernden Maßnahmen an der Anlagentechnik entsprechend Abb. 28 um 46 %. Dies entspricht einer spezifischen Einsparung von 152 kWh/m²a.

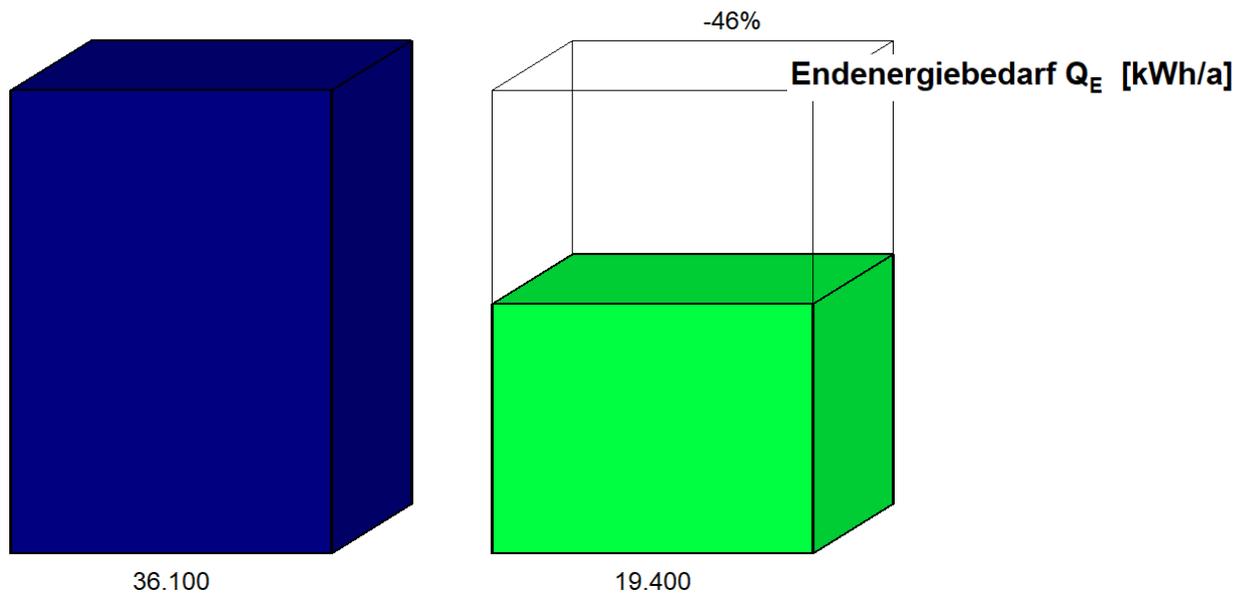


Abb. 28: Reduktion Endenergiebedarf gegenüber Ausgangszustand, Referenzgebäude 2

Hierbei reduziert sich der Ölverbrauch des Gebäudes auf null (-2.700 l/a) und der Brennholzbedarf steigt von bislang 4 Rm/a auf insgesamt etwa 10 Rm/a.

Durch den Wegfall des fossilen Energieträgers und dessen Ersatz durch solare Wärme und Brennholz, sinkt der Primärenergiebedarf um insgesamt 87 % (siehe Abb. 29). Der verbleibende Primärenergiebedarf wird dabei durch den Strombedarf der Anlagentechnik in Verbindung mit dem derzeitigen Primärenergiefaktor für Strom aus dem bundesdeutschen Netz (1,8 [-]) und den Primärenergiefaktor gemäß GEG für Stückholz (0,2 [-]) verursacht.

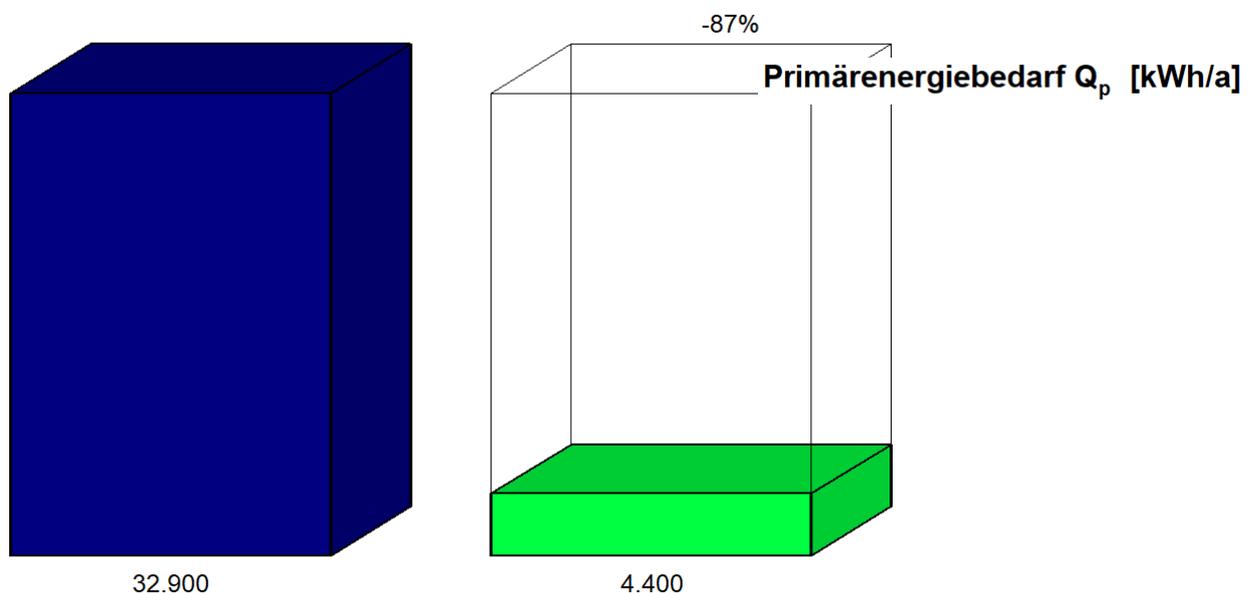


Abb. 29: Reduktion Primärenergiebedarf gegenüber Ausgangszustand, Referenzgebäude 2

Auf dieser Basis errechnet sich die CO_2 -Einsparung gegenüber dem Ausgangszustand für das Gebäude in Abb. 30 zu -96 % bzw. um gut 8 t/a.

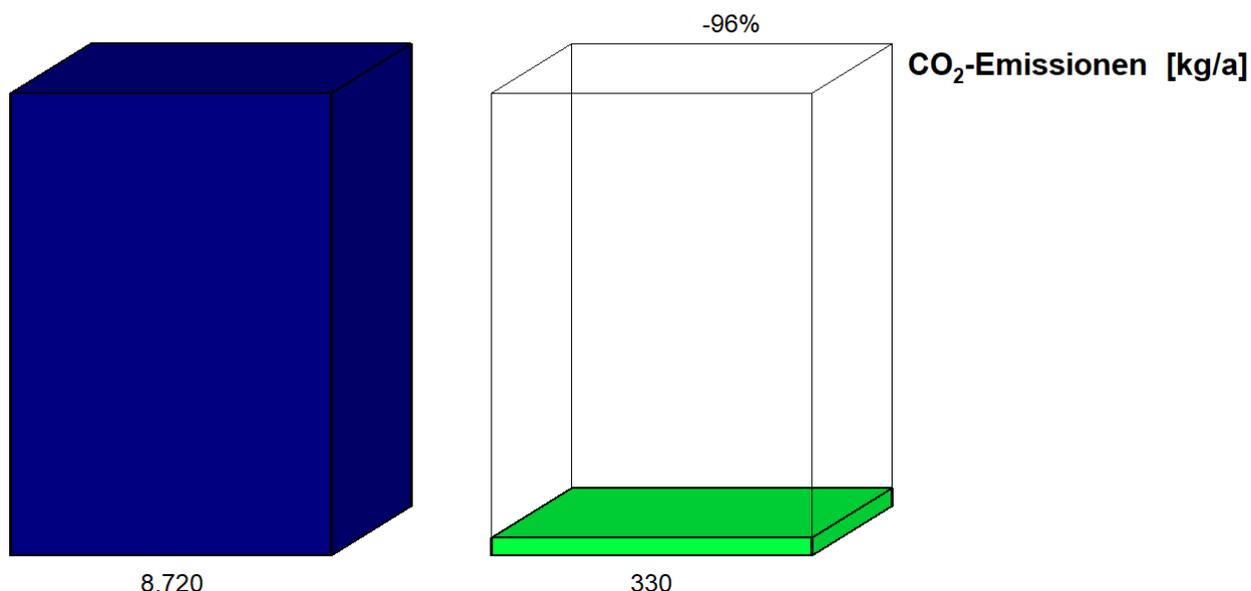


Abb. 30: Reduktion CO₂-Emission gegenüber Ausgangszustand, Referenzgebäude 2

Für die vorgeschlagenen baulichen und anlagentechnischen Modernisierungsmaßnahmen werden folgende Kosten veranschlagt:

Maßnahme	Kosten (inkl. 19 % MwSt.)
Dämmung EG-Decke	9.000 €
Außenwanddämmung (WDVS)	16.000 €
Fenstertausch	17.000 €
Modernisierung Satteldach	35.000 €
Blecharbeiten	5.000 €
Dachfenster	8.000 €
Scheitholzkessel, Solaranlage, Verteilung	50.000 €
Summe	140.000 €

Nebenkosten fallen lediglich im Bereich Energieberatung und Baubegleitung in Höhe von ca. 8.000 € an. Insgesamt kann somit von **Gesamtkosten in Höhe von rund 148.000 €** ausgegangen werden.

Die Nebenkosten werden seitens der KfW im Programm 431 (Zuschuss Baubegleitung) mit 50 % bzw. in diesem Fall mit 4.000 € separat bezuschusst.

Das BAFA fördert die anlagentechnischen Maßnahmen auf separaten Antrag. Da ein Ölkessel außer Betrieb genommen wird, beträgt die Förderung 45 %, was die Kosten für die neue Anlagentechnik auf rund 28.000 € reduziert. Durch die Förderung des BAFA können die Kosten der Heizungsmodernisierung aber nicht gleichzeitig in den förderfähigen Kosten der KfW berücksichtigt werden.

Der Tilgungszuschuss der KfW in Höhe von 35 % erstreckt sich folglich auf die verbleibenden 90.000 € des Gesamtinvests (Zuschuss rd. 32.000 €).

Die Summe der Zuschüsse (Bauliches, Anlagentechnik und Baubegleitung) von rund 58.000 € reduzieren den **finanziellen Aufwand für den Gebäudebesitzenden** auf rund

90.000 €.

Für die Kapitalrückflussberechnung wird von einem Stückholzpreis im Großraum Tübingen von 80 €/Rm inkl. MwSt. ausgegangen und einem Ölpreis von rund 130 ct/l.

Aus der Einsparung von 2.700 l Heizöl pro Jahr und einem Mehrbedarf von 6 Rm Scheitholz jährlich errechnet sich eine **Einsparung beim Energiebezug von rd. 3.000 € pro Jahr** und somit eine Kapitalrückflusszeit von 30 Jahren (exkl. Energiepreissteigerungen und Kapitalkosten).

Ungeachtet von Klimaschutz- und Behaglichkeitsaspekten stünden an dem Gebäude jedoch mindestens die folgenden Instandhaltungsmaßnahmen ohnehin an:

Maßnahme	Kosten (inkl. MwSt.)
Anstrich Fassade	8.000 €
Fenstertausch	17.000 €
Modernisierung Satteldach (Zwischensparrendämmung gemäß EnEV)	23.000 €
Blecharbeiten	5.000 €
Dachfenster	8.000 €
Heizungstausch (Öl-Brennwertgerät mit Solar)	15.000 €
Summe	76.000 €

Zieht man diese ohnehin anfallenden „Sowieso-Kosten“ ab, verbleibt als Mehraufwand für die Gesamterüchtigung zum „Effizienzhaus 85 Erneuerbare-Energien-Klasse“ unter Berücksichtigung des damit erschließbaren Zuschusses für Gebäudedämmung und regenerative Heizung, ein Betrag von rund 14.000 €. Die damit verbundene Energieeinsparung führt unter Berücksichtigung des Brennstoffes Scheitholz zu einer **Kapitalrückflusszeit** (exkl. Energiepreissteigerungen und Kapitalkosten) von knapp

5 Jahren.

5.4 Baulicher Modernisierungszustand 2030

Ohnehin anstehende Instandhaltungsmaßnahmen in Verbindung mit daran gekoppelten rechtlichen Auflagen (GEG, EwärmeG), Klimaschutzaspekte, staatliche Förderungen und die Einsparung von Brennstoffkosten werden zu einer weiteren Verbesserung bzw. Modernisierung der Gebäude im untersuchten Quartier in den kommenden Jahren führen.

Die gebäudescharfe Bilanzierung erlaubt eine Hochrechnung des Wärmebedarfsrückgangs in Verbindung mit künftigen Modernisierungsmaßnahmen. Unter der Annahme, dass bis zum Jahr 2030 alle Wohngebäude des Quartiers allein altershalber über Fenster mit Wärmeschutzverglasungen und außerhalb des Bereichs Stäudach überwiegend auch über modernisierte Dächer verfügen, kann von einer Reduktion des Wärmebedarfs der Wohngebäude insgesamt um 8 % ausgegangen werden.

Der Wärmeenergiebedarf für Beheizung und Trinkwarmwasserbereitung aller Gebäude könnte so bis 2030 sukzessiv auf rund 50.631 MWh/a sinken (bislang rund 55.040 MWh/a).

Die **Einsparung des Wärmebedarfs** läge somit bei rund

4.49 MWh pro Jahr.

Bezogen auf die Kohlendioxid-Emissionen ergäbe sich bei Beibehaltung des derzeitigen Energieträgermixes infolge der baulichen Modernisierung eine resultierende Einsparung von ca.

1.125 t CO₂/a.

5.5 Baulicher Modernisierungszustand 2050

Davon ausgehend, dass derzeitige Sanierungsquote von 1 % bis zum Jahr 2050 konstant bleibt, gehen wir von einer Einsparung von 20 % gegenüber dem derzeitigen Stand aus.

Der Wärmebedarf für Beheizung und Trinkwarmwasserbereitung im Quartier (bislang rund 55.040 MWh/a) könnte so bis 2050 sukzessive auf 44.028 MWh/a sinken. Die **Einsparung des Wärmebedarfs** läge somit bei

11.012 MWh pro Jahr.

Bezogen auf die Wohngebäude (Wohnfläche rund 462.000 m² im Quartier) liegt hierbei der für das Jahr 2050 angenommene spezifische Wert bei 90 kWh/m²a.

Bezogen auf die Kohlendioxid-Emissionen ergäbe sich bei Beibehaltung des derzeitigen Energieträgermixes sowie der spezifischen CO₂-Emissions-Faktoren eine resultierende Einsparung von rund

2.811 t CO₂/a.

5.6 Fortschreitende Modernisierung von Einzelheizsystemen

Neben der nachträglichen Dämmung von Außenbauteilen der thermischen Gebäudehülle, wird auch die fortschreitende Modernisierung von Einzelheizsystemen einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes über die betrachteten Zeiträume mit sich bringen.

Das Interesse bzw. die Nachfrage der Bevölkerung bzw. Gebäude besitzende an Nahwärmeanschlüssen ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen. Dies hängt aus unserer Sicht mit einer erhöhten ökologischen Sensibilität im Hinblick auf eine eigene, fossil befeuerte Zentralheizung zusammen. Seit Beginn des Krieges in der Ukraine und den damit verbundenen Teuerungen für Brennstoffe, kommt auch der wirtschaftliche Aspekt in den Überlegungen verstärkt hinzu.

Dennoch können auf absehbare Zeit sicherlich nicht alle Gebäude im Quartier an eine Nahwärmeversorgung angeschlossen werden, beispielsweise, weil eine zentrale Versorgung für bestimmte Teile des Quartiers für die Stadtwerke nicht wirtschaftlich realisiert werden kann. Aus diesem Grund wird die klimaschutztechnisch notwendige Transformation der Gebäudebeheizung auch von der Umrüstung von Einzelheizungen abhängen. Daher sollen hier Alternativen bei der Beheizung der Gebäude aufgezeigt werden.

Die energetische Bilanzierung berücksichtigt bis zum Jahr 2050 eine Ausweitung der Nahwärmeversorgung zur Abdeckung von 60 % des Wärmebedarfs der Wohn- bzw. Wohnmischgebäude.

Für die verbleibenden 40 % gehen wir in der Bilanzierung des CO₂-Ausstoßes für die Bezugsjahre 2030 und 2050 von einer fortschreitenden Modernisierung der bestehenden Einzelheizungen aus. Betrachtet wird hierbei ein sukzessiver Ersatz der bestehenden Öl-, Gas- und Stromheizungen zugunsten eines Mixes aus folgenden Einzelheizsystemen, die die jeweils aus dem Heizungsaustausch resultierende Anforderung des Erneuerbare-Wärme-Gesetzes Baden-Württemberg (EWärmeG) erfüllen:

- Gas-Brennwertkessel mit Solarthermie (Warmwasser und Heizungsunterstützung)	20 %
- Luft-Wasser- bzw. Sole-Wasser-Wärmepumpe	40 %
- biogene Festbrennstoffe	40 %

In den außerhalb des betrachteten mit Nahwärme versorgten Gebiets sowie unter Berücksichtigung eines Anteils nicht anzuschließender Gebäude im Versorgungsgebiet, errechnet sich die zu erwartende Einsparung an CO₂ durch die Modernisierung von Einzelheizungen, unter Berücksichtigung der o. g. prozentualen Aufteilung bis zum Jahr 2050 auf

2.081 t/a.

Dies entspricht einer durch die Modernisierung von Einzelheizungen zu erwartenden Einsparung des CO₂-Ausstoßes von rund 15 % gegenüber den heutigen Emissionen.

Für die kommunalen Gebäude wird von einer Vollversorgung mit Fernwärme bis zum Jahr 2050 ausgegangen.

5.7 Übersicht CO₂-Einsparung dezentraler Modernisierungsmaßnahmen

Im nachfolgenden Diagramm ist eine Übersicht möglicher Modernisierungsmaßnahmen an Bestandsgebäuden dargestellt.

Bezogen auf ein bislang mittels eines Ölkessels (Abb. 31) bzw. eines Gaskessels (Abb. 32) zentral beheizten Gebäudes (inkl. Trinkwarmwasserbereitung), sind vereinfacht die durch Einzelmaßnahmen am Gebäude erzielbaren Einsparpotenziale (Kohlendioxid-Ausstoß) in Gramm je Kilowattstunde Wärmebedarf dargestellt.

