



KONSTANZ | KLIMASCHUTZ

INTEGRIERTES ENERGERTISCHES QUARTIERSKONZEPT INDUSTRIEGEBIET KONSTANZ

*Erstellt von der Tilia GmbH, Averdung Ingenieure & Berater GmbH,
HIC Hamburg Institut Consulting GmbH im Auftrag der Stadt Konstanz*

Übersicht Ansprechpartner

Das integrierte energetische Quartierskonzept Industriegebiet Konstanz wurde im Jahr 2021 erstellt von:



Tilia GmbH
Inselstraße 31
04103 Leipzig

Ansprechpartnerin:
Nelly Lehr (Projektleitung)
Mail: Nelly.Lehr@tilia.info



Averdung Ingenieure & Berater GmbH
Planckstraße 13
22765 Hamburg

Ansprechpartnerin:
Katharina Schwind
Mail: Katharina.Schwind@averdung.de



HIC Hamburg Institut Consulting GmbH
Paul-Neumann-Platz 5
22765 Hamburg

Ansprechpartner:
Nikolai Strodel
Mail: strodel@hamburg-institut.com

Im Auftrag und unter Mitwirkung von:



Stadt Konstanz
Amt für Stadtplanung und Umwelt
Untere Laube 24
78462 Konstanz

Ansprechpartnerin:
Mona Kramer
Mail: mona.kramer@konstanz.de



Das integrierte energetische Quartierskonzept für den Stadtteil Konstanz Industriegebiet wurde mit Hilfe von Fördermittel der KfW-Bank im Rahmen des Programms 432 „Energetische Sanierung“ erstellt.

Dieser Bericht wurde veröffentlicht im Januar 2022.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	6
Begriffs- und Abkürzungsverzeichnis	7
Zusammenfassung – Überblick Kennzahlen und Themengebiete.....	8
1. Einleitung	9
1.1 Anlass und Zielstellung.....	9
1.2 Allgemeine Beschreibung des Quartiers	11
1.3 Übergeordnete politische Zielstellungen, Konzepte und Planungen	20
2. Ausgangssituation.....	22
2.1 Energetische Ausgangssituation.....	22
2.2 Energie- und Treibhausgas-Bilanz	35
3. Potenzialanalyse.....	38
3.1 Potenzial aus erneuerbaren Energien	38
3.2 Abwärmepotenziale	53
3.3 Kraft-Wärme-Kopplung.....	59
3.4 Potenziale Kältebereitstellung	59
3.5 Effizienz- und Einsparpotenziale.....	61
3.6 Potenziale im Rahmen von Vor-Ort-Begehungen.....	71
4. Detailkonzepte	80
4.1 Qualitäts- und Entwicklungskonzept Schwerpunktgebiete Grubwiesen und Unterlohn	80
4.2 Energiekonzept Grubwiesen	103
5. Maßnahmenkatalog	129
5.1 Maßnahmen zur Nutzung von erneuerbaren Energien	132
5.2 Maßnahmen zur Realisierung von Effizienz- und Einsparpotenzialen.....	140
5.3 Maßnahmen für umweltfreundliche Mobilität.....	143
5.4 Maßnahmen zur Stadtentwicklung	152
5.5 Maßnahmen für Entwicklung Verkehrslandeplatz	155
5.6 Organisatorische Maßnahmen	157
5.7 Gesamtbewertung der Maßnahmen	158
5.8 Abgleich der Maßnahmen mit den Klimaschutzzielen der Stadt Konstanz.....	160
6. Erfolgskontrolle / Monitoring	164
7. Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungen.....	166
8. Ausblick	170
9. Anhang.....	172
Literaturverzeichnis	175

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bestandteile des Quartierskonzeptes.....	10
Abbildung 2: Quartiersabgrenzung mit Schwerpunktgebieten und Businesspark Konstanz.....	12
Abbildung 3: Aufteilung Flächen im Quartier.....	13
Abbildung 4: Aufteilung Anzahl Gebäude Quartier.....	13
Abbildung 5: Demographischer Vergleich Industriegebiet, Stadt Konstanz und Baden-Württemberg ...	14
Abbildung 6: Bebauungsplan Industriegebiet.....	16
Abbildung 7: Frei- und Grünflächen im Quartier.....	18
Abbildung 8: Klimafunktionskarte der Stadt Konstanz.....	19
Abbildung 9: Aufteilung Wärmeverbrauch nach Sektoren.....	22
Abbildung 10: Absoluter Wärmeverbrauch im Quartier auf Baublockebene.....	23
Abbildung 11: Standorte KWK-Anlagen und Nahwärmenetz.....	24
Abbildung 12: Kehrbezirke der Stadt Konstanz.....	25
Abbildung 13: Verteilung Wärmeerzeugung im Quartier nach Brennstoffen.....	25
Abbildung 14: Emissionen durch Wärmeerzeugung im Industriegebiet.....	26
Abbildung 15: Stromverbrauch im Quartier nach Sektoren.....	27
Abbildung 16: Absoluter Stromverbrauch im Quartier auf Baublockebene.....	28
Abbildung 17: Anteil lokale Stromerzeugung am Gesamtstromverbrauch.....	28
Abbildung 18: ÖV-Belastung Stadt Konstanz.....	30
Abbildung 19: Fahrradweg am Bahnhof Wollmatingen.....	31
Abbildung 20: Umfrage zu Mobilitätsformen im Quartier.....	31
Abbildung 21: Verortung Verkehrszählung Quartier.....	32
Abbildung 22: Verkehrsaufkommen Zählpunkt Quartier nach Uhrzeit.....	32
Abbildung 23: Verkehrsaufkommen Zählpunkt Quartier nach Wochentagen.....	32
Abbildung 24: Treibhausgasemissionen durch Wärme und Strom nach Sektoren.....	37
Abbildung 25: Szenarien zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen der Klimaschutzstrategie Konstanz.....	38
Abbildung 26: Potenziell als Solar-Carport geeignete Parkplätze.....	41
Abbildung 27: Anzahl der Tage mit der Durchschnittstemperatur über 5°C.....	44
Abbildung 28: Anzahl der Tage mit der Mindesttemperatur über 5°C.....	44
Abbildung 29: Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens.....	46
Abbildung 30: Übersicht des geothermischen räumlichen Potenzials im Projektgebiet.....	47
Abbildung 31: Übersicht Gewässerstruktur Konstanz.....	51
Abbildung 32: Tiefenlinien des Seerheins.....	52
Abbildung 33: Potenzialgebiet zur thermischen Nutzung des Seerheins.....	53
Abbildung 34: Abwasserpotenzial und Einzugsgebiet lt. Energienutzungsplan.....	56
Abbildung 35: Temperaturmessung in der Biologie.....	58
Abbildung 36: Energieeffizienzpotenziale bei branchenübergreifenden Querschnittstechnologien.....	62
Abbildung 37: Verteilung Stromverbrauch bei Haushalten.....	64
Abbildung 38: Unfallorte mit Fahrradbeteiligung im Quartier.....	68
Abbildung 39: Ladepunkte für Elektroautos im Quartier.....	70

Abbildung 40: Einsparpotenziale im Bereich Verkehr	71
Abbildung 41: Lageplan von „The Plant Konstanz“	73
Abbildung 42: Bildausschnitt aus der Rotationshalle 2 mit den zwei Produktionslinien (rechts)	75
Abbildung 43: Energiezentrale auf dem Gelände Max-Stromeyer-Straße 160	77
Abbildung 44: Lageplan des Business Park Konstanz.....	78
Abbildung 45: Hochwasserrisikokarte Deutschland	81
Abbildung 46: Integrationslevel Mobility as a service (Quelle: Verkehrswendebüro).....	85
Abbildung 47: Hôtel logistique Chapelle International in Paris-.....	86
Abbildung 48 Maßnahmen zur Flächeneffizienz aus dem Handlungsprogramm Wirtschaft 2030	90
Abbildung 49: Möglichkeiten der Nachverdichtung von Gewerbestandorten ©SenStadtWohn, Berlin .	91
Abbildung 50: GFZ / GRZ Strukturkonzept Gewerbegebiet Unterlohn, Stadt Konstanz.....	93
Abbildung 51: Flächenpotenzial Unterlohn im Vergleich	93
Abbildung 52: Beispiel Urban Gardening	95
Abbildung 53: Flex Q HUB.....	97
Abbildung 54: Beispiel EUREF-Campus Berlin.....	98
Abbildung 55: Beispiel für die Aufstockung einer Kita mit Wohnungen und Parallelnutzung, Teamwork Architekten.....	100
Abbildung 56: Lageplan Gewerbeflächenentwicklung auf dem Landeplatz Konstanz	104
Abbildung 57: Potenzielle Energiebedarfe des Neubuaareals Grubwiesen.....	106
Abbildung 58: Mögliche Trassenverläufe für Neubau und Bestand	109
Abbildung 59: Gegenüberstellung Bedarfe und Potenziale	111
Abbildung 60: Deckungsanteile der jeweiligen Wärmeerzeuger der zentralen Versorgung in Bestand und Neubau.....	113
Abbildung 61: Investitionskosten und -förderungen der Varianten.....	117
Abbildung 62: Jährliche Kosten der einzelnen Varianten.....	118
Abbildung 63: Annuität im Bestand (Erdgaspreis: 80 €/MWh in 2021).....	119
Abbildung 64: Annuität im Bestand (Erdgaspreis: 60 €/MWh in 2021).....	119
Abbildung 65: Annuität im Neubau.....	120
Abbildung 66: CO ₂ -Emissionen der Varianten über den Betrachtungszeitraum pro Jahr	121
Abbildung 67: CO ₂ -Emissionen der Varianten in 2021.....	122
Abbildung 68: CO ₂ -Emissionen der Varianten in 2035.....	123
Abbildung 69: Übersicht über Quellen für entwickelte Maßnahmen	129
Abbildung 70: Übersicht Reduzierung Treibhausgasemissionen durch Maßnahmenvorschläge	159
Abbildung 71: Effekte der Maßnahmen auf Reduzierung der Treibhausgasemissionen in Abgleich mit Klimaschutzzielen des "Klima-Plus-Szenarios".....	160
Abbildung 72: Beispiel für Presseartikel über das Quartierskonzept Industriegebiet	166
Abbildung 73: Screenshot von der digitalen Zukunftswerkstatt.....	167
Abbildung 74: Screenshot Beteiligungstool.....	168
Abbildung 75: Übersicht für Vorschläge Umsetzungsstart der Maßnahmen	170

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Stadtviertel im Quartier	12
Tabelle 2: Vergleich der Zulassungsdichte an PKW	29
Tabelle 3: Anzahl Fahrzeuge zugelassener Fahrzeuge in Konstanz, 01.01.2021.....	33
Tabelle 4: Anzahl Fahrzeuge im Quartier (zum 01.01.2020)	33
Tabelle 5: Relativer Bestand der Fahrzeugtypen nach Kraftstoffart (zum 01.01.2021)	34
Tabelle 6: Typische Jahresfahrleistungen nach Fahrzeugtypus und Kraftstoffart für das Jahr 2019.....	34
Tabelle 7: Typische Kraftstoffverbräuche nach Fahrzeugtypus	34
Tabelle 8: Energiegehalt und CO ₂ Äq-Wirkung nach Kraftstoffart	35
Tabelle 9: Energie- und CO ₂ -Bilanz Verkehr im Quartier Industriegebiet Konstanz	35
Tabelle 10: Gesamt Energie- und CO ₂ -Bilanz für das Jahr 2020.....	36
Tabelle 11: 10 größte Dachflächen im Quartier mit Eignung für Photovoltaik.....	39
Tabelle 12: Beispiele von Abwärmepotential der örtlichen Industrie und Gewerbe	54
Tabelle 13: Übersicht Einsparungen Stromeffizienz Haushalte	66
Tabelle 14: Leistungen / Dimensionen und Kostenansätze der einzelnen Komponenten	116
Tabelle 15: Wärmegestehungskosten der Varianten	120
Tabelle 16: Wärmegestehungskosten der Varianten ohne Förderung	120
Tabelle 17: Primärenergiefaktoren der Varianten.....	123
Tabelle 18: Projektion Primärenergiefaktoren der Varianten für 2020, 2030 und 2050	124
Tabelle 19: Beschreibung Maßnahmenblatt	130
Tabelle 20: Übersicht Maßnahmen der verschiedenen Akteure	163
Tabelle 21: Indikatoren für die Erfolgskontrolle spezifischer Maßnahmen.....	164
Tabelle 22: Übersicht Akteursgespräche im Rahmen des Quartierskonzeptes.....	168
Tabelle 23: Übersicht reduzierte Treibhausgasemissionen durch quantifizierbare Maßnahmen	172
Tabelle 24: Übersicht Reduzierung Energie durch Maßnahmen	172