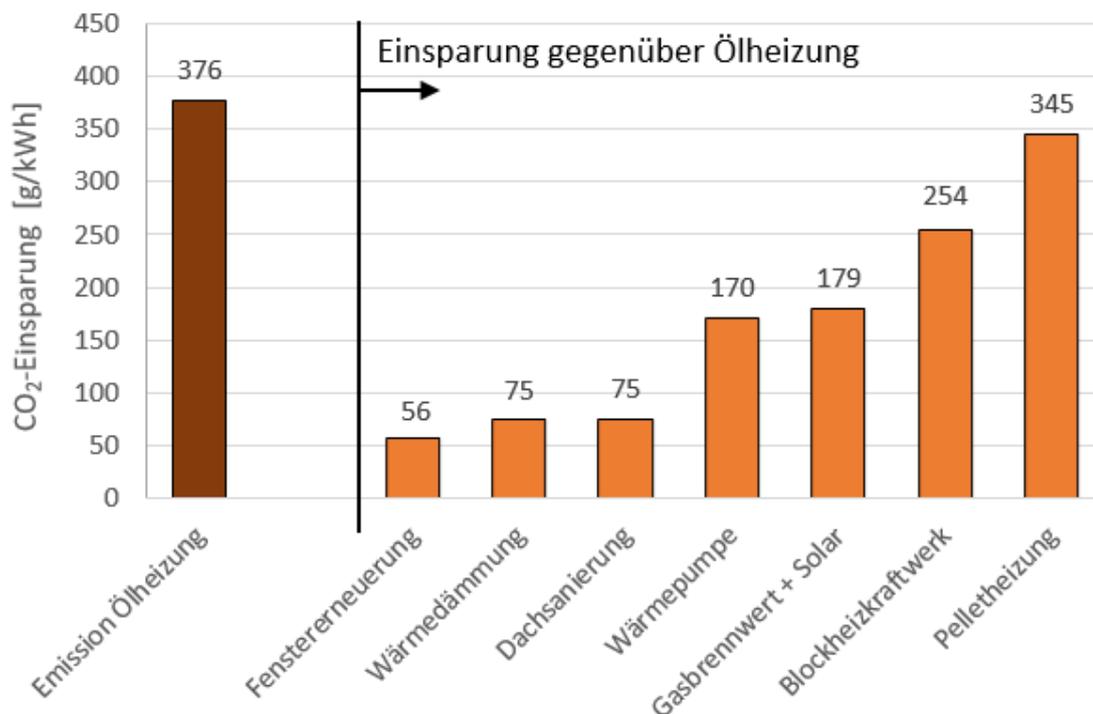


Abb. 31: CO₂-Einsparpotenziale dezentraler Einzelmaßnahmen gegenüber Ölheizung

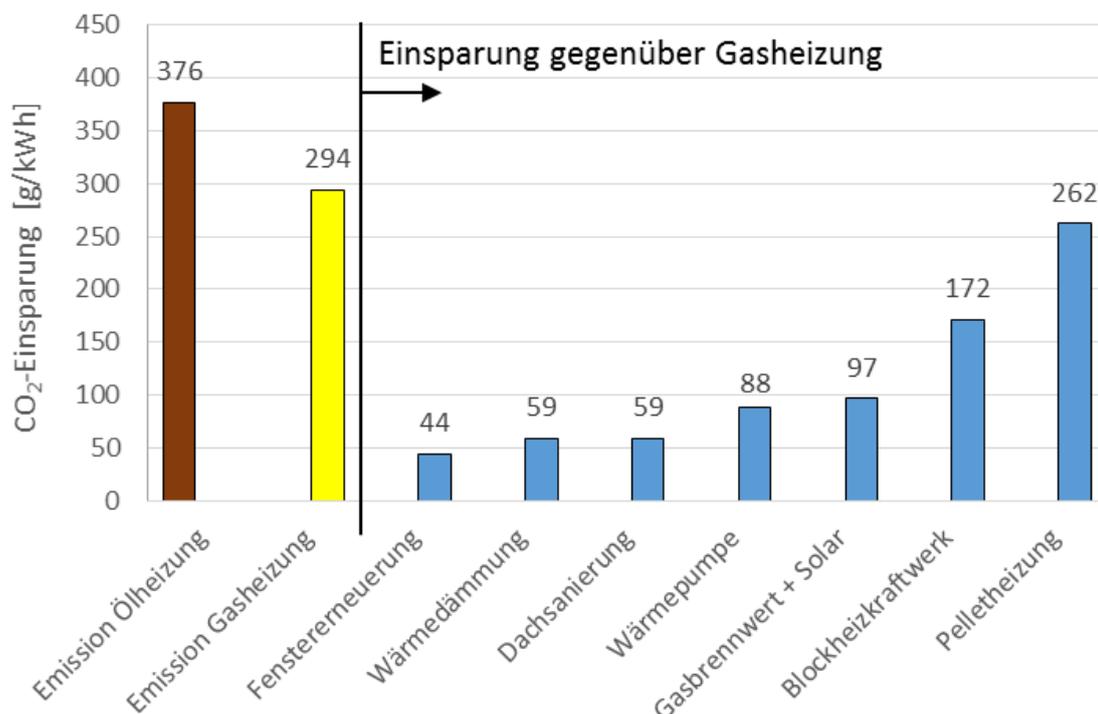


Abb. 32: CO₂-Einsparpotenziale dezentraler Einzelmaßnahmen gegenüber Gasheizung

6 Solarpotenziale

6.1 Analyse der Erzeugungskapazität

Anhand eines Infrastrukturplanenden wurden die Potenziale hinsichtlich einer möglichen Installation von Photovoltaik-Modulen oder solarthermischen Anlagen auf den Dächern im untersuchten Quartier ermittelt. Hierbei sind nicht nutzbare Flächen wie Dachaufbauten, Lichtkuppeln und Dachfenster abgezogen sowie teilverschattete Bereiche mit einem entsprechend geringeren Strahlungseintrag berücksichtigt.



Abb. 33: Solarpotenzial

Gemäß der Auswertung in Abb. 33 stehen für eine belegbare Fläche von insgesamt

142.000 m²

für die Montage von Photovoltaikanlagen oder solarthermischen Anlagen zur Verfügung.

Nach Abzug der bereits mit Solaranlagen belegten Dachflächen von rund 1.400 m² (siehe Kapitel 4.4) sowie der bereits mit Photovoltaikanlagen belegten Dachfläche von rund 3.700 m² verbleibt eine belegbare Fläche von

135.000 m².

Unter Berücksichtigung der jeweiligen Ausrichtung und Dachneigung der berücksichtigten Dachflächen könnten bei einer vollständigen Nutzung dieser Flächen zur **Stromerzeugung** (Anlagenleistung rund 21.500 kW_p) innerhalb eines Jahres somit rund

18.300 MWh/a

Strom regenerativ erzeugt werden.

Alternativ könnte bei einer vollständigen Belegung mittels **solarthermischer Anlagen** ein jährlicher Wärmeertrag von rund

48.377 MWh/a

erreicht werden. Reell wären theoretisch im Quartier Lustnau etwa

7.350 MWh/a

nutzbar, setzt man voraus, dass die Solarthermieanlagen – entsprechend den Anforderungen des Erneuerbare-Wärme-Gesetzes – für einen Deckungsanteil von 15 % des zukünftigen Wärmebedarfs (49.983 MWh) jedes Gebäudes ausgelegt würden.

6.2 Reduktion CO₂-Emissionen durch Photovoltaik- und Solaranlagen

Bezogen auf die CO₂-Emissionen ergäbe sich unter Berücksichtigung des derzeitigen spezifischen CO₂-Emissionsverdrängungsfaktors für Strom (0,86 kg/kWh gemäß GEG) bei einer vollständigen Belegung der geeigneten Hausdachflächen mit **PV-Modulen** eine jährliche Einsparung von rund

15.700 t CO₂/a.

Bei einer angenommenen Ausbauquote bis 2050 von etwa 30 % der möglichen Flächenbelegung ergibt sich eine Einsparung von rund

4.700 t CO₂/a.

Wird das Dachflächenpotenzial vollständig für die Belegung mit solarthermischen Anlagen genutzt, so ergäbe sich unter Zugrundelegung der o. g. verwertbaren Wärmemenge in den Gebäuden sowie unter Berücksichtigung des derzeitigen **Energiemixes** zur Heizung und Trinkwarmwasserbereitung eine jährliche CO₂-Einsparung von rund

1.620 t CO₂/a.

7 Fernwärmeversorgung im Quartier Lustnau

Im folgenden Kapitel werden Ergebnisse aus der Ermittlung des Wärmebedarfs der einzelnen Gebäude dargestellt und welche Potenziale sich daraus ergeben für die Erweiterung der vorhandenen Wärmenetze.

7.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet ist ein heterogenes Quartier. Es sind alle Arten von Gebäudekategorien im Quartier vertreten mit Ein- bis Zweifamilienhäusern, Mehrfamilienhäusern, Hochhäusern, Mischwohngebäuden und Industrie entsprechend der Abb. 34.



Abb. 34: Untersuchungsgebiet Lustnau mit Gebäudetypen

(Quelle: Smart Geomatics)

7.2 Wärmeverbrauch

Die Bestandsgebäude in Lustnau werden überwiegend durch Öl- und Gas-Zentralheizungen mit Wärme versorgt. Vereinzelt werden für die Beheizung auch Holz und Strom als Energieträger eingesetzt.

Grundlage Energieverbrauchswerte

Im Untersuchungsgebiet wurden die Gebäude bei einer Vor-Ort-Begehung aufgenommen und jeweils der dazugehörige Wärmeverbrauch bei derzeitigem Dämmstandard berechnet:

öffentliche Gebäude	14 Gebäude
Wohn-/Mischwohngebäude	1.459 Gebäude
Gewerbe, Dienstleistung und Industrie	77 Gebäude
Sonstige	6 Gebäude

Summe Gebäude **1.556 Gebäude**

Öffentliche Gebäude

Anhand der Daten aus der kommunalen Wärmeplanung sowie Verbrauchsdaten zur Kläranlage und zu weiteren kommunalen Gebäuden wurden die Wärmeverbräuche der kommunalen Liegenschaften ausgewertet.

Wärmeverbrauch kommunale Gebäude **rd. 3.615 kWh/a**

Private Wohn- und Mischwohngebäude

Die 1.459 Wohngebäude im Quartier verfügen über eine Gesamtwohnfläche von ca. 462.000 m², woraus sich eine mittlere Wohnfläche von 317 m² je Gebäude errechnet. Für die Wohngebäude wurde der Wärmeverbrauch auf Grundlage der bei der Vor-Ort-Begehung aufgenommenen Daten berechnet. Dieser Wärmeverbrauch kann durch unterschiedliches Nutzungsverhalten abweichen, stellt jedoch für die weitere Untersuchung eine belastbare Grundlage dar. Es wurden für die Berechnung des Wärmeverbrauchs für jedes einzelne Haus folgende Faktoren mit einbezogen:

- Gebäudeart
- Baujahr
- Fenster mit Wärmeschutzverglasung
- Wärmedämmung
- Dachsanierung
- Anzahl Vollgeschoss
- Dachgeschoss
- beheizte Fläche

Auf dieser Datenbasis ergibt sich der berechnete Wärmeverbrauch der privaten Gebäude zu:

Wärmeverbrauch private Wohngebäude/Wohnmischgebäude **rd. 48.983 MWh/a**

Durchschnittlicher Wärmeverbrauch je Gebäude:

Wärmeverbrauch je Gebäude 48.983.000 kWh/a : 1.459 Gebäude = rd. 33.500 kWh/a

Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie

Im Quartier wurden 77 Gebäude der Kategorie Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie zugeordnet. Die Wärmeverbräuche der Gebäude wurden anhand von flächenspezifischen Bedarfsansätzen berechnet.

Wärmeverbrauch Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie **rd. 2.368 MWh/a**

7.3 Verteilung des Wärmeverbrauchs

Folgende Abbildung zeigt den absoluten Wärmebedarf der Gebäude. Eine weitere Kenngröße zur Bewertung des Potenzials zum Aufbau einer Wärmerversorgung ist die Wärmedichte. Dabei handelt es sich um die Summe des Wärmebedarfs aller Gebäude entlang eines Straßenzugs geteilt durch die Straßenlänge.

Um eine hohe Wärmedichte und damit einen wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes zu erreichen, wurden die Verbrauchsschwerpunkte in Abb. 35 identifiziert. Dabei entsprechen blau umrandete Bereiche den Gebieten mit dem höchsten Potenzial.



Abb. 35: Untersuchungsgebiet Lustnau mit Wärmedichte (Quelle: Smart Geomatics)

Werden nicht alle Gebäude in einem Straßenabschnitt angeschlossen, ist die Anschlussquote kleiner 100 %. Die Wärmedichte sinkt entsprechend ab.

Anhand der Grafik sind die Verbrauchsschwerpunkte im Quartier im Umfeld der Alten Weberei, des Ortskerns, des Stadtviertels Herrlesberg/Stäudach sowie im Gebiet Neuhalde (nördlich der Pfrondorfer Straße).

8 Untersuchung der erneuerbaren Potenziale für Fernwärmeversorgung im Quartier

Im vorliegenden Quartierskonzept wurde als Untersuchungsschwerpunkt die Nutzung der vorhandenen Potenziale für die Fernwärmeversorgung Tübingen untersucht. Das größte Potenzial bietet die Kläranlage im Quartier.

8.1 Grundlagen der Wärmeversorgung

Die Wärmeverteilung bei einer Fernwärmeversorgung erfolgt über ein erdverlegtes Wärmenetz (Abb. 36;37). Hierbei werden Kunststoffmantelrohre in der Ausführung als Doppelrohr mit verstärkter Dämmung eingesetzt, um die Wärmeverteilungsverluste zu minimieren. Die Wärmeverbrauchenden werden über Hausanschlussleitungen an die Hauptleitungen angeschlossen. Die Wärmeübergabe erfolgt über indirekte Übergabestationen mit Systemtrennung durch einen Wärmetauscher, welche bei jeder Wärme abnehmenden Gebäude eingebaut werden. Diese ist schematisch in Abb. 38 dargestellt.



Abb. 36: KMR-Duo-Rohr



Abb. 37: Verlegung KMR-Rohr

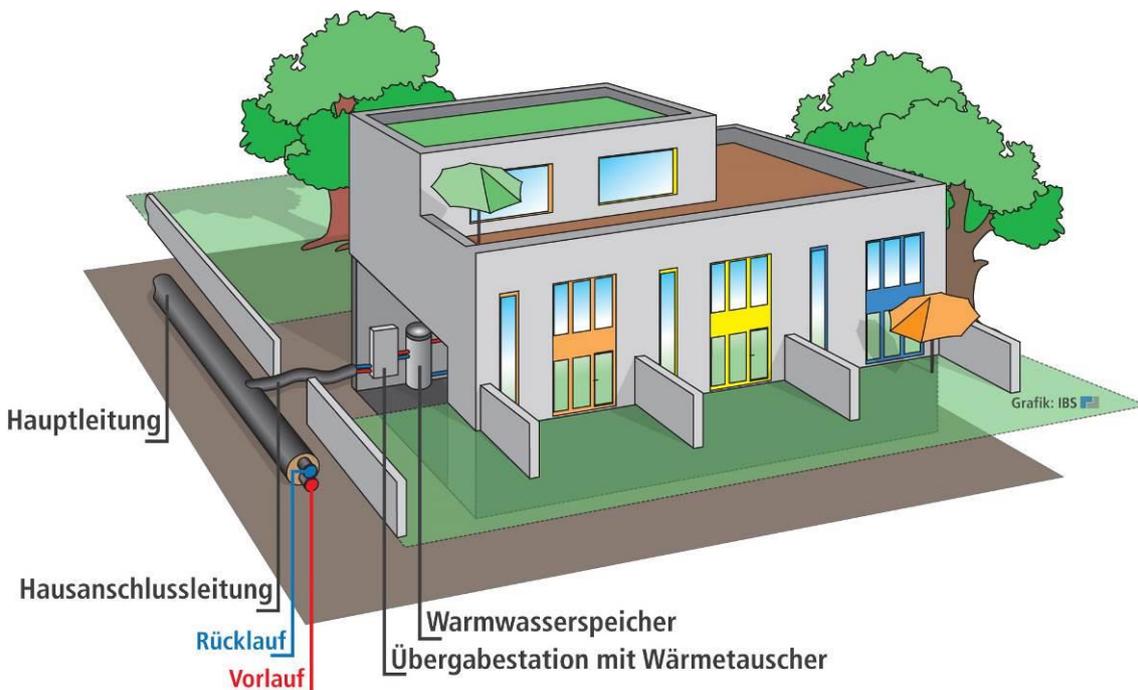


Abb. 38: schematische Darstellung der Nahwärmeversorgung

(Quelle: IBS)

8.2 Wärmenetze in Tübingen sowie geplanter Ausbau

In Tübingen sind Wärmenetze (Abb. 39) mit einer insgesamt Trassenlänge von 57 km vorhanden. Die Zahl der bestehenden Hausanschlüsse beträgt 1.600, die einen Wärmebedarf von 140 MWh/a ergeben (Stand 2020). Vorhanden sind bisher die getrennten Fernwärmenetze Alte Weberei, Freibad, Grotthaus-Läniger, Herrlesberg, Innenstadt, Südstadt und Waldhäuser-Ost, die von den Stadtwerken Tübingen betrieben werden.

Die jetzige Energieerzeugung erfolgt größtenteils basierend auf erdgasbetriebener Kraft-Wärme-Kopplung. Geplant ist die Verbindung der bestehenden Wärmenetze Innenstadt und Südstadt, der Zubau von 49 km Wärmeleitungen sowie die Steigerung der Wärmeabnahme um 60 MWh. In allen Wärmenetzen der Stadt Tübingen soll die Abnahmemenge bis zum Jahr 2030 auf rund 250 - 300 GWh/a gesteigert werden.