Begriffs- und Abkürzungsverzeichnis

/a oder p.a.	pro Jahr (per annum)
°C	Grad Celsius
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EBK	Entsorgungsbetriebe Konstanz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GRZ	Grundflächenzahl
GFZ	Geschossflächenzahl
GW / GWh	Gigawatt / Gigawattstunden
ha	Hektar
K	Kelvin
KEP	Kurier-, Express- und Paketdienstleister
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramm
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW / kWh	Kilowatt / Kilowattstunde
MaaS	Mobility as a service
MW / MWh	Megawatt / Megawattstunden
Stadtviertel	sind Gebiete innerhalb von Stadtteilen. In diesem Konzept werden die Stadtviertel Grubwiesen, Unterlohn, Stromeyersdorf und Oberlohn betrachtet.
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
Quartier	beschreibt das Untersuchungsgebiet des vorliegenden Konzeptes, in dem Falle den Stadtteil Industriegebiet inkl. Business Park Konstanz GmbH.
Stadtteil	ist eine offizielle Einteilung der Stadt in verschiedene Teile. Im vorliegenden Konzept wird hauptsächlich der Konstanzer Stadtteil Industriegebiet betrachtet.
t	Tonnen
V	Variante
VBH	Vollbenutzungsstunden
VLP	Verkehrslandeplatz

Zusammenfassung – Überblick Kennzahlen und Themengebiete

Quartiersgebiet: Stadtbezirk Industriegebiet (ohne Wollmatinger Ried) zzgl. Business Park Konstanz

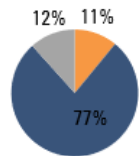
Ziel: Senkung von Treibhausgasemissionen im Quartier zur Erreichung der Klimaneutralität bis spätestens 2035, Erhöhung der Attraktivität des Quartiers

Ausgangssituation Kapitel 2

Beschreibt die energetische Ausgangssituation im Quartier

Endenergieverbrauch für Strom und Wärme verteilt auf Sektoren

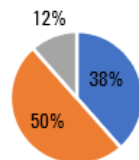
[Endenergie gesamt: 140 GWh/a]



■ Wohnen ■ GHD + Industrie
■ Sonstiges

Treibhausgasemissionen nach Nutzungen

[THG-Emissionen: 45.000 t CO_{2äq}/a]



■ Strom ■ Wärme ■ Verkehr

Potenzialanalyse Kapitel 3

Theoretisches Potenzial für erneuerbare Energien im Quartier

- Solarpotenzial
Photovoltaik: 8,7 GWh/a
Solarthermie: 69 GWh/a
- Geothermie
0,8 – 11,6 GWh/a
- Thermische Seewassernutzung: 251 GWh/a
- Industrielle Abwärme
10 GWh/a
- Abwasserkühlung
48,9 GWh/a
- Abwärme Kläranlage
64 – 108 GWh/a

Effizienz- und Einsparpotenziale

- Einsparpotenzial Haushalte: 4,2 GWh/a
- Verkehr
Ausbau ÖPNV: 2,7 GWh/a
Ausbau Radwege: 1,8 GWh/a

Detailkonzepte Kapitel 4

Qualitäts- und Entwicklungskonzept Schwerpunktgebiete Grubwiesen und Unterlohn

Themengebiete

- Umweltfreundliche Mobilität
- Flächeneffizienz
- Hochwertige und klimawandelangepasste Freiräume
- Kooperative Gebietsstrukturen
- Neue Formen des Arbeitens

Energiekonzept Grubwiesen Energieversorgung für Neubaugebiet Verkehrslandeplatz

Mögliche Szenarien für Beheizung Neubau:

- V1: Luftwärmepumpe (Mindeststandard GEG)
- V2: Beheizung mit Abwärme Klärwerk
- V3: Beheizung mit Geothermie

Maßnahmen Kapitel 5

Maßnahmen abgeleitet aus vorherigen Betrachtungen

Maßnahmen zu Nutzung von erneuerbaren Energien

Ausbau Photovoltaik und Luftwärmepumpen, Nutzung von Seethermie und industrieller Abwärme

Maßnahmen Effizienz-Einsparpotenziale

Stromeffizienz und energetische Sanierungen bei Haushalten

Mobilität

Ausbau ÖPNV, Fahrradwege und Infrastruktur für elektrische Antriebe

Maßnahmen zur Stadtentwicklung

Ausbau Grüngestaltung, Flächenentsiegelung und Regenwasserversickerung, Nutzung von „Mehrräumen“

Umsetzung Kapitel 5 und 8

- Umsetzung der Maßnahmen soll koordiniert werden durch ein gefördertes Sanierungsmanagement für das Quartier
- In Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung Konstanz, den Stadtwerken Konstanz und den Akteuren im Quartier
- Durch vorgeschlagene Maßnahmen können ca. 60 % der Treibhausgasemissionen im Quartier eingespart werden
- Weitere Einsparungen konnten im Rahmen des Konzeptes nicht ermittelt werden oder sind auf anderen Ebenen zu realisieren
- Regulatorische Rahmenbedingungen von Bund und Ländern und weitere Maßnahmen nötig (siehe Kapitel 5.6)

1. Einleitung

1.1 Anlass und Zielstellung

Der Klimawandel macht in den Industriegesellschaften eine tiefgreifende Transformation in allen Lebensbereichen notwendig. Ganz besonders betrifft das den Sektor Energie, auf den in Deutschland etwa 80 % der verursachten Treibhausgasemissionen entfallen (Umweltbundesamt, 2021). Aus diesem Grund steht der Sektor im Zentrum der Bemühungen im Kampf gegen die Klimaerwärmung.

Die Stadt Konstanz hat die Handlungsnotwendigkeit im Bereich Klimaschutz bereits früh erkannt. Schon seit den 1990er Jahren ist die Stadtverwaltung in mehreren Klimaschutzinitiativen aktiv (siehe Kapitel 1.3) und eine Reihe von Klimaschutzmaßnahmen wurden umgesetzt. Im Mai 2019 rief die Stadt Konstanz als erste deutsche Stadt den Klimanotstand aus (Stadt Konstanz, 2021) und entschied damit, die Anstrengungen im Klimaschutz mit Blick auf die Pariser Klimaziele deutlich zu intensivieren. Mit der Resolution der Ausrufung des Klimanotstands beschloss der Gemeinderat, dass jede seiner Entscheidungen in Zukunft auf Klimarelevanz geprüft wird. Weiterhin legte der Gemeinderat im Juni 2020 fest, dass das Ziel der Klimaneutralität bis spätestens zum Jahr 2035 realisiert werden soll (Stadt Konstanz, 2020). Damit liegt die Stadt Konstanz mit ihrem Ziel zur Erreichung der Klimaneutralität 10 Jahre vor der Bundesrepublik Deutschland (Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, 2021) und 15 Jahre vor dem Ziel der Europäischen Union (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2021). Um eine Strategie zur Realisierung der Klimaneutralität zu erarbeiten, wurde die Stadtverwaltung Konstanz beauftragt, mit Unterstützung des Heidelberger Instituts für Energie- und Umweltforschung (ifeu) eine Klimaschutzstrategie zu erarbeiten, die den Weg und die notwendigen Maßnahmen in Richtung einer weitestgehenden Klimaneutralität darlegt. In der Klimaschutzstrategie wurde für die Stadt das „Klima-Plus-Szenario“ entworfen, das eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 91 % gegenüber 2018 bis 2035 (ifeu, 2021) und damit die Erreichung einer „weitreichenden Klimaneutralität“ bis 2035 vorsieht¹. Im März 2021 beschloss der Gemeinderat, dass das „Klima-Plus-Szenario“ umgesetzt werden soll (Stadt Konstanz, 2021).

Angesichts der Tatsache, dass das Ziel der weitgehenden Klimaneutralität in der Stadt Konstanz bereits in 14 Jahren erreicht werden soll und die meisten Energieerzeugungsanlagen eine Lebensdauer von etwa 20 Jahren haben (Bundesministerium der Finanzen, 2021), ist es zur Erreichung der weitgehenden Klimaneutralität notwendig, zukünftig im Energiebereich ausschließlich in Technologien zu investieren, die keine Treibhausgasemissionen verursachen. Dies gilt für die Strom- und Wärmeerzeugung ebenso wie für

¹ Weitgehende Klimaneutralität bedeutet in diesem Falle, dass nahezu alle Treibhausgasemissionen im Stadtgebiet Konstanz vermieden werden. In dem genannten „Klima-Plus-Szenario“ verbleibt eine geringe Menge an Treibhausgasemissionen von ca. 0,5 t CO₂Äq pro Einwohner (ifeu, 2021), weshalb in der Klimaschutzstrategie Konstanz und in diesem Bericht von einer „weitgehenden Klimaneutralität“ gesprochen wird.

den Bereich Verkehr. Für diese tiefgreifende Umstellung des Energiebereichs ist eine umfassende Strategie notwendig.

Das integrierte energetische Quartierskonzept Industriegebiet Konstanz ist ein Baustein in der Konstanzer Klimaschutzstrategie. In dem Projekt wurden Maßnahmen identifiziert, mit denen durch die Senkung von Energieverbräuchen und den Ausbau von erneuerbaren Energien die Treibhausgasemissionen im energieintensiven Stadtteil Industriegebiet reduziert werden können. Außerdem wurden Maßnahmen entwickelt, die durch das Realisieren von Potenzialen in der Stadtentwicklung die Attraktivität des Quartiers steigern können.

Hierfür wird im vorliegenden Bericht zunächst die Ausgangssituation im Stadtteil Industriegebiet vorgestellt. Darauf aufbauend werden die Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien und zur Energieeinsparung analysiert. Für die Stadtviertel „Grubwiesen“ und „Unterlohn“, den sogenannten Schwerpunktgebieten, werden die Ergebnisse aus den Detailuntersuchungen des Qualitäts- und Entwicklungskonzepts sowie des Energiekonzepts (für das Stadtviertel Grubwiesen) aufgezeigt. Schließlich werden die erarbeiteten Maßnahmen aufgelistet und ein Ausblick auf die bevorstehende Umsetzung der Maßnahmen gegeben. Abbildung 1 zeigt die Bestandteile des Quartierskonzeptes, deren Dokumentation im vorliegenden Bericht sowie den zeitlichen Verlauf des Projektes.

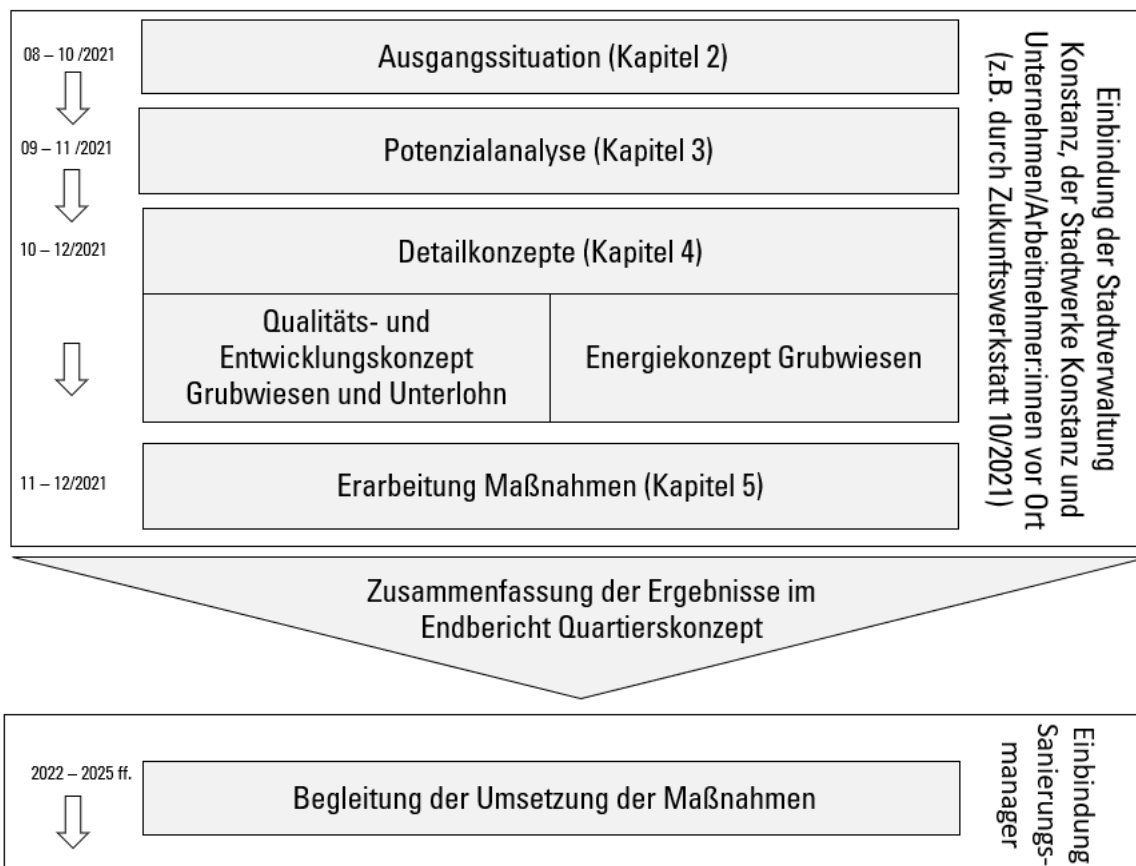


Abbildung 1: Bestandteile des Quartierskonzeptes

1.2 Allgemeine Beschreibung des Quartiers

Kurzinformation Stadt Konstanz, Einordnung ins Stadtgebiet

Die Stadt Konstanz befindet sich im Süden des Bundeslandes Baden-Württemberg, unmittelbar an der Mündung des Seerheins, dem Ufer des Bodensees und der Schweizer Grenze. Die Stadt hat ca. 85.800 Einwohner:innen und ist mit etwa 16.000 Studierenden und über 4.600 Unternehmen ein wichtiger Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort (Stadt Konstanz, 2021).

Der Bedarf an Gewerbeflächen für die ansässigen Unternehmen in Konstanz übersteigt das verfügbare Angebot (Stadt Konstanz, 2018). Damit dieser Fehlbedarf nicht zu einem Risiko für die wirtschaftliche Entwicklung wird, kommt dem Stadtteil Industriegebiet mit einem hohen Anteil von Industrie- und Gewerbeflächen eine zentrale Rolle bei der wirtschaftlichen Entwicklung der Stadt Konstanz zu. Weiterhin fällt dem Stadtteil Industriegebiet durch einen hohen Anteil an energieintensiven Unternehmen eine Schlüsselrolle bei der Transformation zu einer emissionsarmen Energieversorgung zu.

Portrait des Quartiers

Das im vorliegenden Bericht betrachtete Quartier umfasst nahezu den gesamten Konstanzer Stadtteil „Industriegebiet“. Lediglich die Fläche des Naturschutzgebietes „Wollmatinger Ried“, das ebenfalls in Teilen zum Stadtteil Industriegebiet gehört, ist nicht Teil des betrachteten Quartiers. Der Stadtteil Industriegebiet und damit auch das Quartier besteht aus den Stadtvierteln Grubwiesen, Unterlohn, Oberlohn und Stromeyersdorf. Zusätzlich beinhaltet das Quartier die Fläche der Businesspark Konstanz GmbH, die Teil des Stadtteils Petershausen-West ist (siehe Abbildung 2).

Das Quartiersgebiet ist angesiedelt auf der nördlichen Seite des Seerheins und liegt damit zentral am gegenüberliegenden Flussufer zur Innenstadt. Verkehrstechnisch ist das Quartier eng angebunden an die umliegenden Stadtteile. Die Bundesstraße B33 führt in Richtung Osten nach Petershausen und über eine Brücke zur Konstanzer Innenstadt und in die Schweiz. Die Riedstraße und die Oberlohnstraße schaffen eine Anbindung in Richtung Norden. Die Bahnstationen Wollmatingen und Fürstenberg verbinden das Quartier mit regionalen und überregionalen Zielen.

Wie bereits der Name des Quartiers („Industriegebiet Konstanz“) vermuten lässt, ist das Quartier durch Industrie- und Gewerbebauten geprägt. Prägend für das Quartier ist ebenfalls der Stadteingangs- und -ausgangsverkehr der B33, die Bahnlinie der Regionalbahn mit den Stationen Wollmatingen und Fürstenberg im Norden sowie der Verkehrslandeplatz und die Kläranlage Konstanz, die große Flächen im Quartier einnehmen.

Die einzelnen Stadtviertel im Quartier weisen unterschiedliche Charakteristika und Schwerpunkte auf. In der folgenden Tabelle 1 ist eine Übersicht der Charakteristika der Stadtviertel, sowie der dort angesiedelten Unternehmen mit großen Flächenanteil und der öffentlichen Gebäude dargestellt.

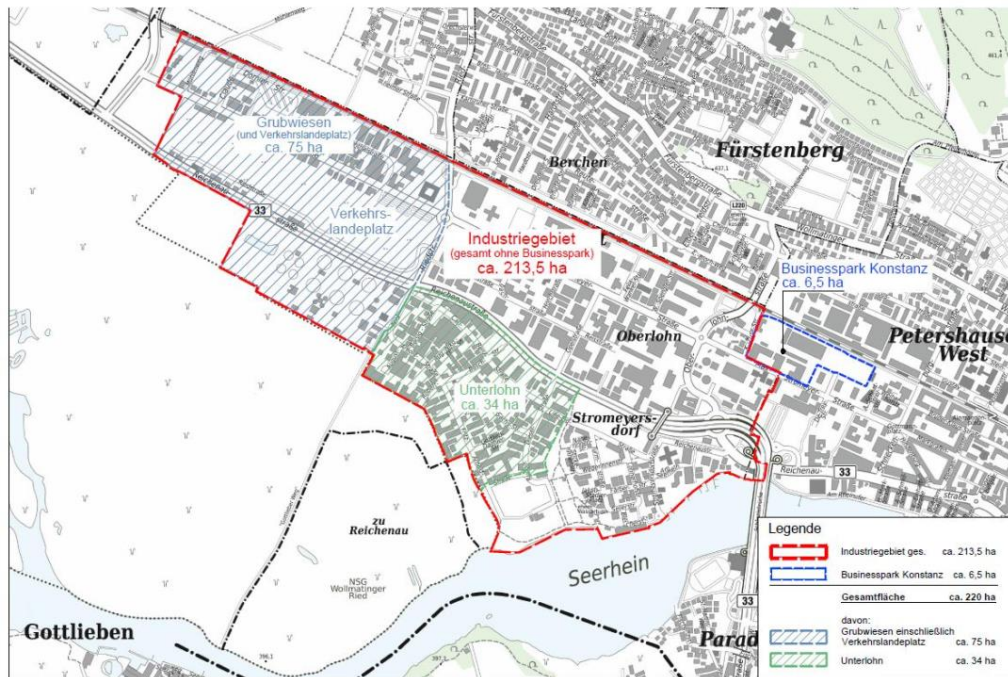


Abbildung 2: Quartiersabgrenzung mit Schwerpunktgebieten und Businesspark Konstanz

Tabelle 1: Übersicht Stadtviertel im Quartier

Stadtviertel	Charakteristika	Unternehmen mit großem Flächenanteil	Öffentliche Gebäude
Grubwiesen	Ansiedlung von größeren Firmengeländen und Handwerksbetrieben, Verkehrslandeplatz nimmt große Fläche des Stadtviertels ein	AGRANA, THE PLANT, Siemens	Finanzamt
Unterlohn	Kleinteilige Struktur mit Handwerk, produzierendem Gewerbe, Dienstleistungen, Einzelhandel und Wohnnutzungen	Kaufland, OBI Markt, Betonwerk	Technische und Entsorgungsbetriebe Konstanz mit Kläranlage
Oberlohn	Hauptsächlich von kleinen und mittleren Unternehmen geprägt (Handwerk, Produktion, Dienstleistung, Freizeit und Einzelhandel)	Südkurier, Druckerei Konstanz, Stadtwerke Konstanz, INGUN, Toom	
Stromeyersdorf	Kleine und mittelständische Betriebe, Schwerpunkt auf Dienstleistungen/IT/Agenturen, neue Hotelentwicklungen im Norden		Agentur für Arbeit, Kita Stromeyersdorf
Businesspark Konstanz	Büro und Gewerbeflächen im Businesspark Konstanz GmbH, angrenzend Autohändler und Autowerkstätten	Businesspark Konstanz GmbH	

Nutzungen im Quartier

Die beschriebene Prägung des Quartiers durch Gewerbe ist auch in der Flächennutzung erkennbar. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, entfallen 114 Hektar und damit 62 % der Fläche des Quartiers auf Flächen zur Industrie- und Gewerbenutzung. Auf die Wohnnutzung entfallen mit 5 Hektar Fläche nur 3 % der Quartiersfläche (Stadt Konstanz, 2021).

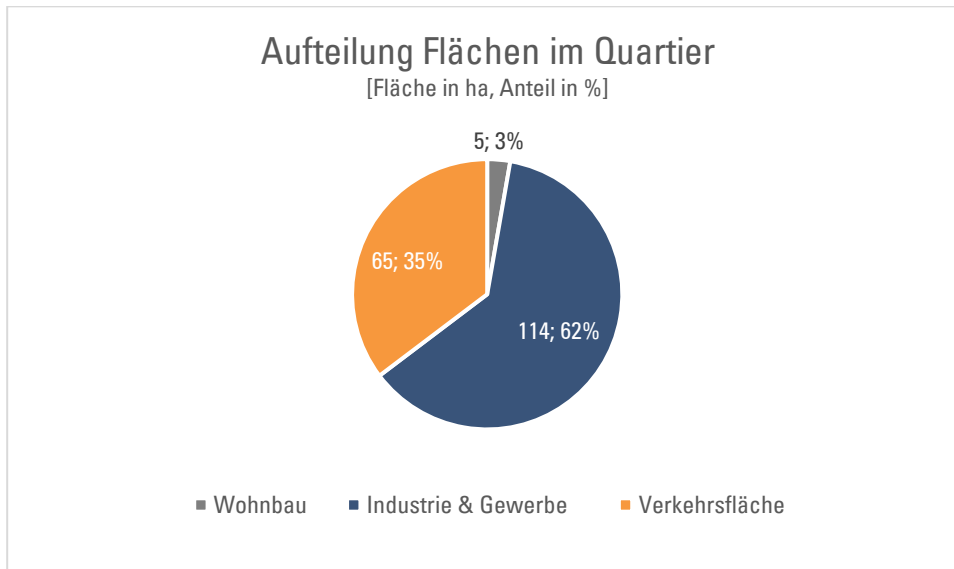


Abbildung 3: Aufteilung Flächen im Quartier

Der Schwerpunkt auf Industrie und Gewerbe im Quartier spiegelt sich auch in der Gebäudenutzung wider (siehe Abbildung 4). 64 % der Gebäude im Quartier werden von den Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie genutzt, 30 % entfallen auf Gebäude mit Wohn- oder Wohnmischnutzung (Wohnen in Kombination mit Gewerbe oder Handel).

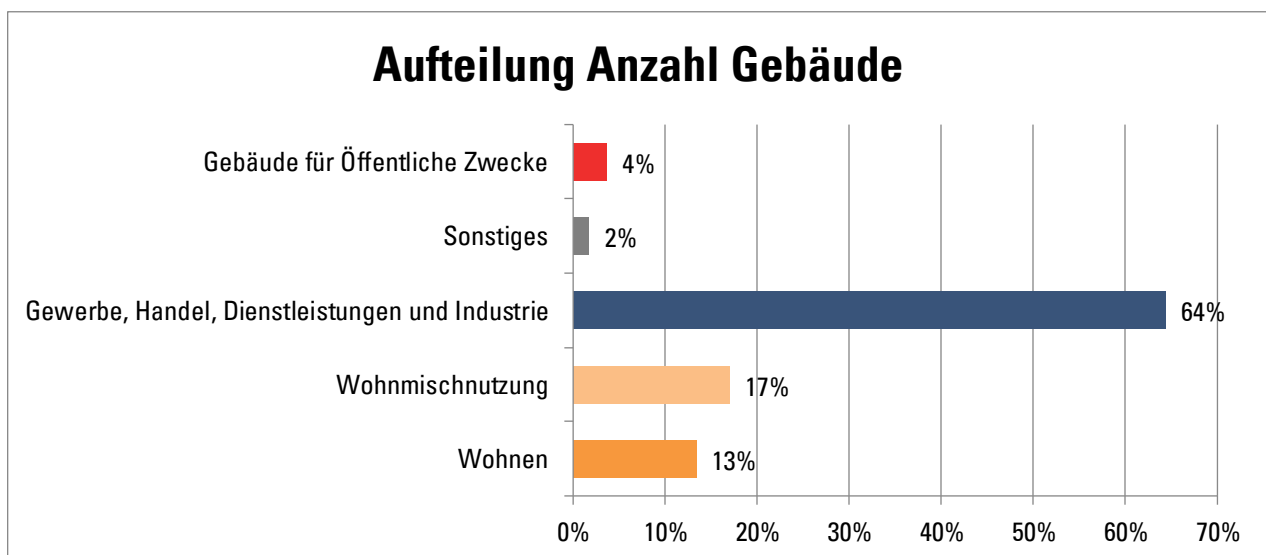


Abbildung 4: Aufteilung Anzahl Gebäude im Quartier

Einwohner:innen und demografische Rahmenbedingungen

Im Quartier lebten 2019 1.048 Einwohner:innen (Stadt Konstanz, 2021). Diese sind größtenteils im Stadtviertel Unterlohn verortet und wohnen zum einen Teil in Betriebswohnungen der im Stadtteil Industriegebiet ansässigen Betriebe, zum anderen Teil in Mehrfamilienfamilienhäusern.

In den letzten Jahren sind die Einwohnerzahlen im Stadtteil Industriegebiet angestiegen, von 2009 bis 2019 gab es einen Anstieg von 16 % (Stadt Konstanz, 2021). Hauptgrund dafür ist der zunehmend angespannte Wohnungsmarkt in der Stadt Konstanz.

Das Stadtviertel Unterlohn wurde durch ein Gerichtsurteil zur Funktionslosigkeit des Gewerbegebietes aufgrund der dort vorhandenen Wohnnutzungen bebauungsrechtlich überplant. Hier ist zukünftig neben der betrieblichen und bereits vorhandenen Wohnnutzung in Teilgebieten ein ergänzender Wohnanteil von 30% bis 40% zulässig (Stadt Konstanz, 2020).