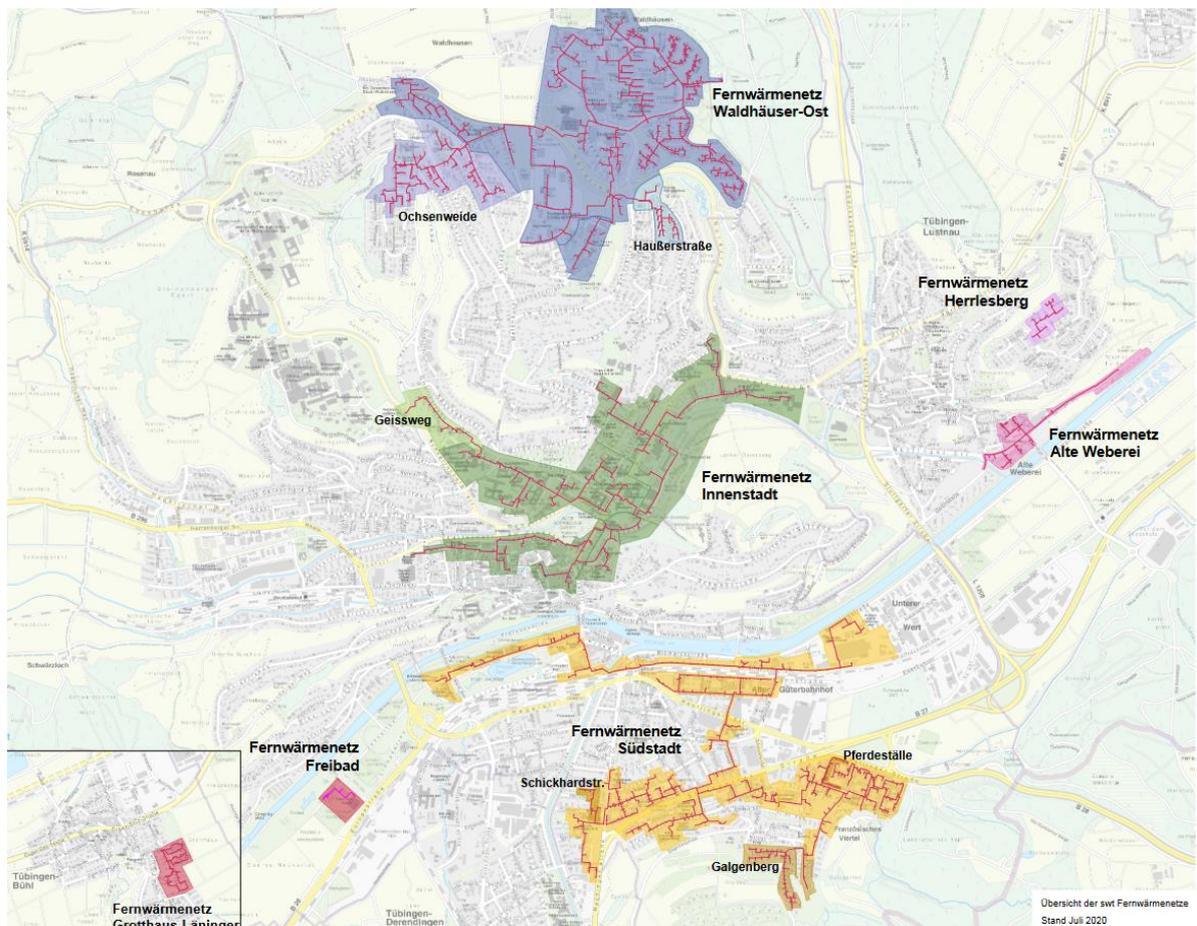


Abb. 39: Wärmenetze in Tübingen

(Quelle: swt)

8.2.1 Wärmeerzeugung Stadtwerke Tübingen

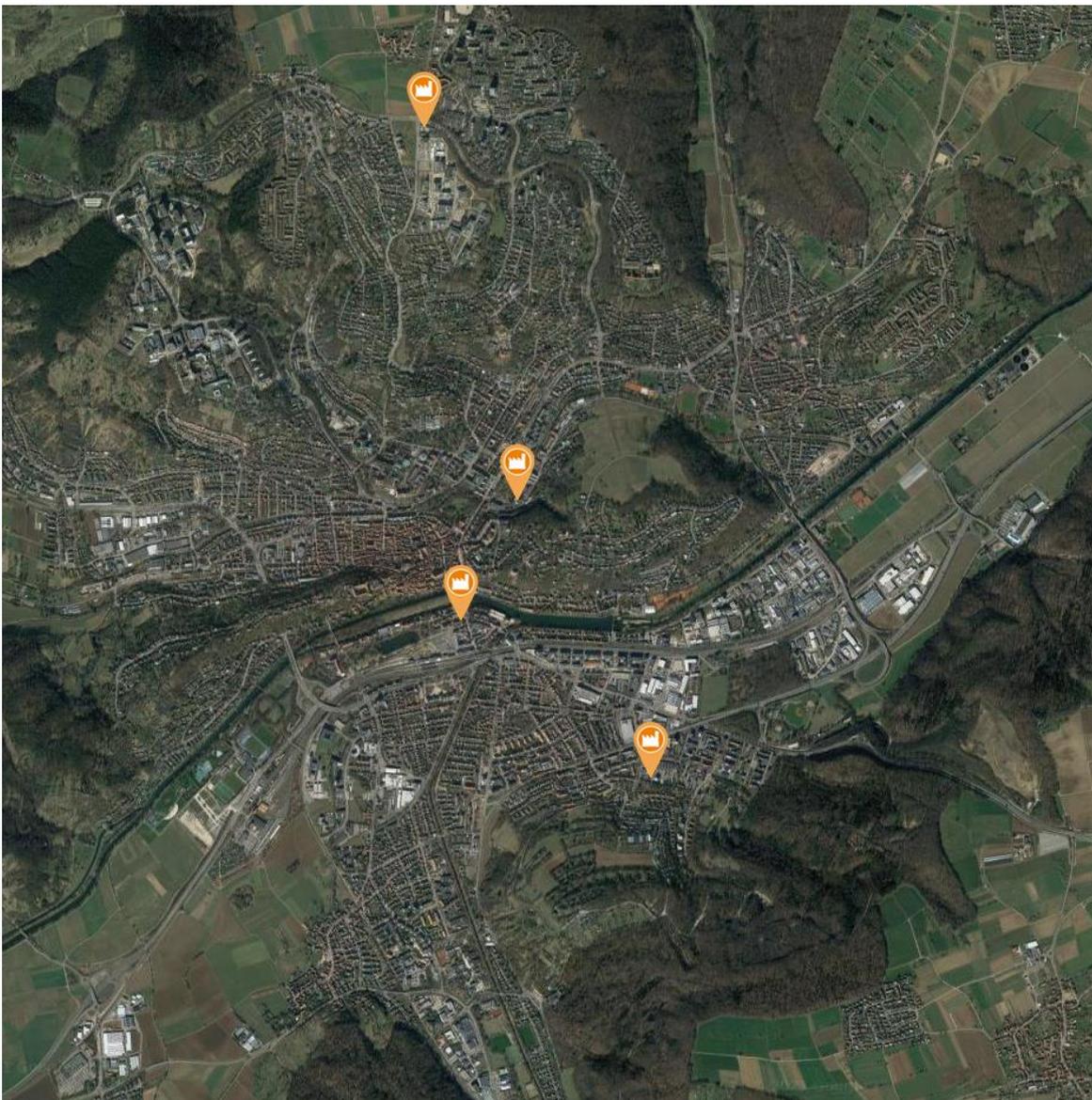


Abb. 40: Wärmeerzeugungsanlagen Stadtwerke Tübingen

Die bestehenden Wärmenetze werden aus vier Kraftwerksanlagen mit Wärme versorgt. Dabei kommen moderne erdgasbetriebene Blockheizkraftwerke, Heizkessel und Gasturbinen zum Einsatz.

In der Abb. 40 sowie in der folgenden Tabelle sind die einzelnen Wärmeerzeugungen (ohne Kessel zur Absicherung) der Heizzentralen aufgeführt:

Heizzentrale	Erzeugung	thermische Leistung
Obere Viehweide	<ul style="list-style-type: none">• 4 BHKW• Wärmepumpe	12.116 kW
Gemeinschaftskraftwerk	<ul style="list-style-type: none">• 2 Gasturbinen	29.820 kW
Eisenhut 1 & 2	<ul style="list-style-type: none">• 2 BHKW	5.085 kW
Uhlandbad	<ul style="list-style-type: none">• BHKW	659 kW

Im betrachteten Untersuchungsgebiet in Lustnau befindet sich die Kläranlage, in welcher das Abwasser der gesamten Stadt Tübingen geklärt wird.

Das Betriebsgelände der Kläranlage teilt sich auf in einen nördlichen sowie einen südlichen Teil des Neckars (Abb. 41). Auf dem Betriebsgelände nördlich des Neckars befinden sich die Energieerzeugungsanlagen, die Faultürme sowie der Klärgasspeicher.

Das Betriebsgelände südlich des Neckars umfasst die verschiedenen Reinigungsstufen mit den dazu erforderlichen Becken. Als nutzbare Energiepotenziale der Kläranlage wird die Energie des entstehenden Klärgases beim Faulungsprozess sowie die Wärmemenge, die nach dem Klärprozess im Abwasser steckt, näher betrachtet. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten findet eine Unterteilung der beiden Konzepte nach dem Teil Nord sowie dem Teil Süd statt.

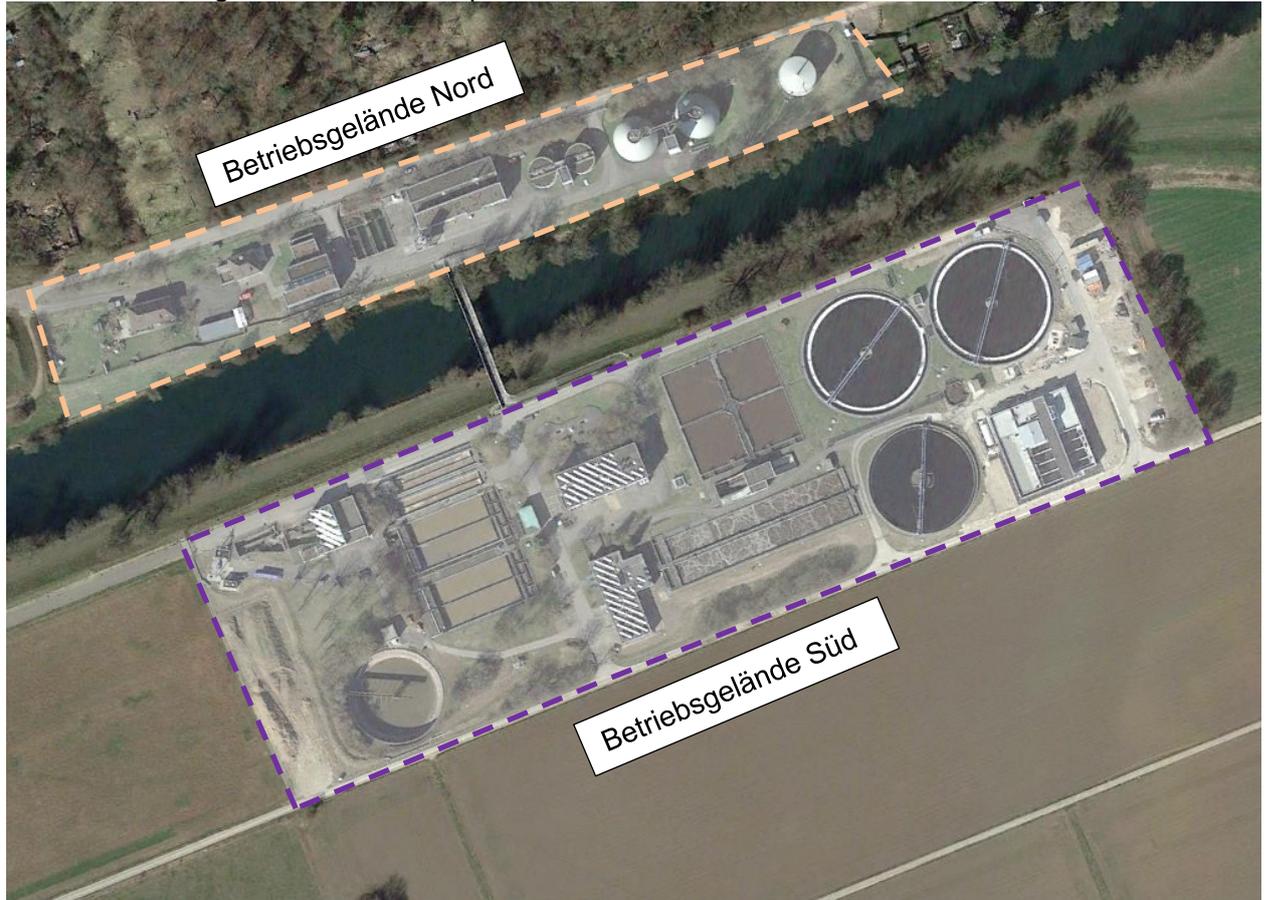


Abb. 41: Luftbild Kläranlage Tübingen

(Quelle: google earth)

8.3 Energieoptimierung Kläranlage Nord

8.3.1 Darstellung Bestandsanlagen

Folgende Energieerzeugungsanlagen sind in der Kläranlage installiert. Aufgrund von technischen Problemen soll eine neue Anlage zur optimierten Nutzung des zur Verfügung stehenden Klärgases konzipiert werden.

Anlage			
Herstell-firma	Yados	Senergie	Senergie
Leistung	210 kW _{el} /213 kW _{th}	167 kW _{el} /235 kW _{th}	167 kW _{el} /235 kW _{th}
Brennstoff	Klärgas/Erdgas	Klärgas/Erdgas	Klärgas/Erdgas

Es befinden sich die in Abb. 42 dargestellten Kesselanlagen auf dem Gelände der Kläranlage. Dabei befindet sich der Kessel 1 im Eigentum der kommunalen Servicebetriebe und kann als Brennstoff sowohl Klärgas als auch Erdgas verbrennen. Der Kessel dient vorrangig dazu, die benötigte Wärme für die Kläranlage zu liefern, falls die Wärmeerzeugung der BHKW-Module nicht ausreicht. Derzeit wird er ausschließlich mit Klärgas betrieben.

Die Kessel 2 + 3 werden von den Stadtwerken betrieben. Als Brennstoff kommt dabei Erdgas zum Einsatz. Sie übernehmen die Funktion den darüber hinaus benötigten Wärmebedarf im angeschlossenen Wärmenetz „Alte Weberei“ zu liefern. Reicht die erzeugte Wärme in den Wärmeerzeugungen der Kläranlage nicht zur Deckung des Wärmebedarfs aus, so erfolgt durch die Kessel 2 + 3 eine Wärmelieferung an die Kläranlage.

Anlage			
Zuordnung	Kläranlage	Stadtwerke	
Bezeichnung	Kessel 1	Kessel 2	Kessel 3
Leistung	810 kW	895 kW	1.600 kW
Brennstoff	Klärgas/Erdgas	Erdgas	Erdgas

Abb. 42: Kesselanlagen

8.3.2 Auswertung Betriebsparameter

Die Auswertung der Heizkreise auf der Kläranlage zeigt ein vergleichsweise niedriges Temperaturniveau bei allen internen Wärmeabnehmenden auf der Kläranlage.

Der dargestellte Temperaturverlauf des 1. Klärschlammwärmetauschers (Abb. 43, links) zeigt Temperaturen im Vorlauf zwischen 48 °C und 60 °C. Die Rücklauftemperaturen liegen im Bereich zwischen 42 °C und 46 °C (Abb. 43).



Abb. 43: Klärschlammwärmetauscher

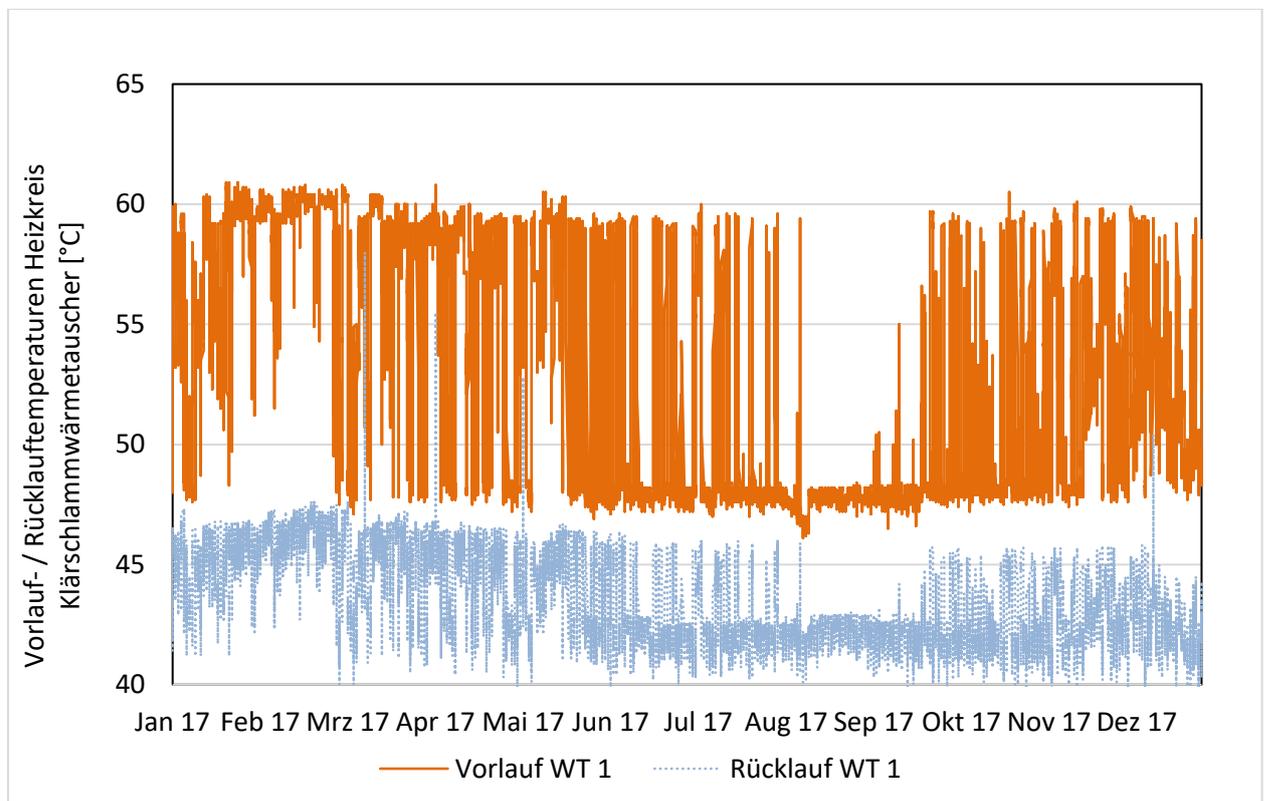


Abb. 44: Temperaturen Heizkreis Klärschlammwärmetauscher 1

8.3.3 Auslegung Klärgas-BHKW

Die Energieerzeugung der Kläranlage soll modernisiert werden. Die Abb. 45 zeigt die Auswertung des Klärgasanfalls aus dem Jahr 2020. Die Werte wurden nach Häufigkeit sortiert.

Bei den ausgewerteten Daten in Abb. 45 handelt es sich jeweils um Stundenwerte, welche über einen Zeitraum von 10 Stunden gemittelt wurden. Die vorliegenden Messdaten erfassen die in BHKW, Kessel und Klärgasfackel verbrauchte Klärgasmenge. Über den vorhandenen Klärgasspeicher mit einem Volumen von 1.500 m³ können verschiedene Erzeugungs- und Verbrauchsmengen zwischengespeichert werden.

Der Methangehalt wird im Durchschnitt mit einem Anteil von 62 % als Erfahrungswert des Betriebspersonals aus vorangegangenen Klärgasanalysen angegeben. Damit beträgt der Energiegehalt pro m³ Klärgas ca. 6,2 kWh (Hi).

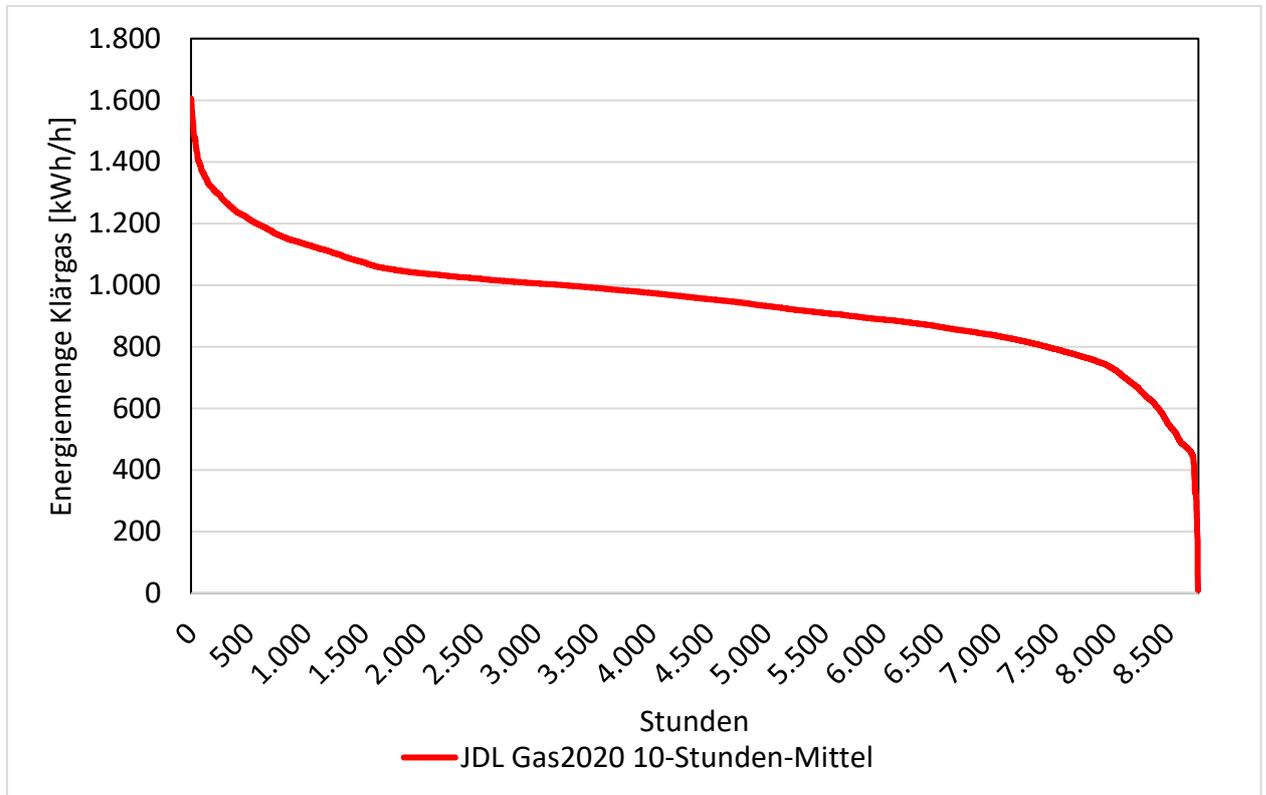


Abb. 45: Klärgasanfall 2020

Die Anlagendaten nach Modernisierung sind wie folgt vorgesehen. Das neue Energieerzeugungskonzept sieht zwei BHKW mit gleicher Leistung vor. Der Betrieb erfolgt ausschließlich mit Klärgas. Die BHKW werden in der Leistung so eingestellt, dass die Gasbezugsleistung beider Module in Summe aus genehmigungsrechtlichen Gründen auf 950 kW begrenzt wird. Die BHKW-Module werden um einen Klärgaskessel mit einer Feuerungswärmeleistung von 800 kW ergänzt. Mit der geplanten Energieerzeugungsanlage kann der Großteil der zur Verfügung stehenden Klärgasmenge im BHKW genutzt werden. Die Gasspitzenenerzeugung wird im Klärgaskessel ebenfalls zu Wärme gewandelt und damit nutzbar gemacht.