Die Einwohner:innen im Industriegebiet sind zu 75 % im erwerbsfähigen Alter zwischen 15 und 65 Jahren und sind damit durchschnittlich jünger als die Bevölkerung in der Gesamtstadt Konstanz und in Baden-Württemberg (siehe Abbildung 5).

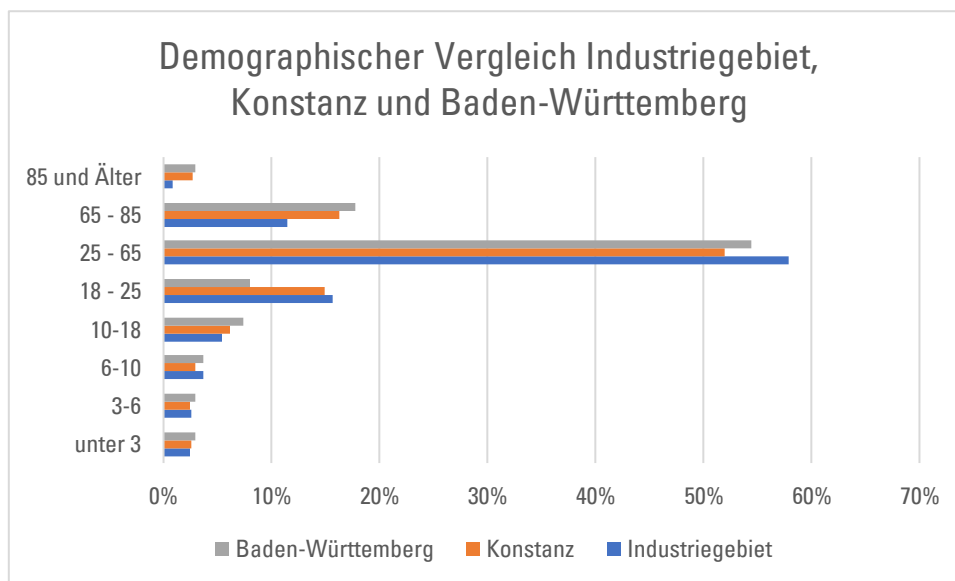


Abbildung 5: Demographischer Vergleich Industriegebiet, Stadt Konstanz und Baden-Württemberg (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2020), (Stadt Konstanz, 2021)

Insgesamt existiert im Industriegebiet eine hohe Fluktuation an Einwohner:innen. Im Jahr 2019 sind 53 % der Bevölkerung entweder zu- oder fortgezogen.

Zu der zukünftigen Entwicklung der Einwohnerzahl im Quartier gibt es keine offiziellen Prognosen. Bei den im Rahmen des Quartierskonzeptes geführten Akteursgesprächen hat ein Unternehmer mitgeteilt, dass mehrere Unternehmen gerne zukünftig weitere Betriebswohnungen erstellen würden. Dies ist aus genehmigungsrechtlichen Gründen in weiten Teilen des Quartiers nicht möglich (siehe „Baukulturelle Zielstellungen und Rahmenbedingungen“). Grund dafür ist, dass das Industriegebiet auch zukünftig als Gewerbestandort gesichert und weiterentwickelt werden soll (Der Wohnraumbedarf wird gemäß Handlungsprogramm Wohnen (Stadt Konstanz, 2018) in anderen Stadtgebieten gedeckt). Auf Grund dessen

wird davon ausgegangen, dass die Einwohnerzahl im Quartier mittelfristig etwa auf dem aktuellen Niveau verbleibt. Eine Ausnahme bildet hier das Stadtviertel Unterlohn, wo aufgrund der vorhandenen Wohnnutzungen ergänzendes Wohnen in Teilbereichen ermöglicht wird.

Arbeitsmarkt und Beschäftigung

Im Quartier wohnen 794 Personen im erwerbsfähigen Alter. Davon waren 2019 55 % (440 Personen) sozialversicherungspflichtig beschäftigt und 5 % (38 Personen) als arbeitssuchend gemeldet.

Die Kaufkraft der Einwohner:innen im Industriegebiet liegt bei 19.753 € im Jahr (Stadt Konstanz, 2021). Das liegt 19 % unter dem Durchschnitt der Stadt Konstanz und 22 % unter der durchschnittlichen Kaufkraft der Einwohner:innen im Land Baden-Württemberg (Statista, 2021). Die höhere Kaufkraft in anderen Stadtteilen von Konstanz deutet darauf hin, dass Geringverdiener:innen eher im Industriegebiet wohnen, während Personen mit hohem Einkommen häufiger außerhalb des Quartiers wohnen und zur Arbeit pendeln.

Die Gespräche im Rahmen des Quartierskonzeptes haben gezeigt, dass nur ein geringer Anteil der im Quartier arbeitenden Personen auch im Industriegebiet wohnt. Damit wird das Quartier nicht nur von seinen Einwohner:innen, sondern zu einem großen Teil auch von den einpendelnden Arbeitnehmer:innen geprägt. Da auch die Einwohner:innen des Quartiers zu einem großen Teil im Industriegebiet arbeiten, sind im Folgenden mit dem Begriff „im Quartier arbeitende Personen“ sowohl die Einwohner:innen des Quartiers gemeint als auch Personen, die zu ihrer Arbeitsstelle im Industriegebiet pendeln.

Rahmenbedingungen der Gebäude- und Siedlungsstruktur

Historische Siedlungsstruktur

Die Stadt Konstanz entstand zuerst auf dem linksrheinischen Teil, auf dem sich heute die Stadtteile Innenstadt und Paradies befinden. Der rechtsrheinische Teil der Stadt, auf dem sich heute auch das Quartier befindet, bestand lange aus eigenständigen Dörfern.

Mit Beginn der Industrialisierung wuchs die Einwohnerzahl in Konstanz exponentiell an. In diesem Zuge wurde auch der Stadtteile Industriegebiet dicht bebaut und im Jahr 1934 zu der Stadt Konstanz eingemeindet. Seitdem dient es als Standort für Industrie- und Gewerbeflächen in Konstanz.

Baukulturelle Zielstellungen und Rahmenbedingungen

Das Quartier ist heute nach wie vor gewerblich-industriell geprägt. Auf Grund der Tatsache, dass voraussichtlich bis 2030 von einem Bedarf von 31 ha Nettobauflächen für Gewerbe ausgegangen wird (Stadt Konstanz, 2018), sieht die Stadtentwicklungsplanung der Stadt Konstanz auch perspektivisch vor, die Quartiersfläche für Industrie- und Gewerbebereiche zu sichern und weiterzuentwickeln (Stadt Konstanz, 2020).

Dementsprechend sind die Flächen im Quartier in den entsprechenden Bebauungsplänen fast ausschließlich als Gewerbeflächen oder Sondernutzungsflächen für spezifische Zwecke ausgewiesen. Ausnahme bildet das Stadtviertel Unterlohn im südlichen Teil des Quartiers. Hier wurden nach einer Bebauungsplanänderung im Mai 2021 „Urbane Gebiete“ ausgewiesen, was heißt, dass neben gewerblicher Nutzung ergänzendes Wohnen zulässig ist (siehe Abbildung 6).



Abbildung 6: Bebauungsplan Industriegebiet

Städtebaulicher Gesamteindruck

Das Quartier besteht hauptsächlich aus Gebäuden mit Industrie- und Büroarchitektur der 1990er und 2000er Jahre. Teilweise sind auch Gebäude mit einem deutlich höheren Baualter zu finden. Durch die vorwiegend gewerblich-industrielle Nutzung ist die Architektur und Gestaltung des Quartiers eher funktional geprägt.

Die Verkehrsflächen des Quartiers bestehen hauptsächlich aus Straßen für motorisierten Verkehr, Grünflächen gibt es innerhalb des Quartiers nur wenige. Ausnahmen bilden hier der Verkehrslandeplatz und der Bereich der Kläranlage im Westen des Quartiers sowie die Kleingärten im Süden des Quartiers (siehe Abbildung 7).

Die Herausforderung in dem Quartier besteht somit darin, dass es perspektivisch gewünscht ist, die hohe Funktionalität des Quartiers (z. B. gute Anbindung, schlichte Architektur) auf Grund des hohen Bedarfs an Gewerbeflächen beizubehalten und trotzdem das Quartier für seine Nutzer:innen attraktiv zu gestalten sowie die Energie- und Verkehrsinfrastruktur so umzubauen, dass sie mit den Zielen der Treibhausgasreduzierung kompatibel ist. Hier entstehen insbesondere bei der Aufteilung der Flächennutzung und der Verkehrsplanung Zielkonflikte.

Stadtklimatische Aspekte

Stadtklima der Stadt Konstanz

Die Stadt Konstanz profitiert durch die Lage am Bodensee von dem Land-See-Windeffekt, welcher für einen Luftwechsel innerhalb der dicht bebauten Stadt sorgt. Auch das erhöhte Relief im Norden sorgt für eine Kaltluftschneise, welche das Stadtklima positiv beeinflusst. Das Industriegebiet ist von den Effekten marginal betroffen und wird vom Institut für Klima- und Energiekonzepte (INKEK) in die höchste Kategorie als „Starke Überwärmung“ eingeordnet. Trotz des nicht bebauten Verkehrslandeplatzes ist das Mikroklima durch die erhöhte Bebauung und der Abwärme von Industrie und Gewerbe bereits als Hot Spot identifiziert. Dies hat zur Folge, dass sich das Mikroklima vor Ort bei einer Bebauung des Verkehrslandeplatzes weiter verschlechtert und Kompensationen notwendig sind, um das Stadtklima zu verbessern. Hierbei wachsen die Einflüsse mit der Fläche der Bebauung, sodass die Bebauung des gesamten Verkehrslandeplatzes einen deutlich höheren Einfluss hat, als wenn wie nach aktueller Planung nur der nördliche Streifen bebaut wird. Zur Vermeidung von Hot Spots bzw. weiterer Verschlechterung des Stadtklimas muss der Luftaustausch aufrechterhalten und eine Vegetationsvernetzung geschaffen werden, die Verschattungen erzeugt. Weiterhin müssen Fassaden- und Dachbegrünungen gefördert werden, um mikroklimatische Stadtoasen zu erzeugen, welche der Erholung dienlich sind.

Grün- und Freiflächen

Innerhalb des Quartiers gibt es mehrere räumlich zusammenhängende Grün- und Freiflächen. Dabei ist auch die Straßenbegrünung zur erwähnen, welche vor allem bei den Verkehrskreiseln zu finden sind. Neben dem Verkehrslandeplatz in den Grubwiesen sind der Sportplatz des Türkischen Sportvereins Konstanz 1980 e.V. sowie das Klärwerk mit ihren anliegenden Bäumen und Gebüsch weitere große zusammenhängende Grün- und Freiflächen im Quartier (veranschaulicht in Abbildung 7). Nach der Fläche des Verkehrslandeplatzes ist der Kleingartenverein Stromeyersdorf die zweitgrößte Grünfläche im Quartier. Die Gartenkultur trägt durch Artenvielfalt zusätzlich zur Biodiversität des Quartiers bei.

Neben den bereits benannten Flächen gibt es noch weitere Grünflächen im Quartier, welche jedoch zu großen Teilen im Privatbesitz sind. Somit beträgt der Anteil der Grün- und Freiflächen im Quartier ca. 25 %. Sollte die gesamte Fläche des Verkehrslandeplatzes bebaut werden, sinkt der Anteil der Grün- und Freiflächen auf ca. 15 %. Die konkreten Effekte lassen sich im Rahmen des vorliegenden Konzepts nicht quantifizieren. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich dies nachteilig auf das Stadtklima zumindest der näheren Umgebung auswirkt, da die positiven Effekte der Freifläche wie Durchlüftung und Versickerungspotenzial entfallen bzw. reduziert werden. Nach derzeitigem Stand der Beschlussvorlage des Kompromissvorschlags werden 6,4 ha des nördlichen Verkehrsflughafens bebaut, wodurch der Anteil auf ca. 22 % sinkt.

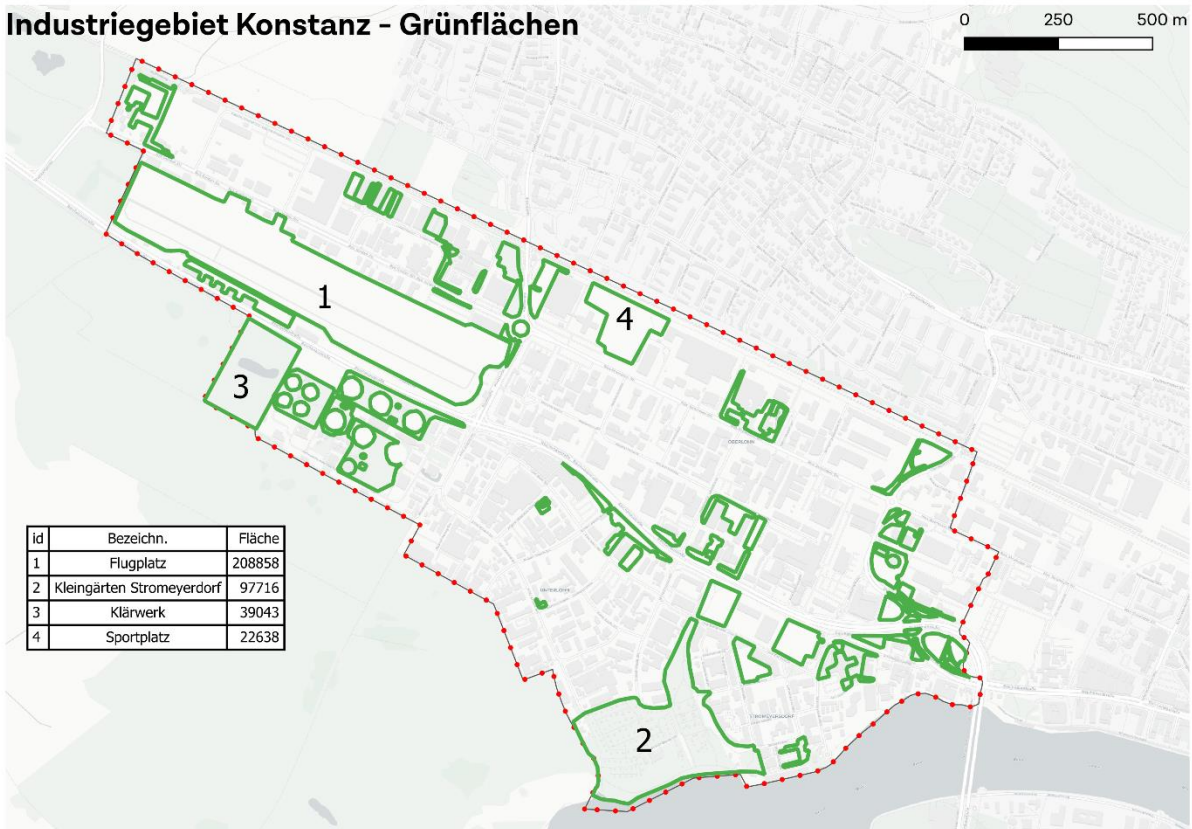


Abbildung 7: Frei- und Grünflächen im Quartier
(Flächen in m²)

Städtische Wärmeinsel und Kaltluftströme

In Abbildung 8 ist zu sehen, dass das gesamte Stadtgebiet von Konstanz, einschließlich des Industriegebiets, eine Wärmeinsel bildet. Ausschlaggebend dafür ist die dichte Bebauung und die Lage am Bodensee. An windstillen Sommertagen entsteh eine Schwüle, hervorgerufen durch die vermehrte Verdunstung des Bodensees bei hohen Temperaturen.

Mittels Satellitenbildern ist zu erkennen, dass nur vereinzelt Dachbegrünungen im Quartier vorhanden sind. Da im Quartier aufgrund der Gewerbestruktur ein großer Anteil an Flachdächern vorhanden ist, besteht ein großes Potential, die Vorteile der Dachbegrünung zu nutzen. Neben den positiven Aspekten für die Umgebung, wie zum Beispiel das Steigern der Luftqualität, ist die Dachbegrünung auch dem Gebäude nützlich. Im Sommer bewirkt sie einen kühlenden Effekt und im Winter dient sie als Wärmedämmung, wodurch hohe Spitzenlasten im Raumwärme- und Kühlbedarf der Gebäude vermieden werden.

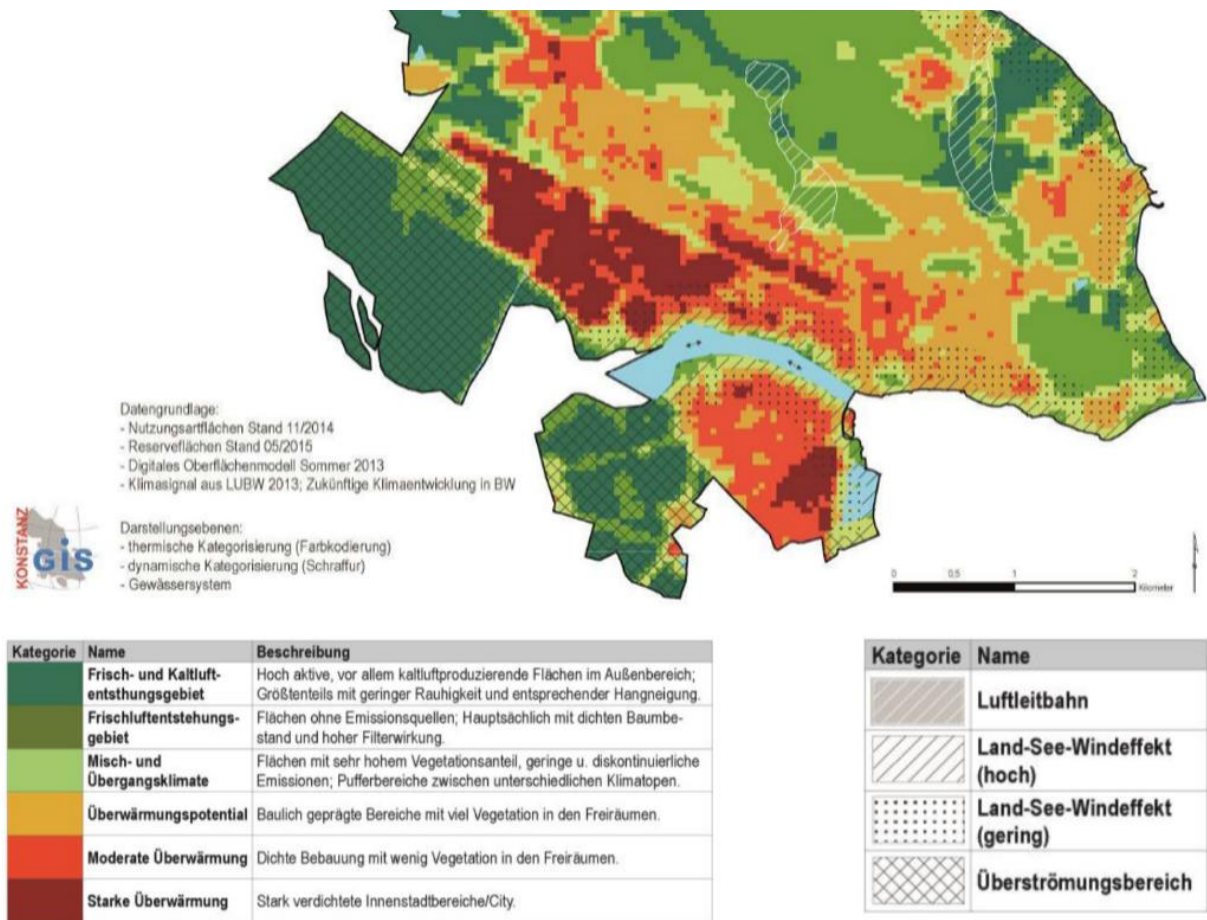


Abbildung 8: Klimafunktionskarte der Stadt Konstanz

(Katzschner & Kupski, 2015)

Niederschläge und Windfelder

Hochwasser entsteht in Folge von Dauerregen und Starkregen, wenn das Gewässer keinen Raum zur Ausuferung hat und keine natürlichen Rückhaltungsmöglichkeiten vorhanden sind. Städte in der Nähe von Gewässern, wie Konstanz weisen ein erhöhtes Risiko von Hochwasser auf, welches von den zuständigen Behörden analysiert wird. In Konstanz sind vor allem der Verkehrslandeplatz sowie Teile des Industriegebiets im Überschwemmungsgebiet. Es ist davon auszugehen, dass der Wasserstand bei Überschwemmung am Verkehrslandeplatz bis zu einem Meter erreichen kann.

In Konstanz ist keine dichte Bebauung von Hochhäusern vorhanden, welche Wind in höheren Luftschichten beeinflussen.

1.3 Übergeordnete politische Zielstellungen, Konzepte und Planungen

Politische Zielstellungen

Um den voranschreitenden Klimawandel aufzuhalten, wurde 2015 im internationalen Klimaabkommen von Paris festgelegt, dass die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf deutlich unter 2 °C beschränkt werden soll. Das Abkommen wurde mittlerweile von 180 Staaten ratifiziert, unter anderem von Deutschland und der Europäischen Union (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2021). Unter anderem als Folge dessen existieren Zielstellungen zum Klimaschutz auf allen für das Quartier relevanten politischen Ebenen. Die Europäische Union strebt eine Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 an (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2021), bei der deutschen Bundesregierung liegt das Zieljahr zur Erreichung der Klimaneutralität bei 2045 (Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, 2021). Das Bundesland Baden-Württemberg hat in seiner Novelle des Klimaschutzgesetzes beschlossen, dass eine Klimaneutralität bis 2040 erreicht werden soll (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021).

Diese auch im internationalen Vergleich sehr ambitionierten Klimaschutzziele (Climate Analytics and New Climate Institute, 2021) werden von der Stadt Konstanz noch übertroffen. Mit Beschluss des Gemeinderats vom 23.07.2020 (Vorlage 2002-0585/1) wurde die Verwaltung beauftragt, mit Unterstützung durch das Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) eine Klimaschutzstrategie auszuarbeiten, die den Weg und die notwendigen Maßnahmen in Richtung einer weitgehenden Reduzierung der Treibhausgasemissionen darlegt (Stadt Konstanz, 2020). Mit Beschluss des Gemeinderats vom 11.03.2021 (Vorlage 2021-1253) erfolgte eine Festlegung auf das „Klima-Plus-Zielszenario“, welches das Erreichen einer weitgehenden Klimaneutralität und eine Reduzierung von 91 % der Treibhausgasemissionen bis spätestens 2035 vorsieht (ifeu, 2021). Am 25. November 2021 wurde die Klimaschutzstrategie mit insgesamt 61 Maßnahmen in fünf Handlungsfeldern vom Gemeinderat beschlossen.

Vorangegangene Konzepte und Planungen

Für die Stadt Konstanz existieren eine Vielzahl von Konzepten, Strategien und Planungen zum Klimaschutz. Auf gesamtstädtischer Ebene existiert beispielsweise aus den vergangenen Jahren das Integrierte Klimaschutzkonzept Konstanz (2016), der Energienutzungsplan Konstanz (2018) und die im vorherigen Abschnitt erwähnte Klimaschutzstrategie Konstanz (2021). Für einzelne Themenbereiche und Akteure existieren dann wieder Konzepte und Planungen, welche die jeweiligen Strategien untermauern. Auf Grund der Vielzahl der bestehenden Konzepte und Planungen zum Klimaschutz sollen an der Stelle nicht alle existierenden Dokumente aufgezählt, sondern nur die Konzepte und Planungen hervorgehoben werden, die das Quartierskonzept maßgeblich beeinflusst haben.

Aktivitäten im Klimaschutz

Das Klimaschutzkonzept der Stadt Konstanz wurde im Jahr 1995 erstellt und 2016 fortgeschrieben, aktualisiert und erweitert (Stadt Konstanz, 2016). Hier wurde auch ein Absenkpfad zur Erreichung der Klimaschutzziele formuliert. Darauf aufbauend wurde 2017/2018 der Energienutzungsplan Konstanz erstellt, bei dem in verschiedenen Szenarien die Entwicklung der Energieversorgung und der daraus resultierenden

Treibhausgasemissionen prognostiziert wurden (Stadt Konstanz, 2018). Die Betrachtungen des Energienutzungsplans zur Ausgangssituation und zu den Potenzialen von erneuerbaren Energien flossen auch in das vorliegende Quartierskonzept mit ein.

2019 rief Konstanz als erste deutsche Stadt den Klimanotstand aus. Damit wurde beschlossen, dass alle städtischen Entscheidungen auf Klimarelevanz geprüft werden müssen. Zur schnellen Intensivierung von Klimaschutzaktivitäten wurden u. a. folgende Maßnahmen beschlossen:

- Klimaneutrale Energieversorgung von Neubauten
- Mobilitätsmanagement für die Gesamtstadt
- Energiemanagement für städtische Gebäude
- Maßnahmen zur Erhöhung der Sanierungsrate im Stadtgebiet
- Zielkatalog Stadtwerke Konstanz

In den vergangenen zwei Jahren folgte dem Klimanotstand dann der Gemeinderatsbeschluss zur Verfolgung des „Klima-Plus-Szenarios“ aus der Klimaschutzstrategie des ifeu, welches eine Reduzierung von 91 % der Treibhausgasemissionen gegenüber 2018 und eine weitgehende Klimaneutralität bis 2035 vorsieht (siehe Abschnitt Politische Zielstellungen).

Weitere Leitlinien für das Quartierskonzept

Neben den bereits genannten Vorgaben zum Klimaschutz bildeten die aktuellen Bebauungs- und Flächennutzungspläne sowie die Pläne für zukünftige Bebauungen die Rahmenbedingungen für das vorliegende Quartierskonzept.