Die Verbrennung von Klärgas in der Klärgasfackel ist im Regelbetrieb nicht vorgesehen. Für den Fall, dass zukünftig die zur Verfügung stehende Klärgasmenge zunimmt oder die Anlagenleistung aufgrund von Gaserzeugungsspitzen nicht vollständig genutzt werden kann, besteht die Möglichkeit, die Anlagenleistung der Module auf die Nennleistung zu erhöhen.

Damit würde die Anlage gemäß Bundesimmissionsschutzgesetz als genehmigungspflichtig eingestuft und es muss eine Genehmigung für die Anlage erteilt werden. Durch die Drosselung der Module bedarf es keiner Genehmigung nach Bundesimmissionsschutzgesetz.

	Anlagenleistung (einzeln)	Betriebsleistung (Drosselung)	Gesamtleistungen
Leistungsdaten 2 x Klärgas-BHKW	235 kW _{el} 280 kW _{th} 600 kW _{Gas}	185 kW _{el} 220 kW _{th} 475 kW _{Gas}	370 kW _{el} 440 kW _{th} 950 kW _{Gas}
Leistungsdaten Kessel		700 kW _{th} 800 kW _{Gas}	
Leistungsdaten Wärmepumpe	240 kW _{th}	120 – 240 kW _{th}	

Es kommt die Additionsregelung mit den jeweiligen Grenzwerten der Einzelanlagen zur Anwendung.

8.3.4 Konzeption Kläranlage Nord

Ein Bestandteil der Untersuchung ist die Optimierung Energieerzeugung im nördlichen Teil der Kläranlage. Unter Berücksichtigung der optimalen Ausnutzung des Energiegehalts sollte die zur Verfügung stehende Wärme auf hohem Temperaturniveau aus BHKW und Kessel zum größtmöglichen Teil im Wärmenetz Alte Weberei genutzt werden.

Für die benötigte Wärme auf der Kläranlage reicht ein Temperaturniveau von 50 - 60 °C aus. Dieses Temperaturniveau kann auch effizient über eine Wärmepumpe bereitgestellt werden. Die Wärmepumpe nutzt als Quelle die Abwärme der Klärgas-BHKW sowie Solarabsorber, die auf dem Dach des Betriebsgeländes installiert werden sollen. Darüber hinaus benötigte Wärme wird aus den Klärgas-BHKW genutzt.

Die zuvor bereits genutzte Einbindung der Brennwert-Wärmetauscher wird aufgrund von Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Anlage (insbesondere im Zusammenhang mit dem Klärgasbetrieb) nicht weiterverfolgt.

Mit dem in Abb. 46 dargestellten Konzept kann nicht benötigte Wärme aus Klärgas-BHKW und Klärgaskessel größtenteils im Wärmenetz eingespeist werden.

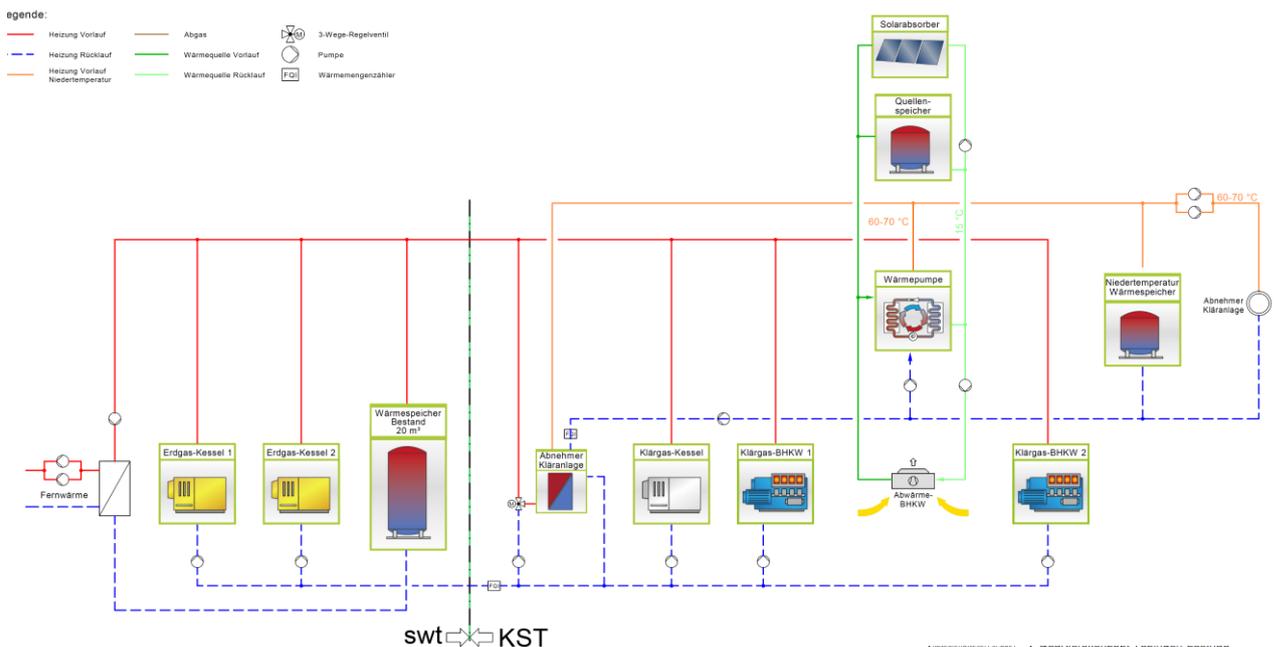


Abb. 46: Prinzipschema Modernisierung Erzeugung Kläranlage

Gemäß der Auswertung des Klärgasanfalls wurde der Betrieb der Anlagen wie in der Abb. 47 berechnet.

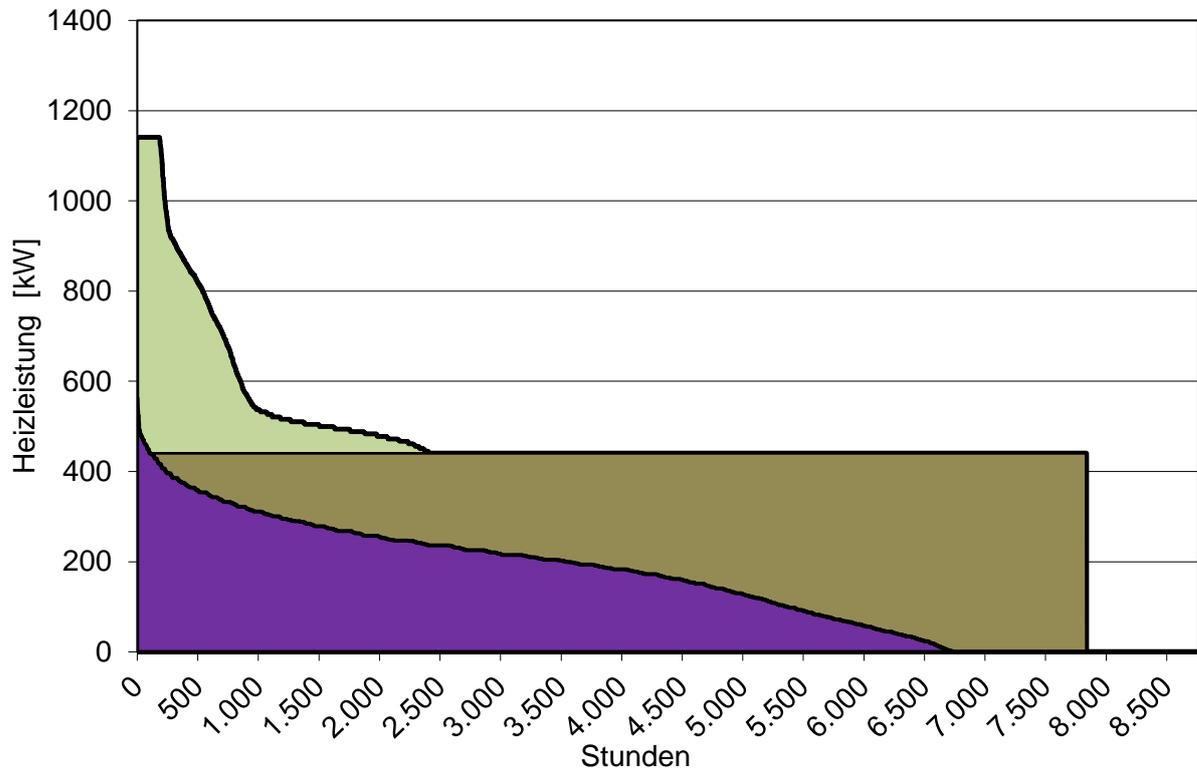


Abb. 47: Jahresdauerlinie Energieerzeugung Kläranlage

Rechnerisch wurden für den Betrieb der Anlagen folgende Strom- und Wärmeerzeugungsmengen ermittelt. Die in violett dargestellte Wärmemenge wird innerhalb der Kläranlage zur Deckung des Wärmebedarfs auf der Kläranlage intern benötigt. Die verbleibende Wärmemenge kann in das Wärmenetz der Stadtwerke eingespeist werden und dient zur Versorgung externer Gebäude mit Wärme.

Die Jahresbilanz ergibt sich wie folgt:

Klärgas Kessel	463.000 kWh
Klärgas-BHKW 1 + 2	3.448.000 kWh
HT-Wärme aus BHKW + Kessel	-1.361.000 kWh
Wärmelieferung an swt	2.550.000 kWh
<hr/>	
Stromerzeugung BHKW 1 + 2	2.899.000 kWh

Für die Kläranlage kann der Wärmebedarf gemäß der Monatsbilanz in Abb. 48 gedeckt werden:

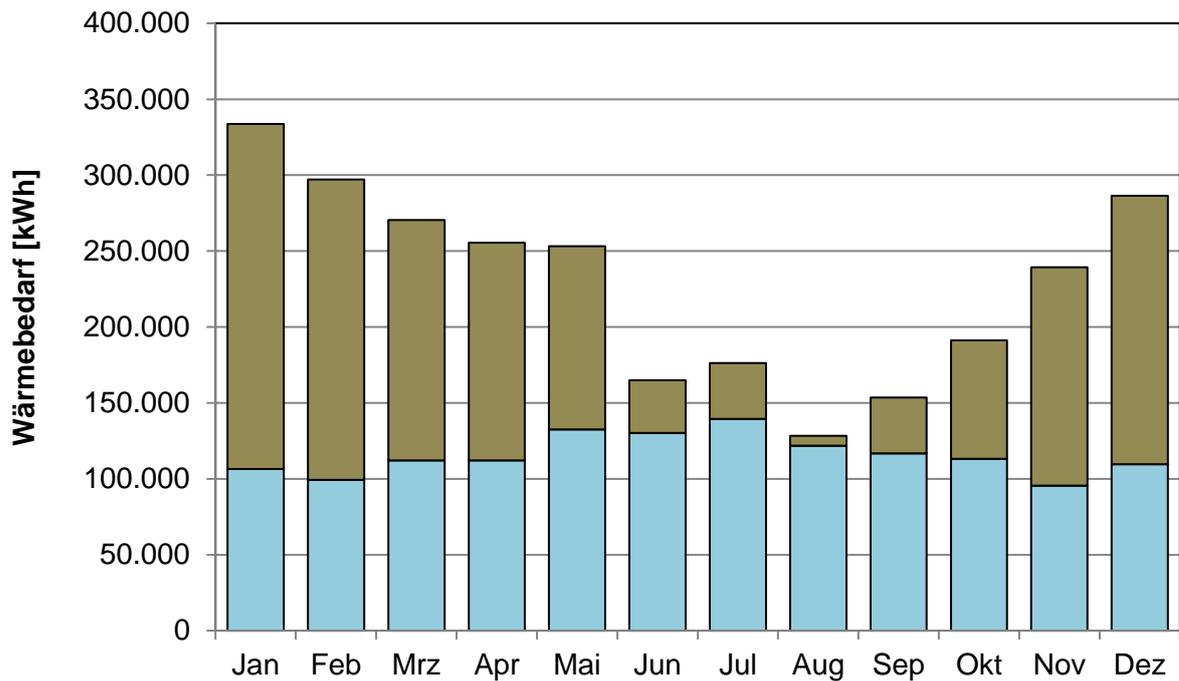


Abb. 48: Monatsbilanz Wärmebedarfsdeckung Kläranlage

Die Hälfte des benötigten kläranlageninternen Wärmebedarfs wird von der geplanten Wärmepumpe in Form von Niedertemperaturwärme auf einem niedrigeren Temperaturniveau bereitgestellt. Der verbleibende Anteil der zusätzlich benötigten Wärme wird aus den Klärgas-BHKW sowie aus dem Klärgaskessel bezogen.

Wärmepumpe (NT-Wärme)	1.389.000 kWh	= 51 %
HT-Wärme aus BHKW + Kessel	1.361.000 kWh	= 49 %
Summe Wärmebedarf	2.750.000 kWh	

Technisches Konzept Kläranlage Nord

Die jetzigen BHKW befinden sich im dargestellten Betriebsgebäude auf der Nordseite der Kläranlage. Die vorhandenen Räumlichkeiten sollen genutzt werden für die neuen BHKW-Module. Auf dem Dach des Betriebsgebäudes (Abb. 49) stehen bisher ungenutzte Solarpotenziale zur Verfügung.



Abb. 49: Luftbild Betriebsgebäude Nord Kläranlage mit bestehender Heizzentrale (Quelle: google earth)

Das Bild in Abb. 50 zeigt ein Beispiel einer ausgeführten Solarabsorberanlage auf dem Dach einer Heizzentrale, welche Solarstrahlung als Quelle für eine Wärmepumpe nutzen.

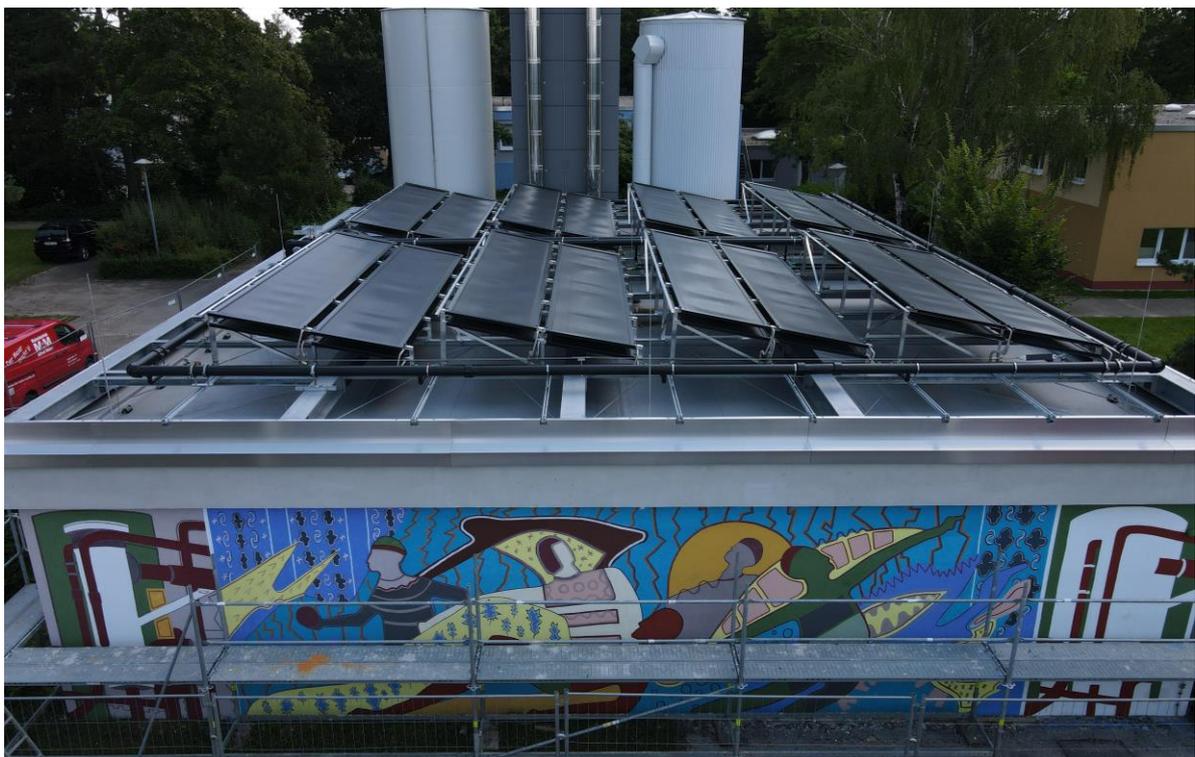


Abb. 50: Beispiel ausgeführte Solarabsorberanlage

8.4 Abwasserwärmenutzung aus Kläranlage

Das Abwasser fließt nach dem Klärprozess über den Ablauf in den Neckar. Die Temperatur des Abwassers liegt dabei ganzjährig über der Temperatur des Neckars und im Winter auch über der Umgebungstemperatur. Im Abwasser steckt deshalb erhebliches Wärmepotenzial, welches beispielsweise für die Wärmeversorgung genutzt werden kann. Um die zur Verfügung stehende Wärme auf das benötigte Temperaturniveau anzuheben, sind im Konzept Wärmepumpen vorgesehen.

8.4.1 Konzept Wärmepumpenanlage

Eine neue Heizzentrale auf der Südseite des Neckars beinhaltet Wärmepumpen für die Wärmeerzeugung und Einspeisung in das Fernwärmenetz der Stadt Tübingen. Die geplante Wärmepumpenanlage nutzt den Ablauf des geklärten Abwassers als Wärmequelle und hebt das Temperaturniveau in einem mehrstufigen Wärmepumpenprozess auf das geforderte Temperaturniveau von 90 °C.