Inhaltlich baut das Quartierskonzept auf dem Handlungsprogramm Wirtschaft (Stadt Konstanz, 2019) und dem Handlungsprogramm Freiraum (Stadt Konstanz, 2019) auf, in dem in einem Bürgerbeteiligungsprozess Leitbilder und Maßnahmenvorschläge für die entsprechenden Bereiche erarbeitet wurden. Eine weitere Grundlage, insbesondere für das Qualitäts- und Entwicklungskonzept des Schwerpunktgebiets Unterlohn, bildete das Strukturkonzept Unterlohn (Stadt Konstanz, 2019). Hier sind konkrete Entwicklungsziele für das Stadtviertel Unterlohn erarbeitet worden, an deren Erreichung sich die Maßnahmen im Quartierskonzept ebenfalls orientieren.

Für die Maßnahmen im Bereich Verkehr bildeten die Planungen der Stadt Konstanz im Masterplan Mobilität, im Handlungsprogramm Radverkehr, im Handlungsprogramm Fußverkehr (befindet sich momentan in Arbeit) und die Planungen zum ÖPNV die Leitlinien zur Erarbeitung (Stadt Konstanz, 2021).

2. Ausgangssituation

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die energetische Ausgangssituation im Quartier. Dazu gehören der Energieverbrauch im Quartier in den Bereichen Wärme, Strom und Verkehr sowie die Energieerzeugung und die Energieinfrastruktur (Stromnetze, Wärmenetze, etc.).

2.1 Energetische Ausgangssituation

Wärmebedarf und -erzeugung

Wärmeverbrauch

Um den Wärmeverbrauch zu ermitteln, wurde von den Stadtwerken Konstanz anonymisiert auf Straßenebene der Gasverbrauch der Jahre 2018 – 2020 bereitgestellt. Diese Verbrauchsdaten wurden mit Daten des Energienutzungsplans Konstanz (Verbrauchsdaten 2015 – 2017, anonymisiert auf Baublockebene) ergänzt und plausibilisiert.

Auf der Grundlage dieser Daten konnte ein durchschnittlicher Wärmebedarf der Gebäude im Quartier von 87 GWh im Jahr ermittelt werden. Hinzu kommt der Wärmebedarf für den Betrieb der Kläranlage der Entsorgungsbetriebe Konstanz, sodass der Gesamtwärmebedarf des Quartiers bei ca. 90 GWh im Jahr liegt.

Perspektivisch ist zu erwarten, dass dieser Wärmeverbrauch durch energetische Sanierungen und Effizienzsteigerungen bei industriellen Produktionsprozessen sinkt. Mittelfristig kann aber von einer Steigerung des Wärmebedarfs im Quartier ausgegangen werden, da das Neubaugebiet auf dem Verkehrslandeplatz zukünftig als zusätzlicher Verbraucher hinzukommt. Hier ist ein zusätzlicher Wärmebedarf zwischen 12 GWh und 25 GWh pro Jahr zu erwarten. Details zu dem Neubauvorhaben und der Höhe des zusätzlichen Wärmebedarfs sind in Kapitel 4.2 zu finden.

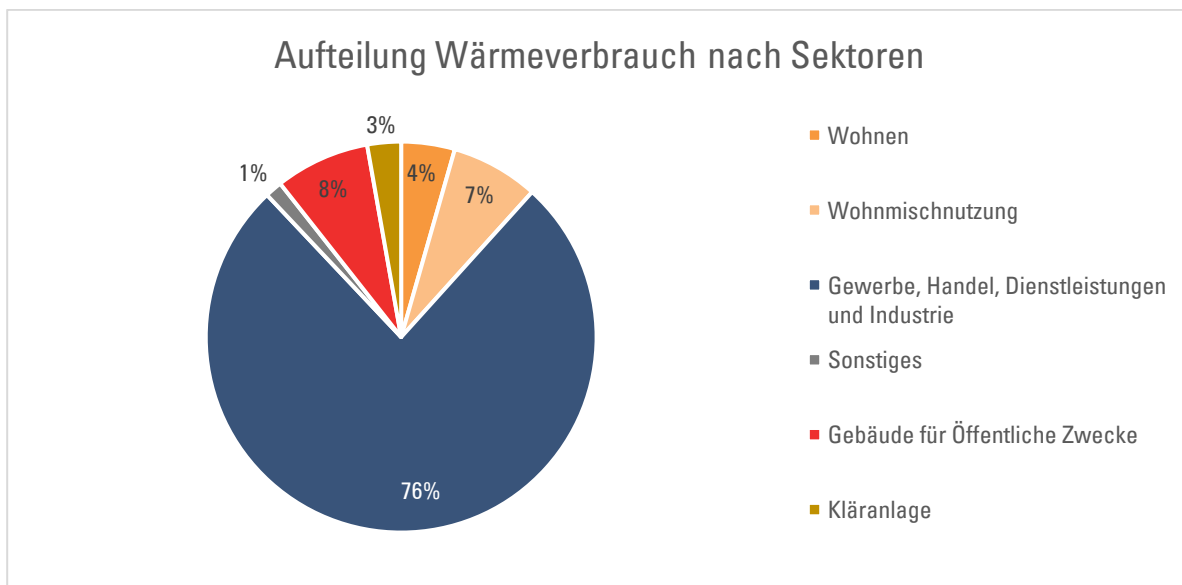


Abbildung 9: Aufteilung Wärmeverbrauch nach Sektoren

In Abbildung 9 ist die Aufteilung des Wärmeverbrauchs nach Sektoren dargestellt. Erwartungsgemäß fällt der höchste Wärmeverbrauch mit ca. 68 GWh pro Jahr (76 % des Verbrauchs im Quartier) im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie an. Die verbleibenden 24 % verteilen sich auf die weiteren

Sektoren. Gebäude für Wohnen und Wohnmischnutzung (insgesamt 12%) und Gebäude für öffentliche Zwecke (8 %) sind die Sektoren mit dem nächsthöchsten Wärmeverbrauch.

Im Rahmen des Energienutzungsplans Konstanz wurde 2017 auch eine grafische Aufbereitung der räumlichen Verteilung der Wärmeverbräuche durchgeführt (siehe Abbildung 10). Hier wurde auf Baublockebene die Höhe des absoluten Wärmeverbrauchs im Quartier dargestellt. Der höchste absolute Wärmeverbrauch im Quartier befindet sich in den industriell geprägten Stadtvierteln Grubwiesen und Oberlohn. In Unterlohn und Stromeyersdorf, Stadtviertel mit eher kleineren Unternehmen und Wohnnutzung, ist der absolute Wärmebedarf deutlich geringer.

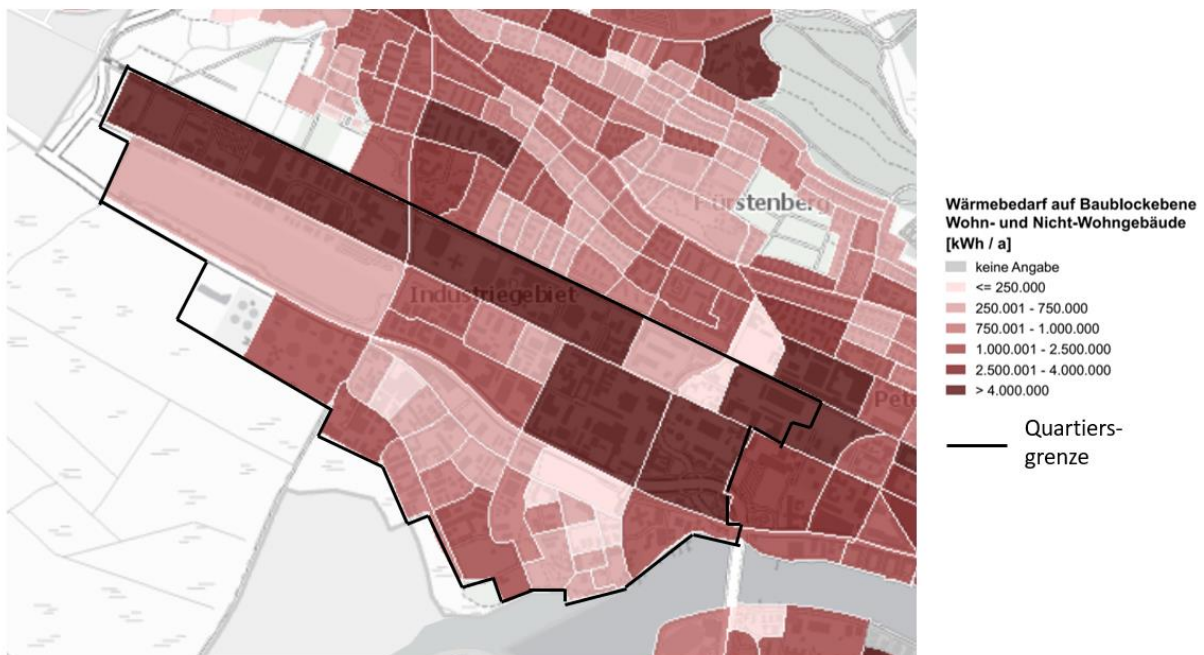


Abbildung 10: Absoluter Wärmeverbrauch im Quartier auf Baublockebene

Der durchschnittliche Wärmeverbrauch des Quartiers liegt bei 160 kWh pro m² Gebäudenutzfläche im Jahr und liegt damit knapp über dem durchschnittlichen Wärmebedarf in Konstanz von 157 kWh pro m² Gebäudenutzfläche im Jahr.

Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung wurde hauptsächlich aus den Gasverbräuchen der Stadtwerke Konstanz abgeleitet. Bei den Gebäuden im Quartier, die nicht mit Gas versorgt werden, wurde die Wärmeversorgung anhand von im Rahmen des Energienutzungsplans erhobenen Daten des Landesinnungsverbands des Schornsteinfegerhandwerks ermittelt (Stand 2016).

Das Quartiersgebiet ist komplett mit einem Gasnetz erschlossen, das von den Stadtwerken Konstanz betrieben wird. Dieses Gasnetz bietet bei einem Großteil der Gebäude im Quartier die Grundlage für die Wärmeversorgung. Die Mehrheit der Gebäude wird durch dezentrale Erdgaskessel beheizt, ein weiterer Teil durch erdgasbetriebene Kraft-Wärme-Kopplungs-(KWK)-Anlagen (Standorte siehe Abbildung 11). Eine Ausnahme beim Brennstoff bildet die KWK-Anlage der Entsorgungsbetriebe Konstanz, die mit Klärgas betrieben und zur Erwärmung von Abwasser genutzt wird.

Im östlichen Teil des Quartiers befindet sich ein kleines Nahwärmenetz, das die Gebäude der Stadtwerke Konstanz und einen weiteren Abnehmer mit Nahwärme versorgt.

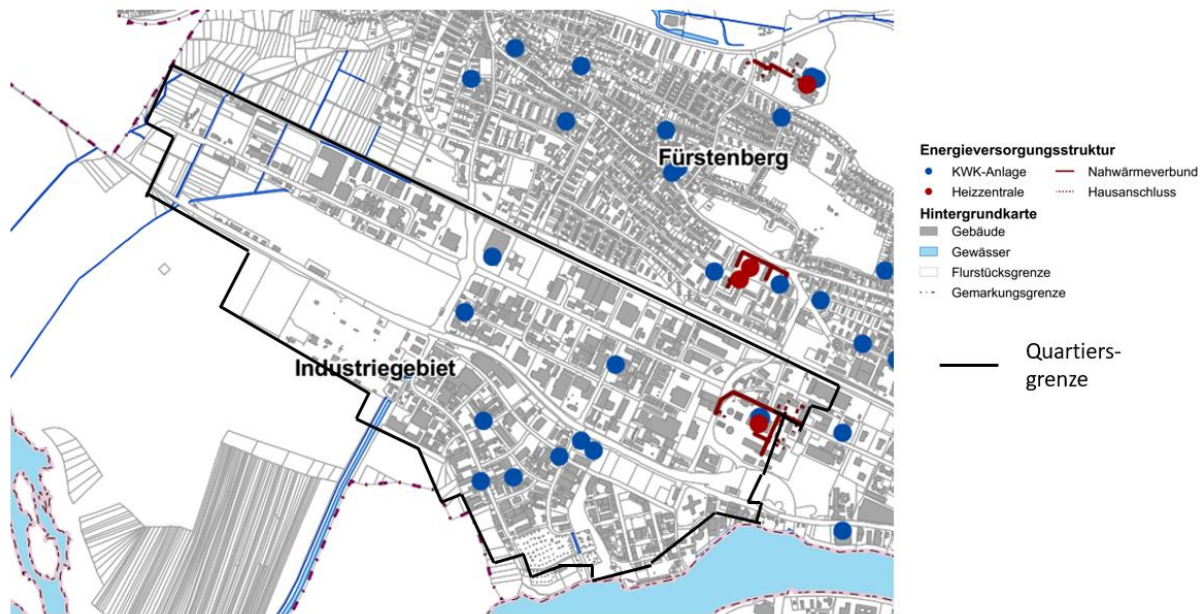


Abbildung 11: Standorte KWK-Anlagen und Nahwärmenetz

Aus den Gasverbräuchen (siehe Abschnitt „Wärmeverbrauch“) konnte erhoben werden, dass der durchschnittliche jährliche Erdgasverbrauch im Quartier in den Jahren 2018 – 2020 71,4 GWh betrug. Wird diesem Erdgasverbrauch ein Umrechnungsfaktor von Brennwert zu Heizwert von 1,11 zu Grunde gelegt (Viessmann Climate Solutions Berlin GmbH, 2021), so ergibt sich eine Wärmeerzeugung durch erdgasbetriebene Wärmeerzeugungsanlagen von rund 64 GWh pro Jahr. Aufsummiert mit der Wärmeerzeugung der erdgasbetriebenen KWK-Anlagen ergibt dies eine Wärmeerzeugung durch erdgasbetriebene Anlagen von 70 GWh im Jahr. Das bedeutet, dass insgesamt 79 % der Wärmeerzeugung im Quartier über das Gasnetz gedeckt werden. Davon entfallen 9 % auf erdgasbasierte KWK-Anlagen im Quartier und 91 % auf erdgasbasierte Heizkessel.