Als Erzeugungsanlagen sind in der neuen Heizzentrale Wärmepumpen vorgesehen. Die Leistung der Wärmepumpen orientiert sich am Wärmebedarf und soll erweitert werden können zur Erschließung des gesamten Wärmepotenzials im Abwasser.

8.4.2 Auswertung Abwasserdaten

Abb. 51 stellt die Messdaten des zur Verfügung stehenden gereinigten Abwassers dar.

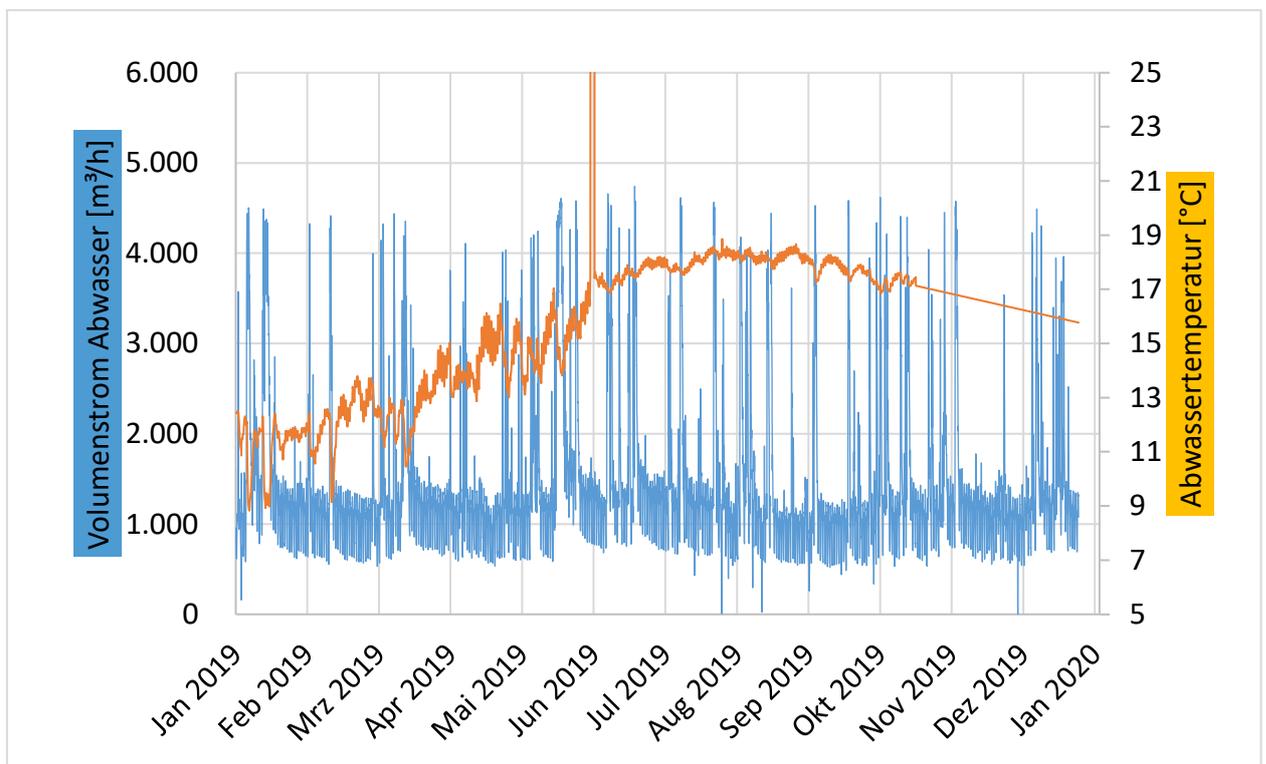


Abb. 51: Jahresverlauf Daten Abwasser

Welches Potenzial im Abwasser steckt, wird in den verschiedenen Temperaturdifferenzen von 5 - 7 Kelvin dargestellt. Als Jahresarbeitszahl wird 2,8 zugrunde gelegt.

Abkühlung	5 K	6 K	7 K
Wärmeleistung	9.000 kW _{th}	10.800 kW _{th}	12.600 kW _{th}
Strombezug	3.200 kW _{el}	3.800 kW _{el}	4.500 kW _{el}

Die Anlage soll nach dem aktuellen Stand für rund 7.000 Stunden im Jahr betrieben werden. Für die verschiedenen Temperaturspreizungen können die in Abb. 52 skizzierten Wärmemengen innerhalb der konzipierten Anlage erzeugt werden.

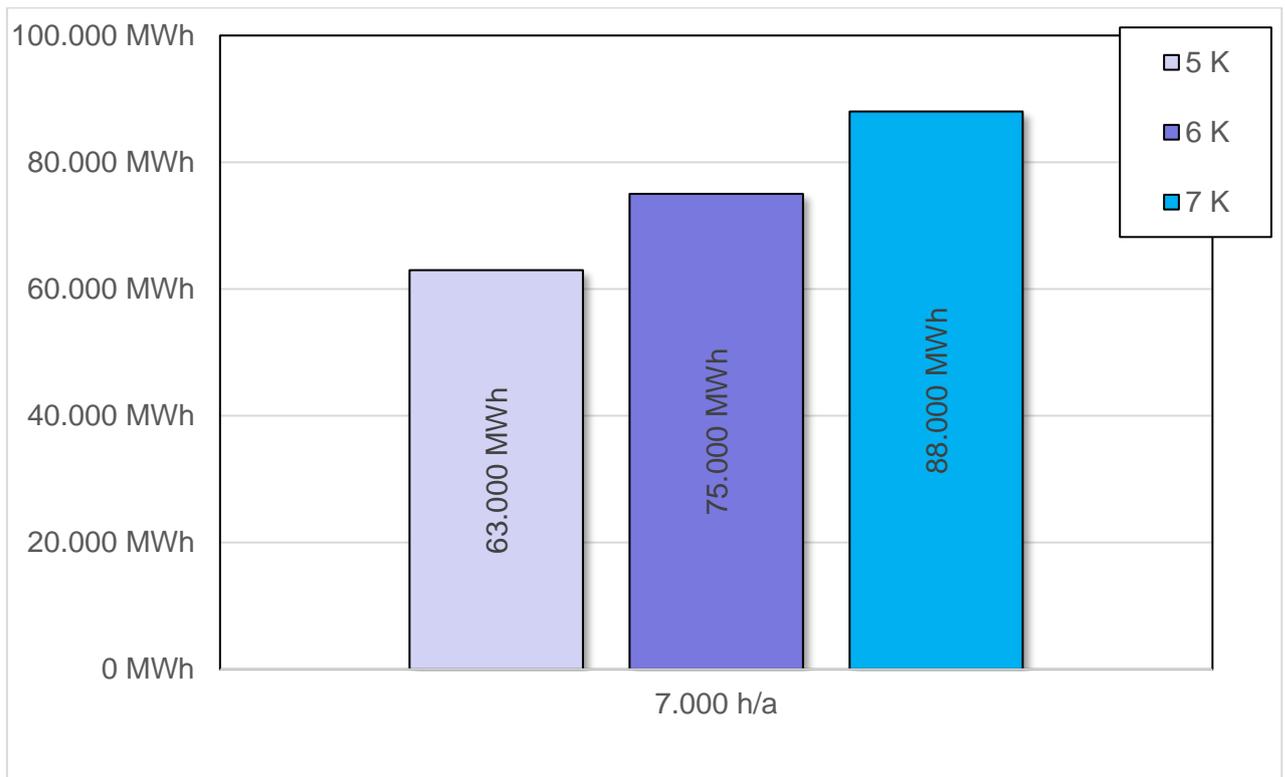


Abb. 52: mögliche Erzeugungsmengen verschiedener Abkühlungen

8.4.3 Dimensionierung Wärmezeugung

Die Leistung der geplanten Wärmepumpe resultiert aus der Abschätzung zur Entwicklung des Wärmebedarfs im Netz.

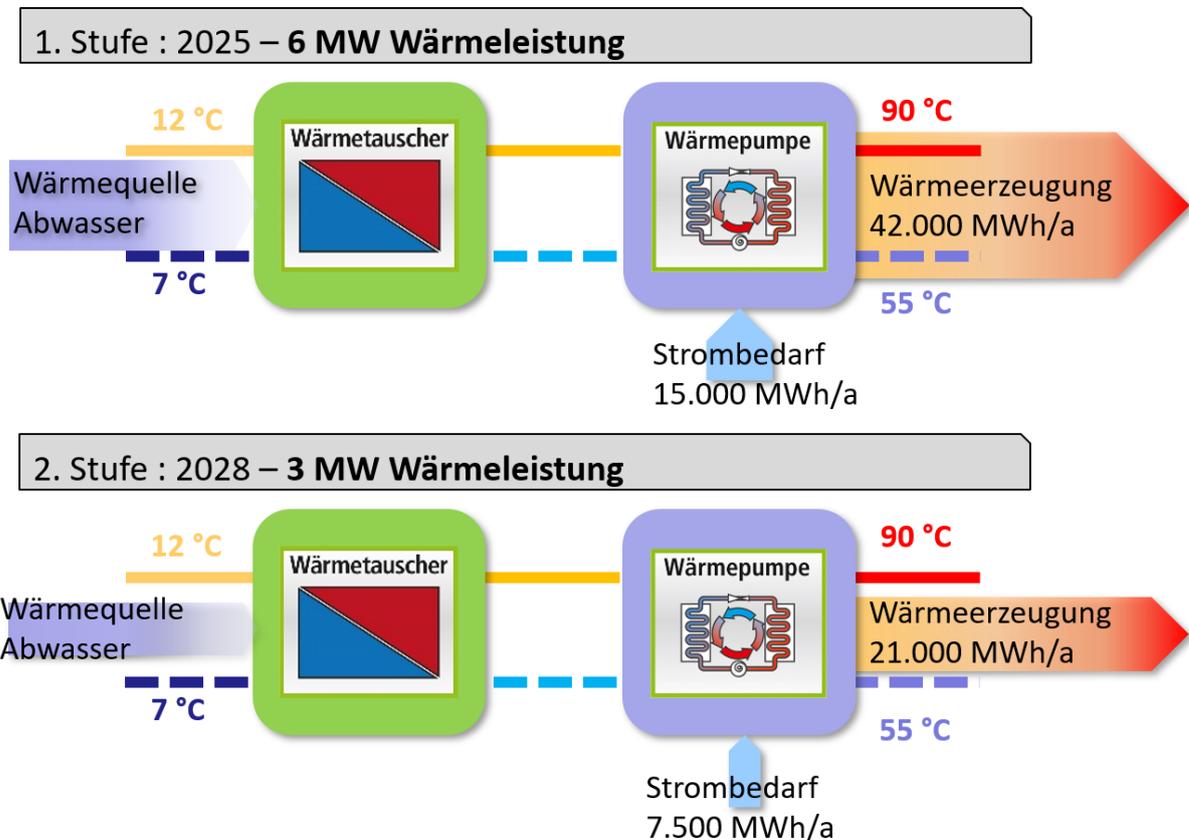


Abb. 53: Ausbaustufen gemäß Entwicklung Wärmebedarf

Anhand der geplanten Entwicklung des Wärmenetzes in Tübingen wurde der Wärmebedarf abgeschätzt und damit die mögliche Erzeugungsmenge innerhalb der Wärmepumpenanlage in zwei Ausbauschritten (Abb. 53) berechnet. Daraus ergibt sich die Leistung der ersten Wärmepumpe von 6 MW Wärmeleistung. Diese soll über eine Laufzeit von 7.000 Stunden pro Jahr betrieben werden und kann damit eine Wärmemenge von 42.000 MWh pro Jahr erzeugen. Als Antriebsenergie wird ein Strombedarf in Höhe von 15.000 MWh pro Jahr benötigt.

Mit der zweiten Ausbaustufe ist die Ergänzung einer weiteren Wärmepumpenanlage mit einer Leistung von 3 MW geplant. Durch die zweite Wärmepumpe wird durch den Einsatz von 7.500 MWh Strom pro Jahr eine zusätzliche Wärmemenge von 21.000 MWh pro Jahr in das Wärmenetz eingespeist.

8.4.4 Energiebilanz Ausbaustufe 2025: Wärmepumpe 6 MW_{th}

Aus den Leistungsdaten der gewählten Wärmepumpen resultiert die folgende Energiebilanz für die erste Ausbaustufe.

Heizleistung

Wärmepumpe	6.000 kW
Summe	6.000 kW

Leistungsdaten

Wärmepumpe	Winter	Sommer
elektrische Leistung		
Wärmepumpe	2.135 kW	2.646 kW
thermische Leistung		
Wärmepumpe	6.000 kW	7.636 kW
COP	2,8	2,9

Wärmebilanz

Einspeisung	
Wärmenetz	42.000.000 kWh/a
Wärmeerzeugung	
gesamt	42.000.000 kWh/a

Erzeugung	
Wärmepumpen	7.000 h/a x 6.000 kW = 42.000.000 kWh/a
Wärmeerzeugung	
gesamt	42.000.000 kWh/a

Strombilanz

Strombedarf WP	42.000.000 kWh/a	:	2,81	=	14.947.000 kWh/a
Strombedarf					
Abwasserpumpen	94 kW	x	7.000	=	660.000 kWh/a
Betriebsstrom				=	210.000 kWh/a
Strombedarf gesamt					15.817.000 kWh/a

Strombezug	
Wärmepumpe	14.947.000 kWh/a

8.4.5 Energiebilanz Ausbaustufe 2030: Wärmepumpe 6 MW_{th} + 3 MW_{th}

Bei Erweiterung der Wärmepumpenanlage um die zweite Wärmepumpe ergibt sich die Energiebilanz wie folgt.

Heizleistung (10 °C Abwassertemperatur)

Wärmepumpe 1	6.000 kW
Wärmepumpe 2	3.000 kW
Summe	9.000 kW

Leistungsdaten Wärmepumpe

	Winter	Sommer
elektrische Leistung Wärmepumpe	3.246 kW	3.957 kW
thermische Leistung Wärmepumpe	9.016 kW	11.367 kW
COP	2,78	2,87

Wärmebilanz

Einspeisung Wärmenetz	63.000.000 kWh/a
Wärmeerzeugung gesamt	63.000.000 kWh/a
Erzeugung Wärmepumpen	7.000 h/a x 9.000 kW = 63.000.000 kWh/a
Wärmeerzeugung gesamt	63.000.000 kWh/a

Strombilanz

Strombedarf Wärmepumpe	63.000.000 kWh/a : 2,78	= 22.662.000 kWh/a
Strombedarf Abwasserpumpen	113 kW x 7.000	= 791.000 kWh/a
Betriebsstrom		= 315.000 kWh/a
Strombedarf gesamt		23.768.000 kWh/a

8.4.6 Technische Realisierung

Als möglicher Standort für eine Heizzentrale mit darin untergebrachten Wärmepumpen wird in der Untersuchung die in Abb. 54 dargestellte Fläche westlich der Kläranlage betrachtet. Zusätzlich zum Heizzentralengebäude wird Platz für einen Wärmespeicher benötigt. Für die Wärmeauskopplung aus dem Abwasser muss eine Abwasserleitung von dem Entnahmeschacht innerhalb der Kläranlage zu der Heizzentrale gebaut werden. Die benötigten Abmessungen der Heizzentrale sind der Abb. 55 zu entnehmen.



Abb. 54: Luftbild Kläranlage Tübingen

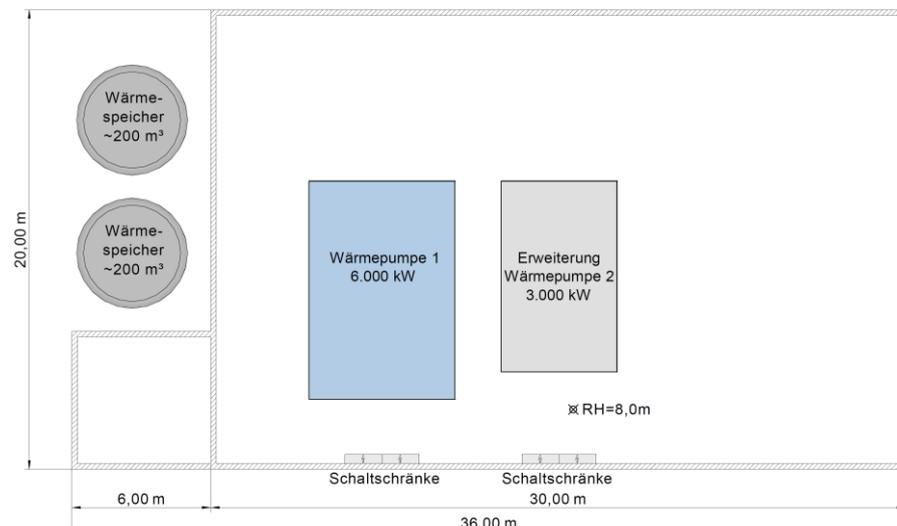
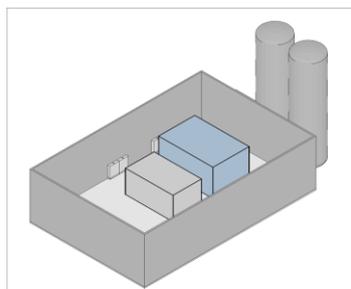


Abb. 55: möglicher Grundriss Heizzentrale

8.5 Förderung

Im Konzept der Wärmeerzeugung wird das folgende Förderprogramm berücksichtigt. Die Förderbedingungen sind derzeit nur im Entwurf bekannt.

Bundeförderung für effiziente Wärmenetze/Wärmenetze 4.0 (BEW, gemäß aktuellem Entwurf)

Betrifft:	Nahwärmenetze, Wärmespeicher, Heizzentralen und Erzeugungsanlagen für erneuerbare Wärme
Art der Förderung:	Die Förderung wird in Form Anteilsfinanzierung der Netto-Ausgaben und als nicht rückzahlbarer Zuschuss gewährt.
Behörde:	Bundeswirtschaftsministerium
Abwicklung:	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Förderkonzept

1. Vorbereitung
Durchführung von Machbarkeitsstudien (für neue Netze) und Transformationsplänen (Erweiterung von Bestandsnetzen), die zu je 50 % gefördert werden.
2. Investitionen
Grundförderung für Erneuerbare-Energie Wärmeerzeuger, Netzinfrastruktur und Transformationsmaßnahmen. Die Förderquote liegt bei 40 % sowie teilweise zusätzlichen Prämien.
 - a) Förderung von Einzelmaßnahmen wie
 - Solarthermie
 - Großwärmepumpen
 - Biomasse mit Nebenanforderung
 - Wärmespeicher (für Wärme aus >50 % erneuerbarer Energie)
 - Einbindung von Abwärme
 - Wärmenetze (gespeist mit >50 % erneuerbarer Energie oder Abwärme)
 - Geothermieanlagen
 - b) Förderung des Ausbaus von Bestandsnetzen
Förderbedingungen:

Maßnahmen:
wie Einzelmaßnahmen. Maßnahmen zur Netzverdichtung und -optimierung
 - c) Förderung des Neubaus von Wärmenetzen

Bedingungen

Erfolgsabhängige Betriebsprämien für einen Zeitraum von 10 Jahren

- Solarthermie ca. 2 ct/kWh_{th}
- Großwärmepumpen bis max. 7 ct/kWh_{th}
Diese Prämie ist abhängig von der Jahresarbeitszahl (JAZ)
(höhere Prämie bei niedriger JAZ, bei Strombezug aus dem Stromnetz)

mögliche Förderung: 40 % der förderbaren Investitionskosten, max. 15 Mio. €

8.6 Investitionskosten

8.6.1 Konzept Energieerzeugung Nord

Auf Basis aktueller Vergleichsprojekte wurden die Kosten zur Umsetzung des Konzepts ermittelt.

BHKW-Anlage	460.000 €
Lüftungsanlage	50.000 €
Abgasanlage	30.000 €
Wärmepumpe	180.000 €
Absorber	100.000 €
Wärmespeicher	67.000 €
Heizungstechnik	271.000 €
Wärmedämmung	74.000 €
Elektro	91.000 €
MSR-Technik	50.000 €
Bauliches	45.000 €
Demontage	44.000 €
Nebenkosten	205.000 €
Summe netto	1.667.000 €

8.6.2 Konzept Energieerzeugung Süd

Folgende Investitionskosten werden für die Ausbaustufen angesetzt:

Zusammenstellung Kosten Ausbau 6 MW
--

Energietechnik

Wärmepumpe	6.088.000 €
Einbindung	2.052.000 €
Elektrotechnik/Regelungstechnik	1.368.000 €
Wärmespeicher	479.000 €

Gebäude

Gebäudekosten Heizzentrale	1.800.000 €
----------------------------	-------------

Wärmequelle

Abwasserleitung inkl. Entnahme	1.396.000 €
--------------------------------	-------------

Wärmeleitung

Wärmeleitung bis Wärmenetz	3.106.000 €
----------------------------	-------------

Förderung gemäß BEW

	-6.515.000 €
--	--------------

Summe verbleibende Investitionskosten	9.774.000 €
--	--------------------

Zusammenstellung Kosten Ausbau 6 MW + 3 MW

Energietechnik

Wärmepumpe	10.055.000 €
Einbindung	2.599.000 €
Elektrotechnik/Regelungstechnik	1.368.000 €
Wärmespeicher	479.000 €

Gebäude

Gebäudekosten Heizzentrale	1.800.000 €
----------------------------	-------------

Wärmequelle

Abwasserleitung inkl. Entnahme	1.396.000 €
--------------------------------	-------------

Wärmeleitung

Wärmeleitung bis Wärmenetz	3.106.000 €
----------------------------	-------------

Förderung gemäß BEW

Summe verbleibende Investitionskosten	-8.321.000 €
---------------------------------------	--------------

8.7 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 durchgeführt.

Grundlagen

Im Folgenden werden die Wärmegestehungskosten bei Ausbau der Wärmeversorgung berechnet. Dabei fließen die folgenden Ausgaben in die Berechnung der Wärmegestehungspreise ein:

- *Kapitalkosten für Wärmeerzeuger und Wärmenetz*
Aus dem Zinssatz und der Nutzungszeit errechnet sich der Annuitätsfaktor, mit dem aus den Investitionskosten die jährlich anfallenden Kapitalkosten berechnet werden. Förderbeträge werden ebenfalls kapitalisiert und in Abzug gebracht.
Die Wärmepumpe wird über einen Zeitraum von 10 Jahren abgeschrieben. Dies entspricht dem Zeitraum über diesen die Betriebskostenförderung gemäß aktuellem Förderrichtlinienentwurf gewährleistet wird.
- *Betriebskosten*
Die Wartungs- und Instandhaltungskosten sind in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 berücksichtigt. Weitere Betriebskosten sind die Stromkosten für Netzpumpen sowie Kosten für Verwaltung, Versicherung, Bedienung.
- *Kosten für Wärmepumpenstrom*
Aus den Stromverbräuchen der Wärmepumpen ergeben sich die Stromkosten für die Wärmeerzeugung.

Zu den Ausgaben wird der Betriebskostenzuschuss für den Wärmepumpenbetrieb für die ersten 10 Jahre in Abzug gebracht.

Wirtschaftlichkeit

Für die ersten 10 Betriebsjahre ergibt sich die Wirtschaftlichkeit wie folgt.

Wärmeerzeugungskosten		Ausbau 2025: Wärmepumpe 6 MW	Ausbau 2030: Wärmepumpe 6 MW + 3 MW
		7.000 h/a	7.000 h/a
Ausgaben	Kapitalkosten inkl. Förderung	711.800 €/a	998.300 €/a
	Betriebskosten	252.500 €/a	314.500 €/a
	Stromkosten	3.522.100 €/a	5.298.600 €/a
	Betriebszuschuss WP	-2.709.000 €/a	-4.082.400 €/a
Summe		1.777.400 €/a	2.529.000 €/a
Wärmeerzeugung		42.000 MWh	63.000 MWh
spez. Kosten Wärmeerzeugung		4,23 ct/kWh	4,01 ct/kWh

In der darauffolgenden Betriebsperiode hängen die Erzeugungskosten stark von dem Strombezugspreis sowie zu diesem Zeitpunkt gültigen Netznutzungsentgelten ab. Eine verlässliche Aussage zu den Betriebskosten der Anlage für den Zeitraum nach Ablauf der 10 Jahre ist nach jetzigem Stand nicht möglich.

8.8 Ausblick Ergänzung Photovoltaik-Anlage auf Freifläche

Im ersten Schritt wurde bisher nur der Bezug von Strom aus dem Stromnetz berücksichtigt. Als Ergänzung der Anlage ist eine erneuerbare Stromerzeugung in örtlicher Nähe sinnvoll. Die umliegenden Ackerflächen angrenzend an die Kläranlage würden sich gut für die Errichtung einer Freiflächen-PV-Anlage eignen.

Durch die Errichtung einer PV-Anlage auf einer Freifläche in der Nähe der Kläranlage auf den möglichen Freiflächen aus Abb. 56 könnte die Versorgung der Wärmepumpe mit selbst erzeugtem erneuerbarem Strom ermöglicht werden. Der Strombezug aus dem Stromnetz wird dadurch reduziert, dies würde sich positiv auf den Primärenergiefaktor und auf die Wirtschaftlichkeit der Heizungsanlage auswirken.

Bei einem Energiebedarf von 1.900 - 3.800 MWh_{el} wird eine Anlagenfläche von 2 - 4 Hektar benötigt.

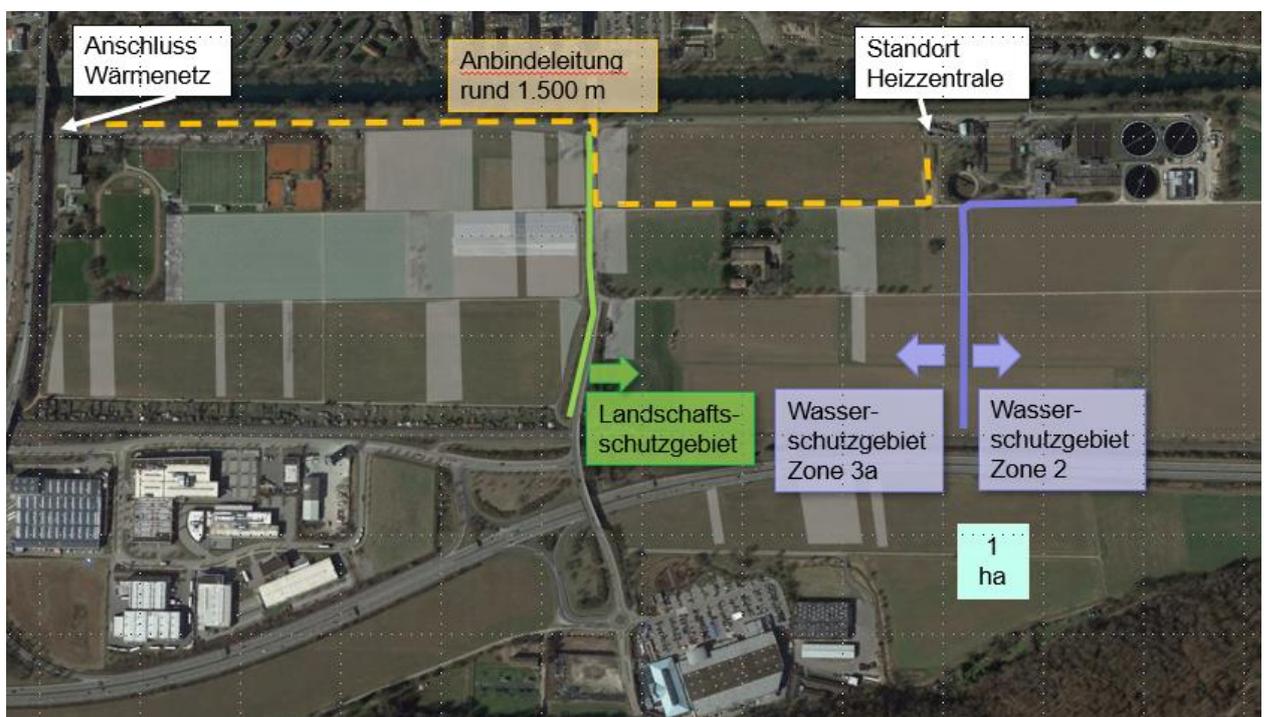


Abb. 56: geplante Einbindung der Heizzentrale mit umliegenden Potenzialflächen für Photovoltaik

8.9 Zusammenfassung

In dem dargestellten Konzept wurde die Machbarkeit der Wärmeerzeugung untersucht. Das Projekt kann sowohl wirtschaftlich als auch technisch als umsetzbar eingestuft werden. Die angenommenen Rahmenbedingungen basieren auf der Annahme der Umsetzung der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze wie im Entwurf beschrieben.

9 CO₂-Minderungspotenzial Gesamtquartier

In diesem Bericht wurden die folgenden Maßnahmen untersucht, die zu einer effizienten und umweltfreundlichen Energieversorgung des Quartiers **Tübingen-Lustnau** führen:

- Wärmeschutzmaßnahmen an Gebäuden.
- Zusammenschluss der verschiedenen Wärmeversorgungsanlagen im Quartier bis zum Jahr 2030 mit Anschluss an das Wärmenetz Südstadt der Stadtwerke Tübingen.
- Für die Berechnung des zukünftigen Wärmebedarfs im Jahr 2030 werden die folgenden Einsparungen bei der Umsetzung von baulichen Sanierungsmaßnahmen sowie die folgenden Umsetzungsquoten bei der Modernisierung von Einzelheizungen und Erweiterung der Wärmeversorgung angenommen:

Maßnahmen	<i>privat</i>	<i>kommunal</i>	<i>gewerblich</i>	<i>sonstige</i>
Bauliche Einsparung	8%	8%	8%	10%
Technikmodernisierung	Umsetzungsquote bezogen auf Restwärmebedarf			
Anschluss Wärmeversorgung	20%	100%	50%	0%
Modernisierung Einzelheizungen	20%	0%	20%	0%

- In der Berechnung des Wärmebedarfs für das Jahr 2050 sind folgende Annahmen getroffen:

Maßnahmen	<i>privat</i>	<i>kommunal</i>	<i>gewerblich</i>	<i>sonstige</i>
Bauliche Einsparung	20%	20%	20%	20%
Technikmodernisierung	Umsetzungsquote bezogen auf Restwärmebedarf			
Nahwärme	60%	100%	100%	50%
Modernisierung Einzelheizungen	40%	0%	0%	50%

- Nutzung der zur Verfügung stehenden Dachflächen zum Ausbau der PV-Stromerzeugung im Quartier
 - bis 2030 zu 10 %,
 - bis 2050 zu 30 % des ermittelten Potenzials.
- Reduzierung des Gebäudestromverbrauchs im Quartier (ohne Mobilität). (Dabei wurde von einer Einsparquote von 21 % bis zum Jahr 2050 ausgegangen, wie es vom Umweltbundesamt angestrebt wird.)
- Bei dem berücksichtigten Strombedarf für Straßenbeleuchtung wird von einer vollständigen Umrüstung auf LED-Technik bis zum Jahr 2050 ausgegangen.

Die im Szenario Wärmeerzeugung erreichbaren CO₂-Einsparungen sind in Abb. 57 dargestellt:

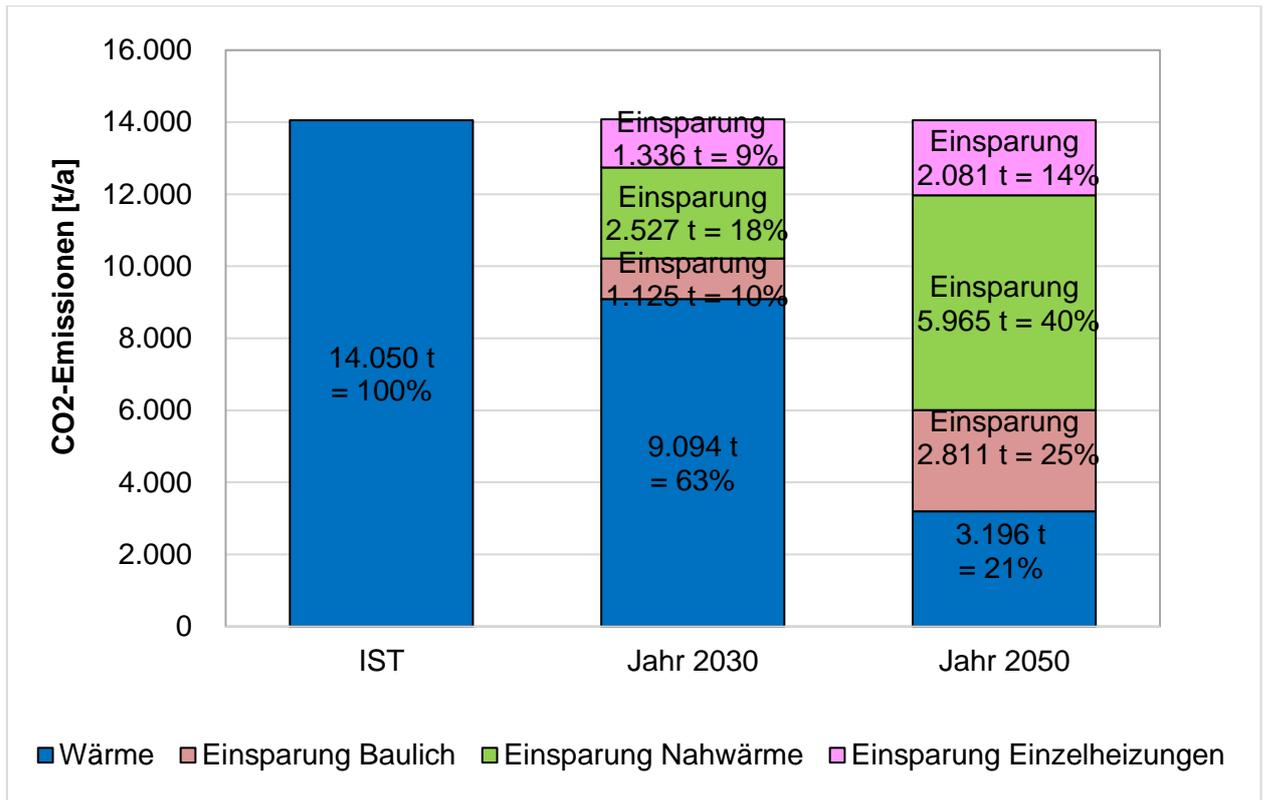


Abb. 57: CO₂-Einsparpotenziale Wärme

Der für das Jahr 2050 ausgewiesene CO₂-Ausstoß für den Wärmesektor beträgt somit noch 3.196 t/a, was lediglich 21 % des Ist-Zustandes von aktuell jährlich 14.050 t entspricht.

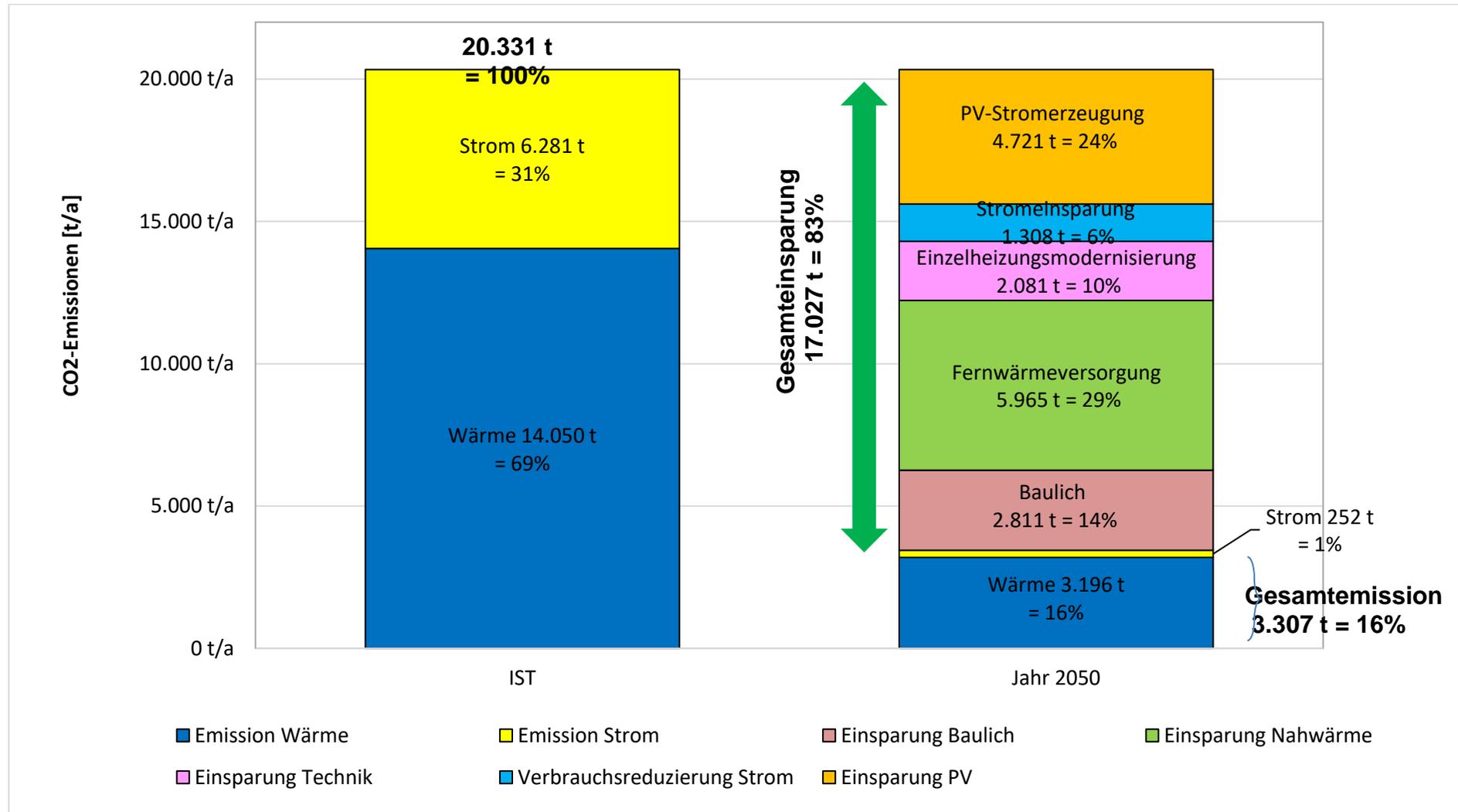


Abb. 58: CO₂-Einsparpotenzial Wärme und Strom

Der für das Jahr 2050 ausgewiesene CO₂-Ausstoß für Wärme und Strom beträgt gemäß Diagramm aus der Abb. 58 somit noch 3.307 t/a, was lediglich 16 % des Ist-Zustandes von aktuell jährlich rund 20.331 t entspricht. Die Entwicklung des Primär-, Endenergieverbrauchs sowie der CO₂-Emissionen sind in der Abb. 59 abgebildet.