Um die verbleibende Wärmeerzeugung zu ermitteln, wurde auf die im Rahmen des Energienutzungsplans 2016 erhobenen Anlagendaten durch den Landesverband der Schornsteinfegerinnung zurückgegriffen. Über diese Daten konnte ermittelt werden, dass in den das Quartier betreffenden Kehrbezirken I und II (siehe Abbildung 12) im Durchschnitt die Wärmeerzeugung zu 69 % über erdgasbasierte Anlagen, zu 29 % über heizölbasierte Anlagen und zu 2 % über holzbasierte Anlagen erfolgt. Es ist jedoch zu beachten, dass die Kehrbezirke über das Quartier hinausgehen und die Zahlen damit das Quartier nicht exakt abbilden (siehe Abbildung 12).

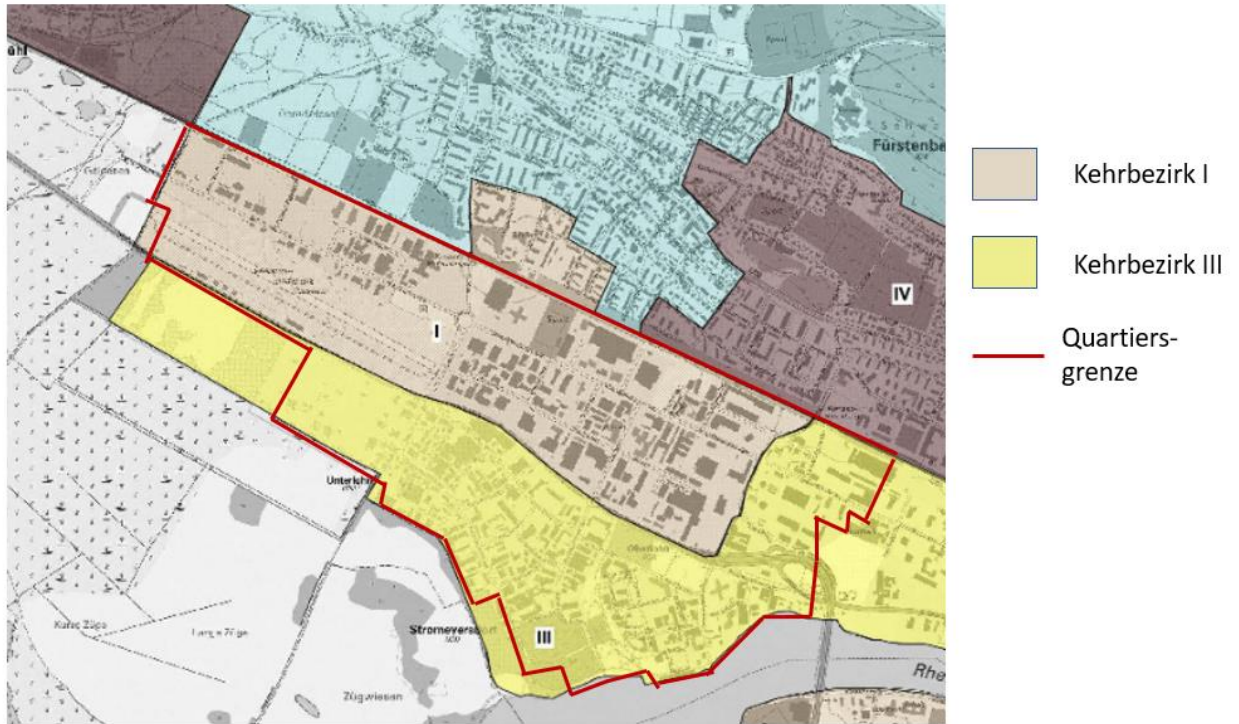


Abbildung 12: Kehrbezirke der Stadt Konstanz

Anhand der vorgestellten Zahlen kann die Annahme getroffen werden, dass im Quartier 79% des Wärmeverbrauchs mit erdgasbetriebenen Wärmeerzeugungsanlagen (inkl. 7 % aus Erdgas-KWK), 17 % mit heizölbasierten Wärmeerzeugungsanlagen, 3 % aus der klärgasbasierten Wärmeerzeugungsanlage der EBK Konstanz und zu 1 % aus holzbasierten Wärmeerzeugungsanlagen gedeckt werden. Die geringe Abweichung zu den Daten des Landesverbands der Schornsteinfegerinnung von 2016 kann durch eine Modernisierung der heizölbetriebenen Anlagen hin zu erdgasbetriebenen Anlagen und durch die unterschiedliche Gebietseinteilung erklärt werden.

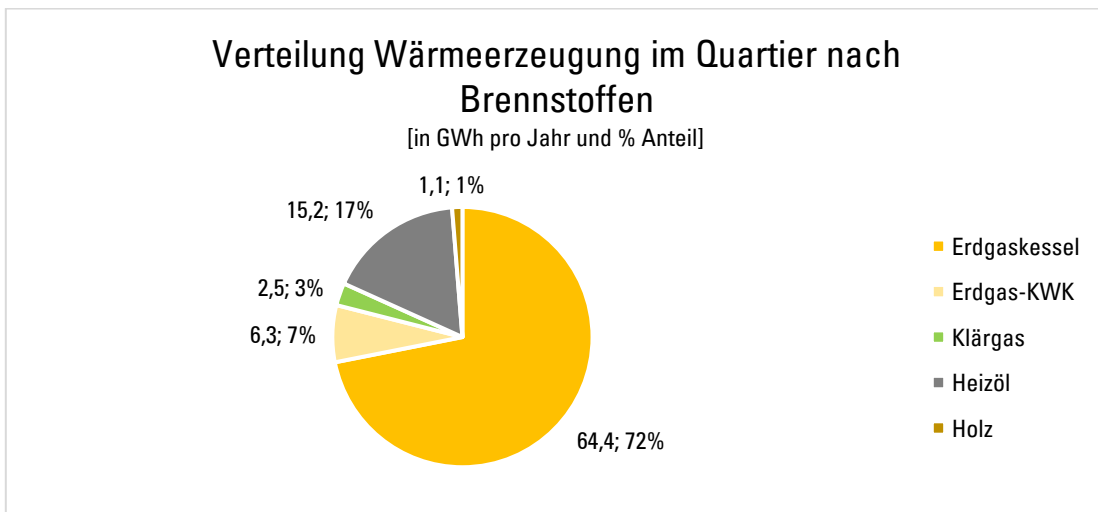


Abbildung 13: Verteilung Wärmeerzeugung im Quartier nach Brennstoffen

Aus den erhobenen Brennstoffverbräuchen lassen sich die Treibhausgasemissionen des Wärmesektors ermitteln. Dafür wurden die Treibhausgasemissionsfaktoren der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg und deren Bilanzierungstool BICO2BW (siehe Kapitel 6) zu Grunde gelegt (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, 2021). In dem Bilanzierungstool entspricht eine Kilowattstunde einer erdgasbetriebenen Erzeugungsanlage einem Treibhausgasausstoß von 0,247 kg CO_{2Äq}, während eine Kilowattstunde aus einer heizölbetriebenen Anlage mit 0,318 kg CO_{2Äq} bemessen wird. Wärmeerzeugung aus Klärgas verursachte keine Emissionen und fließt deshalb nicht in die Emissionsbetrachtung mit ein. Die Emissionen von KWK-Anlagen werden anteilig entsprechend ihrer Wärmeleistung mit einberechnet.

Werden die Emissionsfaktoren mit dem ermittelten Wärmeverbräuchen multipliziert so ergeben sich jährliche Treibhausgasemissionen in Höhe von ca. 22.500 t CO_{2Äq}, die durch Wärmeerzeugung im Industriegebiet verursacht werden. Davon entfallen 79 % (ca. 17.500 t CO_{2Äq}) auf erdgasbetriebene Anlagen und 22 % (ca. 5.000 t CO_{2Äq}) auf heizölbetriebe Anlagen (siehe Abbildung 14).

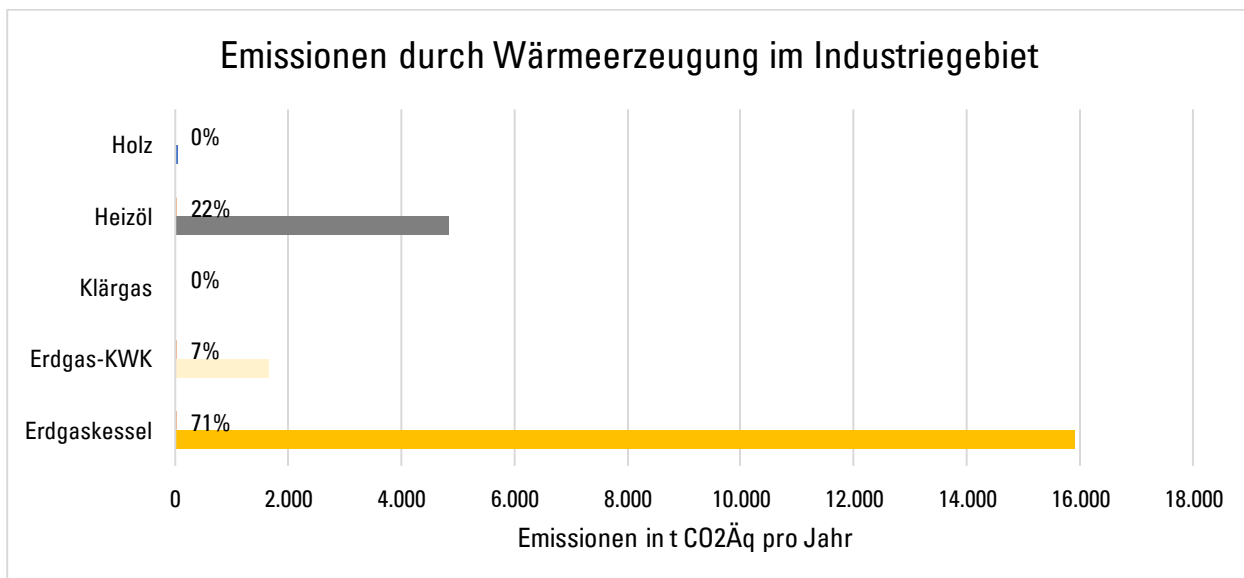


Abbildung 14: Emissionen durch Wärmeerzeugung im Industriegebiet

Strombedarf und -erzeugung

Stromverbrauch

Der Stromverbrauch im Quartier wurde, analog zum Gasverbrauch, anonymisiert auf Straßenebene für die Jahre 2018 – 2020 von den Stadtwerken Konstanz als Netzbetreiber zur Verfügung gestellt. Der durchschnittliche Stromverbrauch für das Quartier betrug laut diesen Daten 51,3 GWh im Jahr. Dies ist eine Steigerung von 1 % gegenüber den im Energienutzungsplan Konstanz (Verbrauchsdaten 2015 – 2017) erhobenen Energieverbrauch. Es ist demnach ein marginaler Anstieg des Stromverbrauchs in den letzten drei Jahren zu beobachten.

Die perspektivische Entwicklung des Strombedarfs wird auf der einen Seite voraussichtlich durch Effizienzsteigerungen bei Industrieprozessen, Bürotechnik und Haushalten leicht sinken (siehe Kapitel 3.5). Auf der anderen Seite wird es mittelfristig eine Steigerung des Strombedarfs durch das Neubauareal

Grubwiesen geben. Hier wird ein erhöhter Strombedarf zwischen 13,6 GWh und 26,2 GWh im Jahr erwartet (siehe Kapitel 4.2). Dies entspricht einem Anstieg von 27 % bis 51 % gegenüber dem jetzigen Stromverbrauch im Quartier.

Analog zum Wärmeverbrauch kann auch der Stromverbrauch nach den verschiedenen Sektoren unterteilt werden. Auch hier entfällt der größte Anteil des Stromverbrauchs auf den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie mit 40 GWh im Jahr (88 %, vgl. Abbildung 15). Dieser wird gefolgt vom Sektor Wohnen (inkl. Wohnmischnutzung) und dem Stromverbrauch von Gebäuden im öffentlichen Sektor, mit jeweils 5 GWh im Jahr (10 %).