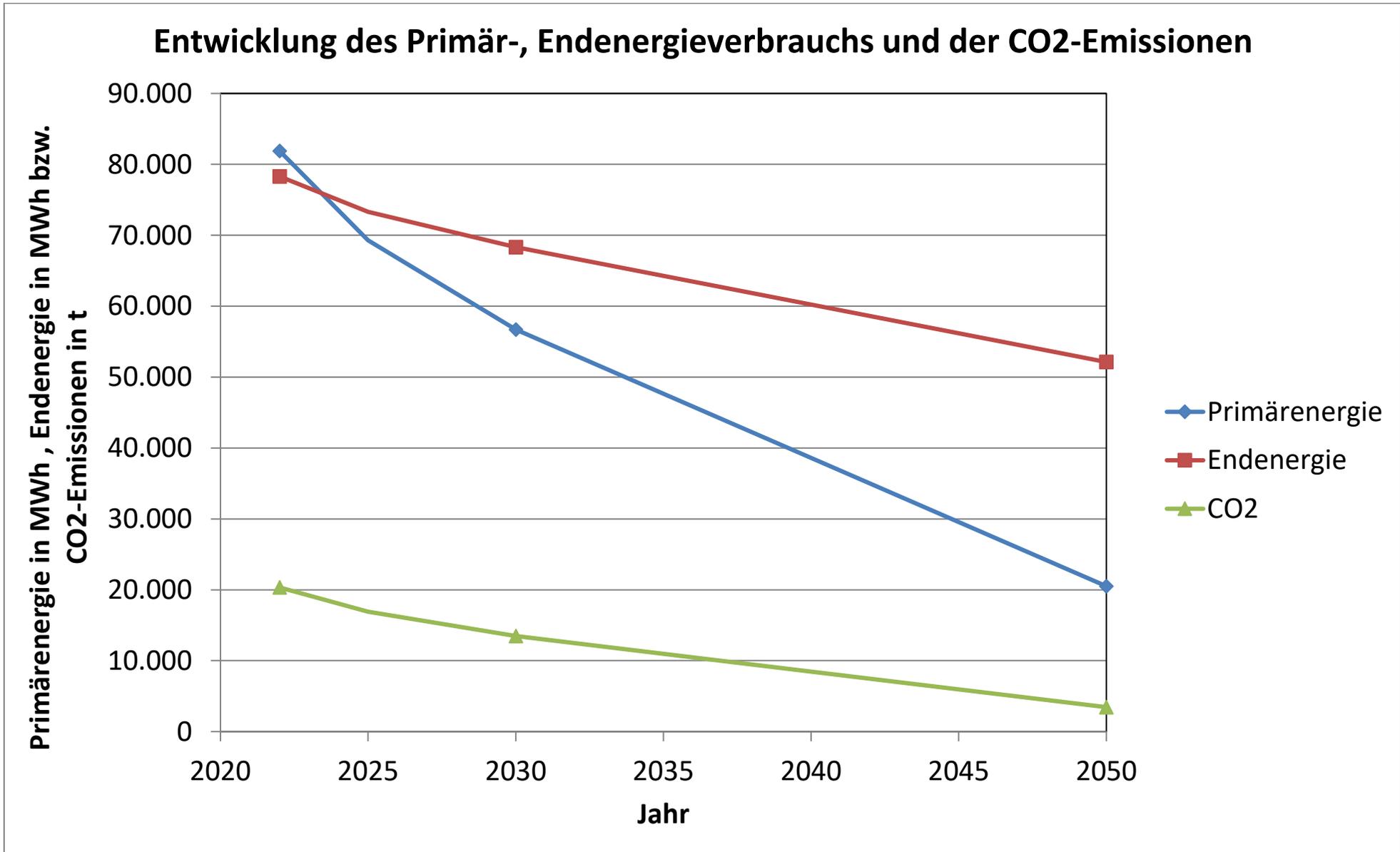


Abb. 59: Entwicklung End-, Primärenergieverbrauch und CO₂-Emissionen

10 Umsetzungshemmnisse

10.1 Gebäudemodernisierung und Förderkriterien

Bislang lag die Sanierungsquote in Deutschland niedriger, als dies aufgrund theoretischer Lebenszyklen von Heizungsanlagen und Gebäudebauteilen zu erwarten wäre. So lag die Sanierungsquote im Jahr 2013 gerade mal bei 1 Prozent. Diese Sanierungsquote reicht nicht aus, um das von der Bundesregierung gesteckte Ziel zu erreichen, bis zum Jahr 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu realisieren (Fraunhofer IBP).

Hemmnisse hinsichtlich der Bereitschaft zur Durchführung energetischer Sanierungen liegen sowohl bei Eigenheim besitzenden Personen als auch bei vermietenden Personen von Wohnraum in unterschiedlichen Interessenslagen. Neben dem finanziellen Leistungsvermögen liegen diese im individuellen Werteverständnis oder beispielsweise in einer auf Seiten der vermietenden Person wirtschaftlichen Betrachtung in Verbindung mit einer nur beschränkt möglichen Umlegung der Investitionskosten auf die Kaltmieten.

Wichtig sind in diesem Zusammenhang staatliche Fördermittel, wie sie beispielsweise seitens der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) für die Sanierung von Bestandsgebäuden zu sogenannten „KfW-Effizienzhäusern“ in Form von zinsgünstigen Darlehen und Tilgungszuschüssen bzw. in Form von Direktzuschüssen für Einzelmaßnahmen gewährt werden.

Nach einer ersten Erhöhung der Fördersätze im Jahr 2015, wurden die Fördersätze für energetische Modernisierungsmaßnahmen im Januar 2020 weiter und deutlich erhöht. Sowohl für Einzelmaßnahmen als auch für Vollmodernisierungen auf ein KfW-Effizienzhaus-Niveau.

Mit der Einführung der Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG), die weiterhin von der KfW und dem BAFA verwaltet bzw. bereitgestellt werden, wurden die Fördersätze für Einzelmaßnahmen zum 01.01.2021 teilweise weiter angehoben und werden für Effizienzhäuser durch die Einführung der „Erneuerbare-Energie-Klasse“ (BEG-Effizienzhaus EE) zum 01.07.2021 weiter angehoben.

Gleichzeitig werden mit der Erhöhung der förderfähigen Kosten für die EE-Klassen auf 150.000 € je Wohneinheit Umsetzungshemmnisse für die von Einfamilienhäusern besitzenden Personen abgebaut, da ein wesentlich höherer Anteil der bei einer Vollmodernisierung anfallenden Kosten über die förderfähigen Kosten abgebildet werden können als bisher (Abb. 60).

Die genauere Betrachtung eines für das Quartier Tübingen-Lustnau typischen Referenzgebäudes (siehe Abschnitte 5.2 und 5.3) ergibt unter Berücksichtigung der aktuellen Fördermöglichkeiten folgendes Bild:

Rechnet man die Kosten ohnehin anstehender Instandhaltungsmaßnahmen heraus (z. B. neuer Anstrich, neue Dacheindeckung, Austausch in die Jahre gekommener Heizungsanlagen etc.), ist der wirtschaftliche Nutzen energetischer Gebäudemodernisierungsmaßnahmen unter Einbeziehung staatlicher Fördermittel kurz- bis mittelfristig gegeben.

Für die betrachteten Referenzgebäude liegen die Kapitalrückflusszeiten für eine Ertüchtigung eines Einfamilienhauses zum KfW-Effizienzhaus 85 EE bei nur 5 Jahren und somit deutlich unter der zu erwartenden Nutzungszeit für die modernisierten Komponenten der Gebäudehülle respektive der Heizungstechnik. Ein in den 90er Jahren errichtetes Mehrfamilienhaus kommt auf eine Kapitalrückflusszeit von 33 Jahren, aufgrund eines geringeren Anteils ohnehin anstehender Modernisierungsmaßnahmen.

Effizienzhaus	(Tilgungs-)zuschuss in % je Wohnung 	Betrag je Wohnung 
Effizienzhaus 40	45 % von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 54.000 Euro
Effizienzhaus 40 <u>Erneuerbare-Energien-Klasse</u> 	50 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 75.000 Euro
Effizienzhaus 55	40 % von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 48.000 Euro
Effizienzhaus 55 <u>Erneuerbare-Energien-Klasse</u> 	45 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 67.500 Euro
Effizienzhaus 70	35 % von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 42.000 Euro
Effizienzhaus 70 <u>Erneuerbare-Energien-Klasse</u> 	40 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 60.000 Euro
Effizienzhaus 85	30 % von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 36.000 Euro
Effizienzhaus 85 <u>Erneuerbare-Energien-Klasse</u> 	35 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 52.500 Euro
Effizienzhaus 100	27,5 % von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 33.000 Euro
Effizienzhaus 100 <u>Erneuerbare-Energien-Klasse</u> 	32,5 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 48.750 Euro
Effizienzhaus Denkmal	25 % von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 30.000 Euro
Effizienzhaus Denkmal <u>Erneuerbare-Energien-Klasse</u> 	30 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / geförderte Kosten	bis zu 45.000 Euro

Abb. 60: Auszug BEG-Förderstufen für Effizienzhäuser seit 1.7.2021

(Quelle: KfW)

Aus unserer Sicht war die Erhöhung der Tilgungs- bzw. Direktzuschüsse sowie die Anhebung der Deckelung auf 150.000 € ein wichtiger Schritt. So dürfte sich die Bereitschaft von im Eigentum besitzenden Personen oder WEG zu einer ambitionierten energieeffizienten Modernisierung von Bestandsgebäuden deutlich steigern. Wir gehen davon aus, dass sich dies bereits im Jahr 2022 zeigen wird.

Das „Nadelöhr“ – und somit ein Umsetzungshemmnis – könnten jedoch die bereits derzeit knappen Kapazitäten der Handwerksbetriebe sein, deren Branchenwachstum durch den Fachkräftemangel auf dem Arbeitsmarkt begrenzt wird. Insofern muss davon ausgegangen werden, dass die Erhöhung der Fördersätze bzw. die prosperierende Nachfrage nach

Bauleistungen die nächste Preisrunde der Handwerksunternehmen in einem ohnehin bereits „überhitzten“ Marktumfeld einläuten wird.

Abzuwarten bleibt, wie sich diesbezüglich die Corona-Krise auswirken wird. Diese könnte zwar zunächst durch einen Rückgang der Aufträge zu einer vorübergehenden „Bereinigung“ der für Bauleistungen aufgerufenen Preise führen. Im Zuge der Corona-Krise zeigt sich die Bauindustrie aber auch als krisenfester Arbeitgebender, was das Interesse an einem Arbeitsplatz in dieser Branche steigern könnte.

Einen weiteren Schritt zu einer höheren Sanierungsquote stellt die energetische Untersuchung ganzer Stadtquartiere dar. Neben einer zusätzlichen Sensibilisierung und Aufklärung der Bevölkerung kann es gelingen – beispielsweise durch eine Umsetzung der in diesem Quartierskonzept konzipierten Nahwärmeversorgung – die Heizwärmeversorgung vieler Gebäude auf einmal auf regenerative oder primärenergetisch günstige Energieträger umzustellen. In diesem Zusammenhang ist zu begrüßen, dass seit Einführung der BEG-Förderung auch der Anschluss an ein Nah- bzw. Fernwärmenetz, sofern überwiegend aus erneuerbaren Energien gespeist, durch das BEG als Einzelmaßnahme höher gefördert wird.

Auch unabhängig von einem entsprechenden Bau eines Nahwärmenetzes in Tübingen-Lustnau bzw. unabhängig von einem Gebäudestandort zu einer Nah- bzw. Fernwärmestruktur, bietet das BEG Einzelmaßnahmen fördertechnisch gute Anreize für die aktive Abkehr von fossilen Energieträgern in der Gebäudebeheizung (Abb. 60). In diesem Bericht werden daher auch Einzelheizungsmodernisierungsszenarien betrachtet und bilanziert, die ebenfalls zu einer signifikanten Senkung des Primärenergiebedarfs führen können (Abschnitte 5.6 und 5.7).

BEG EM - Bundesförderung effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen



Höhe Zuschuss bzw. Tilgungszuschuss (max. förderfähige Kosten = 60.000 €/WE, Maßnahme und Jahr):

Bauliches, Lüftung, Heizkörper, hydraulischer Abgleich, Pumpen, etc.	Fördersatz
Bauliche Einzelmaßnahmen (Dach, Wand, Kellerdecke, Fenster)	20 % (+ 5 %)*
Haustechnik und Heizungsoptimierung (ohne neuen Wärmeerzeuger)	20 % (+ 5 %)*

Anlagen zur Wärmeerzeugung inkl. ggf. Sekundärseite	Fördersatz
Nahwärmeanschluss/Gebäudenetze mit min. 25 % EE	30 % (+5 %*+10 %**)
Nahwärmeanschluss/Gebäudenetze mit min. 55 % EE	35 % (+5 %*+10 %**)
Biomasse-Heizungen	35 % (+5 %*+10 %**+5 %***)
Wärmepumpen	35 % (+ 5 %*+10 %**)
Gas-Brennwertheizung „Renewable-Ready“ (Frist 2 Jahre)	20 % (+ 5 %)*
Gas-Hybridheizung	30 % (+5 %*+10 %**)
Solarthermieanlage	30 % (+ 5 %)*

* wenn die Maßnahme Teil eines zuvor erstellten iSFP ist (individueller Sanierungsfahrplan)

** bei Außerbetriebnahme einer Ölheizung (Austauschpflicht spielt keine Rolle mehr)

*** wenn Feinstaub Biomasse-Kessel $\leq 2,5 \text{ mg/m}^3$

Abb. 61: BEG-Förderstufen für Einzelmaßnahmen

10.2 Psychologische Hemmnisse

Die das am Gebäudeeigentum innehabenden Personen haben teilweise Bedenken vor „gefühlte neuartiger“ Technik wie Wärmepumpen oder Photovoltaikanlagen. Selbst am Markt bereits erprobte und über die Jahrzehnte stetig verbesserte Systeme werden von manchen Gebäudebesitzenden aufgrund ihrer vermeintlich technischen Komplexität übertrieben kritisch hinterfragt.

Vorurteilen könnte ein Sanierungsmanagement gezielt begegnen. Die Präsentation solcher Heizwärmeerzeuger kann beispielsweise an Informationsveranstaltungen zum Sanierungsmanagement angekoppelt werden. Hierbei könnten örtliche Fachhandwerksbetriebe in das Sanierungsmanagement eingebunden werden, um konträre Beratungen vor Ort zu vermeiden.

Weiterhin ist die öffentliche Hand im Rahmen ihrer Vorbildfunktion ein wichtige Beteiligte hinsichtlich des Abbaus von Vorurteilen. Der Zubau von PV-Anlagen auf öffentlichen Gebäuden oder die Erneuerung von Heizwärmeerzeugern sollten möglichst publik, im Idealfall durch öffentliche Baustellenführungen zugänglich bzw. „anfassbar“ gemacht werden. Werden Wärmeerzeuger in öffentlichen Gebäuden oder/und in einer separaten Heizzentrale und die ersten Nahwärmeleitungen errichtet, bietet sich eine Einweihungsfeier und Trassen-spatziergänge an, um die Technik publik zu machen und Vorurteile abzubauen.

Ein weiteres Hemmnis liegt in der Angst der Gebäudebesitzenden vor einer Abhängigkeit vom Wärmeversorgungsunternehmen. So wird die Wärmeversorgung durch Nah- oder Fernwärme oft kritischer beäugt als der Betrieb eines eigenen, scheinbar autonomen Heizwärmeerzeugers.

Aufklärend wirkt hierbei der Hinweis, dass auch die Funktion einer eigenen Wärme-erzeugung sowohl von der Brennstoff- als auch von der Stromversorgung abhängt. Eine autarke Wärmeversorgung ist folglich auch mit eigenen Systemen nicht gegeben (abgesehen vom klassischen Holzofen).

Argumente für eine Umstellung können neben wirtschaftlichen Gesichtspunkten weiterhin eine drastische Reduzierung des Primärenergiebedarfs der Gebäude sein. Weiterhin kann auch die Luftqualität vor Ort durch die Abschaltung der brennstoffbetriebenen Einzelheizungen verbessert werden.

10.3 Fernwärmeversorgung

10.3.1 Wärmedichte

Eine zu geringe Wärmedichte stellt häufig ein Ausschlusskriterium für die Umsetzung einer Fernwärmeversorgung dar. Aufgrund der dichten Besiedlung ist in Lustnau allerdings in den meisten Gebieten eine hohe bis sehr hohe Wärmedichte gegeben. Dies ist insbesondere im Bereich der bereits bestehenden Wärmenetze der Fall. Weitere hohe Wärmedichten liegen unter anderem in der Dorfstraße, der Kreuzstraße, der Dorfackerstraße und der Viktor-Renner-Straße. In Gebieten mit geringem Wärmebedarf müsste ggf. bei Erweiterung des Netzes eine niedrige Wärmedichte durch eine höhere Anschlussquote ausgeglichen werden.

10.3.2 Etagenheizungen

Für Gebäude mit Etagenheizungen ist der Anschluss an eine Nahwärmeversorgung erschwert, da es nicht ausreicht, eine zentrale Übergabestation im Gebäude zu installieren.

Notwendig ist eine hausinterne Verteilung zu wohnungs- bzw. etagenweisen Unterstationen. Auf entsprechende Förderprogramme der KfW-Bank zur Gebäudesanierung kann hingewiesen werden.

10.3.3 Elektroheizungen

Bei Gebäuden mit Elektro-Nachtspeicheröfen als Heizungssystem liegen die Investitionskosten durch die notwendige Errichtung eines zentralen Heizsystems deutlich höher als bei Gebäuden, die bereits über eine zentrale Wärmeverteilung verfügen (Neuinstallation Heizkörper, Verteilleitungen, Erzeugung etc.).

Durch die Nutzung erneuerbarer Energien – wie beispielsweise bei einem Anschluss an die Nahwärmeversorgung – wird das Vorhaben durch die BEG-Förderung Einzelmaßnahmen höher bezuschusst. Der prozentuale Zuschuss schließt auch notwendige Arbeiten an der Sekundärseite mit ein, so dass – der evtl. schon lange gewünschte – Umstieg auf ein zentrales Heizungssystem dadurch finanziell um 35 % erleichtert wird.

10.3.4 Erfolgte Erneuerung von Heizkesseln

Ein weiteres Hemmnis ist die bereits erfolgte Erneuerung von Kesselanlagen. In diesen Gebäuden ist ein Anschluss an die Nahwärmeversorgung mittelfristig eher unwahrscheinlich. Um diese Gebäude trotzdem versorgen zu können, wären Tarifangebote für einen vorverlegten Anschluss im Zuge der Netzerrichtung sinnvoll.

10.4 Soziale und wirtschaftliche Umsetzungshemmnisse

Die Einschätzung von Eigentümern hinsichtlich des Sanierungsbedarfs respektive der energetischen Qualität des eigenen Hauses ist in manchen Fällen nicht realitätsnah. Insbesondere bei vermieteten Objekten wird ein geringerer Modernisierungsbedarf gesehen als bei selbstgenutztem Wohneigentum.

Aussagen wie „das Haus hat der Opa schon mit 30er Ziegelsteinen gemauert - da braucht man keine Außendämmung“ sind nicht richtig. Natürlich ist dieser Umstand teilweise auch einem Mangel an fachlichem Kenntnis und einem Informationsdefizit hinsichtlich gesetzlicher Anforderungen und Fördermöglichkeiten geschuldet. Weitverbreitet handelt es sich jedoch um Schutzbehauptungen, um selbst einer „Eigentum verpflichtet“-Debatte aus dem Weg gehen und vorhandene finanzielle Mittel lieber in statuskräftigeren Konsum fließen lassen zu können. Gleichzeitig wird die Investition der kommenden Generation aufgebürdet.

Sanierungsbedarf wird häufig erst dann wahrgenommen, wenn akute Schäden vorliegen und zum Handeln zwingen. Beispielsweise bei einem undichten Dach oder im Falle eines Ausfalls der Wärmeerzeugung.

Ein Schwerpunkt der Tätigkeit des Sanierungsmanagements wird in diesem Zusammenhang eine Sensibilisierung und Information der Personen im Besitz von Eigenheimen und vermietenden Personen sein. Informationsveranstaltungen zu einzelnen Themen der energetischen Sanierung, bei denen auch Aspekte der Förderangebote und der Wirtschaftlichkeit betrachtet werden, stellen hierbei zentrale Punkte dar.

10.5 Altersstruktur

Das Eigentum an Häusern inhabender Personen höheren Alters erscheinen eine Sanierung bzw. die Modernisierung des Eigenheims oft wenig attraktiv. Die vorhandene Skepsis resultiert aus einer wirtschaftlichen Betrachtungsweise in Kombination mit verlängerter Lebenserwartung. Zumal sie sich häufig einer Abwägung hinsichtlich zu tätiger baulicher Investitionen und Planungen zur Gestaltung des Lebensabends oder schlichtweg einer nur geringen Rente gegenübersehen. Die altersgerechte Ausgestaltung der Wohnung oder des Hauses, insbesondere aber Aspekte der Behaglichkeit spielen dabei zudem nur eine untergeordnete Rolle – verbunden auch mit einem geringeren Anspruchsdenken der älteren, im Nachkriegsdeutschland aufgewachsenen Generationen.

10.6 Zeitraum der Modernisierungen und Baumängel

Umfassende Modernisierungen sind über den Umsetzungszeitraum mit Stress, Dreck und Komforteinbußen für die Bewohnerschaft verbunden.

Häufig sind auch Bedenken hinsichtlich der Ausführungsqualität vorhanden. Ängste, an unseriöse Anbietende bzw. Dienstleistende zu geraten, mit Baumängeln oder Mehrkosten konfrontiert zu werden, sind zumeist auf eine Überforderung hinsichtlich der komplexen Planung und Ausführungsbegleitung zurückzuführen.

Auch in diesem Zusammenhang kann das Sanierungsmanagement die Skepsis abbauen und Risiken minimieren. Natürlich kann die detaillierte Planung der jeweiligen Baumaßnahmen im Quartier nicht von einem Sanierungsmanagement übernommen werden, es kann jedoch unterstützend tätig sein und bei der Auswahl geeigneter planender Personen und Handwerksbetriebe beraten. Weiterhin kann es Bauverantwortliche auf die seitens der KfW angebotene Förderung der Fachbaubegleitung hinweisen, die im Zuge der BEG-Förderung künftig mit 50 % staatlich gefördert wird.

10.7 Investitionen zum Wohle der Mietperson?

Im Bereich der energetischen Modernisierung wird das Dilemma zwischen vermietenden Personen und Mietpersonen eines Objektes besonders deutlich. Spezifische Hemmnisse liegen hierbei in den Interessenskonstellationen bei Mietwohnungen oder vermieteten Häusern, die plakativ als Investierende Person-Nutzung-Dilemma oder auch als vermietende Person-Mietperson-Dilemma bezeichnet werden können.

Objektiv sinnvolle Investitionen unterbleiben teilweise, weil der finanzielle Nutzen nicht bei der investierenden Person, sondern bei der Mietperson liegt. Auf der Seite der vermietenden Person entfallen wirtschaftliche Anreize, die Investition zu tätigen, da die Brennstoffkosteneinsparung zugunsten der Mietperson geht und die Modernisierungsmaßnahmen nur eingeschränkt auf die Kaltmiete umgelegt werden können.

Argumente dagegen sind Substanz- und Werterhalt durch die Sanierung im Allgemeinen sowie die energetische Weiterentwicklung der Immobilie auf einen aktuellen oder darüberhinausgehenden Standard.

11 Sanierungsmanagement und Umsetzungsbegleitung

11.1 Aufgaben des Sanierungsmanagements

Die Umsetzung der durch das Quartierskonzept begonnenen Arbeit könnte im Anschluss von einem aus mehreren Personen bestehenden Sanierungsmanagement begleitet werden.

Das Sanierungsmanagement würde eine Anlaufstelle für energieberatungstechnische, finanzierungs- und förderungsspezifische Fragen der Quartiersbewohnerschaft darstellen. Direkte Beratungen vor Ort könnten durchgeführt werden. Ein Aufgabenfeld wäre hierbei die Erörterung und der Abbau der in Abschnitt 10 genannten sowie ggf. weiterer Umsetzungshemmnisse.

Ein Sanierungsmanagement soll dem Gesamtprojekt zur öffentlichen Wahrnehmung durch Öffentlichkeitsarbeit in den kommunalen Medien und durch Postwurfsendungen verhelfen sowie Maßnahmen und Vorgehen koordinieren.

Ein weiterer Handlungsschwerpunkt ist die Koordination möglicher Synergien, die sich im Rahmen von städtebaulichen Vorhaben, infrastrukturellen Erfordernissen und der Erweiterung des Nahwärmenetzes ergeben können.

In der Folge fiele ihm eine entscheidende Rolle in der Entwicklung der Nahwärmeversorgung zu. Beispielsweise durch die Weiterentwicklung und Mitwirkung an Konzeption und Planung der Nahwärmeversorgung sowie durch die Kommunikation zwischen den Beteiligten, übernehme das Sanierungsmanagement entscheidende Aufgaben.

Ein Sanierungsmanagement muss den Fortschritt der Umsetzung dokumentieren und ein CO₂-Einsparungs-Monitoring erstellen bzw. fortschreiben. Alle Maßnahmen und Ergebnisse werden abschließend in einem Tätigkeitsbericht dokumentiert und Möglichkeiten einer Verstetigung der angestoßenen Prozesse aufgezeigt.

11.2 Wirkungskontrolle

Die folgenden Monitoring-Maßnahmen würden sich für die Umsetzungsphase in Tübingen-Lustnau anbieten:

- Die am Sanierungsmanagement beteiligten Personen sowie die Agierenden der Stadtverwaltung bzw. -werke können in regelmäßigen Jour fixen Hemmnisse zum Baubeginn bzw. Ausbau des Nahwärmenetzes erörtern und möglichst abbauen. Angebote zur baulichen Gebäudemodernisierung für Eigentum innehabende Personen (bauliche Beratung, heizungstechnische Beratung, Thermografieuntersuchungen, PV-Check) können aufgelegt, angeboten und bearbeitet werden.

Protokolle zu den Jour fixen halten die Arbeit und Erfolge des Sanierungsmanagements fest und weisen die zu bearbeitenden Fragestellungen aus.

- Die Firma Smart Geomatics bietet mit ihrem Programm „Smart2Energy“ eine GIS-Datenbasierte Online-Anwendung, die die Dokumentation und Fortschreibung der im Rahmen des Sanierungsmanagements durchgeführten Maßnahmen/Beratungen erleichtert. In Tübingen-Lustnau kam diese Anwendung bereits für die Erstellung des Quartierskonzeptes zum Einsatz.

Die Katasterdaten wurden im Zuge der Gebäudeerhebung durch weitere Daten ergänzt. So ist eine Hochrechnung des derzeitigen Energiebedarfes eines jedweden Gebäudes im Quartier möglich; weiterhin die Berechnung und Dokumentation von primärenergetischen Einsparwirkungen durch umgesetzte Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle oder/und der Heizungstechnik sowie hinsichtlich des eingesetzten Energieträgers.

Im Zuge des Sanierungsmanagements können geplante und umgesetzte Maßnahmen in die Anwendung eingepflegt und visualisiert werden.

Eine Weiterverwendung des Programms als „Werkzeug“ des Sanierungsmanagements bietet sich daher an. So könnten erzielte Erfolge auf Basis der vorhandenen Ausgangslage hinsichtlich des End- und des Primärenergiebedarfs sowie hinsichtlich der CO₂-Einsparung bilanziert und abschließend gesamtheitlich ausgewertet werden. Die im Rahmen des Quartierskonzeptes gesteckten Ziele können so mit dem Erreichten abgeglichen werden.

12 Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit

Die wesentlichen Beteiligten im Quartier Tübingen-Lustnau sind neben der Bewohnerschaft

- die Stadtverwaltung,
- die Stadtwerke,
- die kommunalen Servicebetriebe.

Die Stadtwerke und kommunalen Servicebetriebe wurden als Initiierende des vorliegenden Quartierskonzeptes maßgebend in die Konzeptentwicklung sowie in den verwaltungstechnischen und organisatorischen Prozess eingebunden. Weiterhin fand ein regelmäßiger Austausch zwischen Stadtwerke, kommunale Servicebetriebe sowie IBS als dienstleistendes Ingenieurbüro statt. Die Besprechungen fanden pandemiebedingt überwiegend in Form von Videokonferenzen statt.

Ergebnisse des Quartierskonzepts sowie die weiteren Schritte sollen in einer geplanten Öffentlichkeitsveranstaltung unter breiterem Publikum diskutiert werden. Die Informationsveranstaltung soll als Präsenzveranstaltung stattfinden und die Teilnahmemöglichkeit von vielen Bewohnenden im Quartier bieten. Aufgrund der aktuellen Regelung von Großveranstaltungen war die geplante Veranstaltung bisher noch nicht möglich.

Über die Inhalte und das Vorgehen zum Quartierskonzept wurde bereits in der Ortsbeiratssitzung vom 20.04.2021 berichtet (Abb. 62).

In der lokalen Presse war das Interesse am Thema ebenfalls so groß, dass eine mehrmalige Berichterstattung stattfand und die Bewohnerschaft des Quartiers zum Vorgehen informiert wurden (Abb. 63).

In einem gemeinsamen Termin mit der Stadtverwaltung, den Stadtwerken sowie den beteiligten Ingenieurbüros wurde das weitere Vorgehen abgestimmt.

Ortsbeirat Lustnau 20.04.2021

Zeit: 18:00-21:00 Uhr

Informationen

Tagesordnung

TOP	Inhalt	Dokumente
Öffentlicher Teil:		
1	Mitteilungen	
	- Maßnahmenkonzeption zum Lärmaktionsplan; 29/2021 Entwurf zur Beteiligung der Öffentlichkeit	 Vorlage 436 KB  1 Maßnahmenkonzept 582 KB  2 Karten der Maßnahmen- und Zusatzbereiche mit Darstellung der Auswirkungen von bestimmten Maßnahmen (nur digital verfügbar) 18 MB  3 Begründung verkehrsbeschränkender Maßnahmen 520 KB
2	Bebauung Queckareal; Sachstandsbericht (Wettbewerbsergebnis Holzhaus, Start der Vermarktung)	
3	Integriertes Quartierskonzept Lustnau – energetische Stadtsanierung, Vorstellung durch den Gutachter	

Abb. 62: Einladung zur Öffentlichkeitsveranstaltung am 20. April 2021

Spaziergang für den Klimaschutz

Energie In Lustnau wird zur Zeit jedes Haus angeschaut. Die Bestandsaufnahme soll dabei helfen, klimaneutral zu werden.

Tübingen. Dem einen oder anderen Lustnauer werden die beiden schon aufgefallen sein: Philipp Fendrich und Sophia Stier gehen seit einigen Tagen durch jede Straße in dem Stadtteil, schauen sich jedes Haus an, machen Fotos und Notizen. „Es ist wie Spazierengehen, ganz nett“, sagt Stier. Doch die beiden sind nicht nur zum Vergnügen in Lustnau, sondern arbeiten. Sie sind von der Ingenieurgesellschaft IBS in Bietigheim-Bissingen und wurden von den Stadtwerken Tübingen damit beauftragt, ein „energetisches Quartierskonzept“ für Lustnau zu erstellen.

„Das geht an den Geldbeutel von jedem.“

Albert Füger,
Leiter Fachbereich Tiefbau

„Wir brauchen eine Bestandsaufnahme des energetischen Zustands der Häuser, um festzustellen, wo nachgebessert werden sollte“, erklärt Albert Füger, städtischer Fachbereichsleiter Tiefbau. Schließlich solle das Land bis 2040 klimaneutral sein. „Das betrifft jeden, eigentlich sollten bis dahin alle Gasheizungen ausgetauscht sein.“

Bis 2030 müssten, so Füger, alle Gemeinden einen Wärmeplan erstellen. Tübingen fängt damit in Lustnau an. Fast jedes Haus dort wird unter die Lupe genommen. Ist das Haus gedämmt? Welche Heizung ist eingebaut? Welche Fenster hat das Haus?

Der erste Schritt dazu ist der „Spaziergang“ von Stier und Fendrich. Kürzlich waren sie in der hinteren Gartenstraße unterwegs



Sophia Stier und Philipp Fendrich von der IBS Ingenieurgesellschaft schauen sich zur Zeit jedes Haus in Lustnau von außen an, um den energetischen Zustand zu dokumentieren.

Bild: Sabine Lohr

und haben sich die Reihenhäuser angeschaut, die die GSW vor rund 60 Jahren gebaut hat. Fendrich erkennt mit geschultem Blick, welche Fenster eingebaut sind, und zeigt auf die kleinen Rohre auf den Dächern, die auf eine Brennerheizung hinweisen. Einige

der Häuser sind hübsch saniert, haben eine Außendämmung bekommen, eine Solaranlage auf dem Dach und einen glänzenden Außenschornstein für ihren Kamin.

Er diktiert seiner Kollegin Stier: „Null, zwei, null“ – was be-

deutet, dass der Keller nicht bewohnt ist, sich darüber zwei bewohnte Etagen befinden und das Dach nicht ausgebaut ist. Das trifft für die meisten der GSW-Häuser in der Gartenstraße zu.

Sophia Stier notiert alles in Abkürzungen. „Jetzt haben wir die erste von 68 DIN A4-Seiten gefüllt“, sagt sie. „Wir haben also noch einiges vor uns.“ Vier bis fünf Tage, schätzen die beiden, werden sie brauchen, um Lustnau zu erfassen.

Die Daten werden mit anderen abgeglichen, etwa mit denen des Schornsteinfegers und des Katasteramtes. „Dann schauen wir, wo man den Energieträger durch Nahwärme ersetzen kann und wo man zum Beispiel Fotovoltaikanlagen auf die Dächer setzen kann“, sagt Fendrich.

Das Ziel, CO₂ einzusparen, soll dann mit kostenlosen Energieberatungen und Sanierungen erreicht werden. Außerdem soll geprüft werden, welche Häuser sich an die Fernwärmeleitung anschließen lassen, die gerade in der Gartenstraße verlegt wird – sie soll die geplanten Gebäude auf dem Queck-Areal versorgen. Möglicherweise wird es auch Förderprogramme geben, um Anreize zu schaffen. Denn ganz billig ist es nicht, ein Haus klimaneutral zu machen. „Das geht an den Geldbeutel von jedem“, sagt Füger. „CO₂ zu sparen heißt auch, auf einiges verzichten zu müssen.“

„Nach fünf Jahren machen wir dann einen Bericht, um zu sehen, wie viel CO₂ eingespart wurde“, sagt Fendrich. Für diesen Bericht braucht er auch die Fotos, die er von den Häusern macht. So kann er den Vorher-Nachher-Zustand dokumentieren. Sabine Lohr

Abb. 63: Zeitungsbericht zur Gebäudeaufnahme

13 Handlungskonzept und mögliche Abfolge

Der folgende Ablauf ist nach aktuellem Stand vorgesehen:

1. Planung und Umsetzung der beschriebenen Konzepte zur Abwasserwärmenutzung sowie Energieoptimierung auf der Kläranlage.
2. Festlegung von Fernwärmevorranggebieten zur Erweiterung vorhandener Wärmenetze.
3. Integration der Datenerhebung aus Infrastruktur-Planer im GIS-System der Stadt bzw. Stadtwerke.
4. Kundschaftsakquise und -information für mögliche Fernwärmekundschaft.
5. Zeitplan für den Zusammenschluss der Wärmenetze und Außerbetriebsetzung kleiner ineffizienter Heizzentralen.
6. Besichtigung der Heizzentrale nach Fertigstellung zur Projektinitiierung weiterer Projekte und Vorbildcharakter für weitere große Wärmeversorgung.
7. Weiterentwicklung der Gesamtkonzeption für die langfristige Perspektive einer CO₂-neutralen Wärmeversorgung.

14 Maßnahmenkatalog

Nachfolgend ist eine Matrix zur Bewertung der definierten Maßnahmen dargestellt. Diese wurden nach Priorität, Umsetzungshorizont, Aufwand, ökologischer Effekt und Öffentlichkeitswirksamkeit bewertet.

Bereich	Nr.	Maßnahme	Priorität	Zeithorizont	Umsetzbarkeit technisch	Umsetzbarkeit wirtschaftlich	Aufwand	CO ₂ -Einspar- potenzial	Umsetzungs- hemmnisse	Kommentar
					1=schwierig 3=einfach	1=gering 3=hoch	1=groß 3=gering	1=gering 3=groß		
	1	Beantragung Sanierungsmanagement	hoch	mittelfristig	n. a.	n. a.	2	n. a.	Kapazitäten	
	2	Erstellung Transformationsplan gemäß BEW	hoch	kurzfristig	2	2	1	1	Bekanntgabe Förderprogramm	Beteiligung mehrerer Agierender
Öffentlichkeitsarbeit	3	öffentliche Info-Veranstaltung zum Quartierskonzept	hoch	kurzfristig	n. a.	n. a.	2	n. a.	- Örtlichkeit - Desinteresse der Bevölkerung - Corona-Verordnung	geplant im Frühjahr 2022
	4	Durchführung von Führungen durch Heizzentralen	mittel	mittelfristig	1	3	2	2		Vorbildcharakter mit Ausstrahlungswirkung zur Nachahmung weiterer Projekte
Gebäudemodernisierung	5	Durchführung von Beratung Einwohnerschaft zu baulichen und technischen Modernisierungen mit Protokoll	hoch	kurzfristig	2	1	1	2	Kapazitäten	Durchführung über Energieberatungsagenturen vor Ort
	7	Modernisierung von öffentlichen Liegenschaften hinsichtlich Gebäudehülle, Beleuchtung, Wärmeerzeugung und PV als Vorbildfunktion	mittel	langfristig	1	1	1	2	- Haushaltsmittel - Wirtschaftlichkeit - Kapazitäten Handwerk	gesetzliche Vorgaben: GEG, E WärmeG, teilweise bereits erfolgt

Bereich	Nr.	Maßnahme	Priorität	Zeithorizont	Umsetzbarkeit technisch	Umsetzbarkeit wirtschaftlich	Aufwand	CO ₂ -Einspar- potenzial	Umsetzungs- hemmnisse	Kommentar
					1=schwierig 3=einfach	1=gering 3=hoch	1=groß 3=gering	1=gering 3=groß		
PV-Ausbau	8	Plattform zum Konvoi-Ausbau von PV-Anlagen	mittel	mittelfristig	3	2	3	3		
	9	Belegung aller großen Dachflächen mit PV-Anlagen	mittel	langfristig	3	3	2	3	Finanzierung	
Fernwärmeversorgung	10	Planung, Umsetzung und Weiterentwicklung der Abwasserheizzentrale	hoch	kurz- bis mittelfristig	2	3	1	3	- Förderbedingungen BEW	
	14	Erweiterung der vorhandenen Wärmenetze	hoch	mittelfristig	2	3	2	3	- Wirtschaftlichkeit - infrastrukturelle Erschwernisse	
	15	Zusammenschluss vorhandener Wärmenetze und Erhöhung des erneuerbaren Anteils	mittel	mittel- bis langfristig	3	1	1	3	- Wirtschaftlichkeit - infrastrukturelle Erschwernisse	