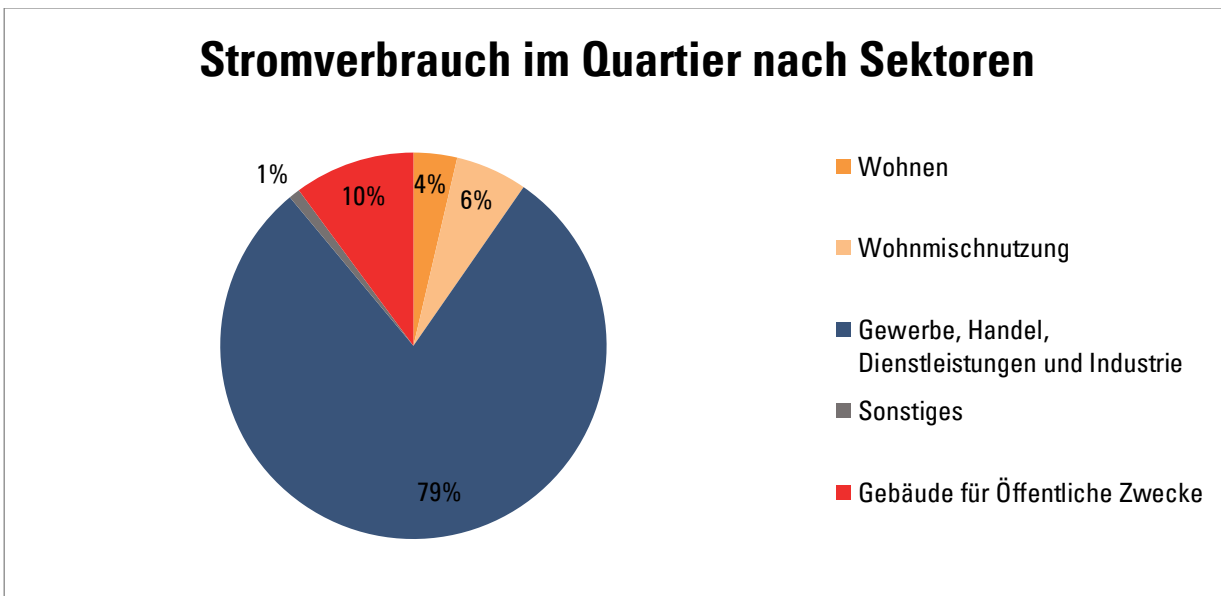


Abbildung 15: Stromverbrauch im Quartier nach Sektoren

Abbildung 16 stellt den absoluten Stromverbrauch nach Baublöcken dar. Analog zur Verteilung des Wärmeverbrauchs ist zu erkennen, dass die sehr stark durch Gewerbe und Industrie geprägten Stadtviertel Grubwiesen und Oberlohn einen sehr hohen Strombedarf aufweisen, während die Stadtviertel Unterlohn und Stromeyersdorf mit einem höheren Anteil Wohnbebauung und kleineren Unternehmen einen geringeren Stromverbrauch haben.

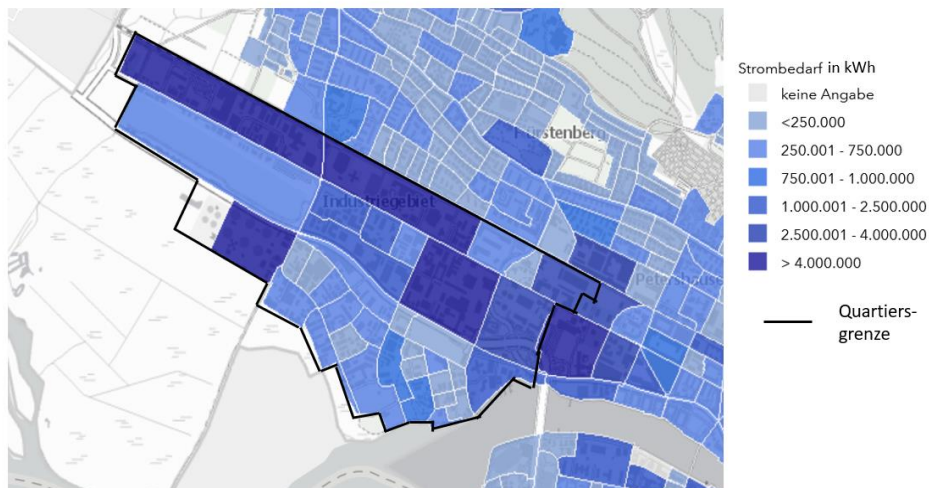


Abbildung 16: Absoluter Stromverbrauch im Quartier auf Baublockebene

Stromerzeugung

Der Strom im Quartier wird zu einem großen Teil von Stromerzeugungsanlagen außerhalb des Quartiers importiert. Innerhalb des Quartiers gibt es zwei verschiedene Arten von Stromerzeugungsanlagen: Photovoltaikanlagen und KWK-Anlagen.

Die Stromerzeugung durch KWK-Anlagen wurde im Rahmen des Energienutzungsplans für das Jahr 2016 erhoben. In dem Jahr wurden im Quartier 5,4 GWh Strom durch KWK-Anlagen erzeugt. Das entspricht ca. 10 % des Strombedarfs im Quartier. 86 % des so erzeugten Stroms wurden für den Eigenverbrauch genutzt, womit der Strom keine zusätzliche Last für das städtische Verteilnetz verursacht.

Die Leistungen der aktuell installierten Photovoltaikanlagen können im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur eingesehen werden (Bundesnetzagentur, 2021). In dem Portal sind 32 Photovoltaikanlagen gelistet mit einer aufsummierten Nettonennleistung von 2.311 kW_p. Unter der Annahme, dass die Photovoltaikanlagen durchschnittlich 900 kWh/kW_p im Jahr erzeugen (European Commission, 2021), ergibt sich ein jährlicher Stromertrag von rund 2 GWh. Dies deckt etwa 4 % des Stromverbrauchs im Quartier. Die verbleibenden 86% des Stromverbrauchs werden durch Stromimporte ins Quartier gedeckt.

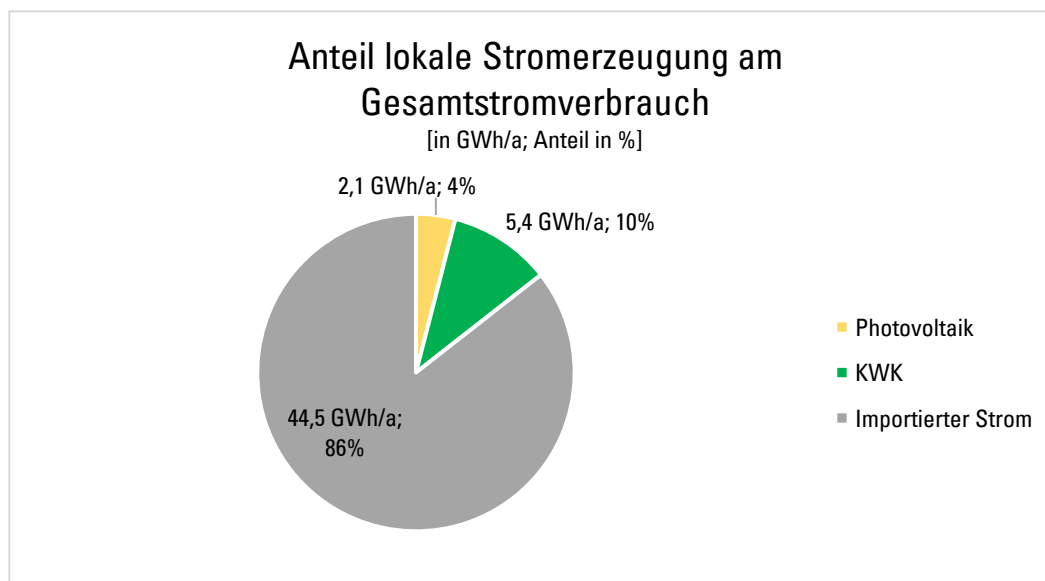


Abbildung 17: Anteil lokale Stromerzeugung am Gesamtstromverbrauch

In den weiteren Berechnungen wird bei dem importierten Strom davon ausgegangen, dass dessen Treibhausgasemissionen dem Bundesdurchschnitt der Treibhausgasemissionen der deutschen Stromerzeugung entsprechen. Der durchschnittliche bundesdeutsche Strommix hatte für das Jahr 2020 einen Emissionsfaktor von 0,366 kg CO_{2Äq}/kWh (Umweltbundesamt, 2021).

Bei den erdgasbetriebenen KWK-Anlagen wird der Strom entsprechend anteilig der Stromerzeugung zugerechnet. Durch die Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen entstehen keine zusätzlichen Treibhausgasemissionen.

Werden die Treibhausgasemissionen summiert, die durch den importierten Strom und die Stromerzeugung durch KWK-Anlagen entstehen, so ergibt sich ein durch den Stromverbrauch im Quartier verursachter Treibhausgasausstoß von gerundet 17.500 t CO_{2Äq} im Jahr (für den durchschnittlichen Stromverbrauch der Jahre 2018 – 2020).

Verkehr und Mobilität

Gegenwärtige Situation Mobilität in Konstanz

Im bundesweiten Vergleich haben in Konstanz umweltfreundliche Mobilitätsformen bereits einen hohen Stellenwert. Eine Studie der TU Dresden zeigt, dass im Jahr 2018 in Konstanz durchschnittlich 39 % der Verkehrsleistung² mit dem Fahrrad, zu Fuß oder dem ÖPNV zurückgelegt werden (TU Dresden, 2021). In der Studie wurde ebenfalls die Verkehrsleistung in vergleichbaren deutschen Städten und Gemeinden erfasst. Im Durchschnitt wurden in diesen Städten nur 29 % der Verkehrsleistung mit dem Fahrrad, zu Fuß oder dem ÖPNV zurückgelegt (TU Dresden, 2021).

Das PKW-Aufkommen ist mit 0,439 PKWs pro Einwohner:in in Konstanz vergleichsweise niedrig. Im Vergleich hierzu beträgt diese Kennzahl in Baden-Württemberg 0,607 (+27 %) und im bundesdeutschen Durchschnitt 0,573 (+ 23%).

Tabelle 2: Vergleich der Zulassungsdichte an PKW

(Kraftfahrt-Bundesamt, 2020), (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2020), (Kania, 2021)

	PKW-Dichte
Stadt Konstanz	0,439
Baden-Württemberg	0,607
Deutschland	0,573

Die Stadtverwaltung Konstanz setzt sich bereits seit vielen Jahren intensiv mit dem Thema Mobilität auseinander. Es existiert eine eigene Abteilung in der Stadtverwaltung, die sich mit der Planung aller Mobilitätsformen in der Stadt beschäftigt. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf dem Ausbau der Infrastrukturen für umweltfreundliche Mobilität, wozu bereits das Handlungsprogramm Radverkehr erstellt wurde. Aktuell wird das Handlungsprogramm Fußverkehr erarbeitet und tiefgehende Untersuchungen zum ÖPNV durchgeführt. Für eine langfristige Mobilitätsstrategie existiert der Masterplan Mobilität. Die aufgeführten Konzepte sowie zahlreiche Daten und Untersuchungen zur Mobilität sind auf der Homepage der Stadt Konstanz zu finden (Stadt Konstanz, 2021).

Mobilität im Quartier

Die Mobilität im Quartier wird hauptsächlich geprägt durch Lieferverkehr und die Pendlerwege der im Quartier arbeitenden Personen. Der Lieferverkehr der vor Ort angesiedelten Unternehmen geschieht

² Die Verkehrsleistung ergibt sich aus der Anzahl der mit dem Verkehrsmittel beförderten Personen multipliziert mit der zurückgelegten Entfernung (Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2021)

ausschließlich über motorisierten Verkehr (LKW und PKW). Es gibt keine Anbindung für Güterzüge an das Quartier.

Für die im Quartier arbeitenden Personen gibt es zahlreiche Möglichkeiten zur Anreise. Für die Anreise mit der Bahn befinden sich die Bahnstationen Wollmatingen und Fürstenberg im nördlichen Teil des Quartiers. Weiterhin fahren die Buslinien 6 und 15 sowie 13/4 bzw. 4/13 Haltestellen im Quartier an. Vom Bahnhof Wollmatingen und Bahnhof Fürstenberg ist ebenso die Nutzung des Leihradservices „Konrad“ der Stadtwerke Konstanz möglich.

Eine Studie der Stadt Konstanz zur Fahrgasterhebung im ÖPNV zeigt, dass die Bahnlinien im nördlichen Teil des Quartiers stark frequentiert werden. Die hohe Auslastung vom Industriegebiet in Richtung Konstanzer Innenstadt lässt jedoch vermuten, dass ein Großteil der Fahrgäste sie zur Weiterfahrt auf die südliche Seite des Seerheins nutzen (Fischer, 2021).



Abbildung 18: ÖV-Belastung Stadt Konstanz
(Fischer, 2021)

Das Quartier ist ebenso durch ein Radwegenetz mit den umliegenden Stadtteilen verbunden. So führt zum Beispiel der Bodenseeradweg im Norden des Quartiers entlang und verbindet das Quartier mit anderen Gebieten entlang des Bodensees. Über den Fahrradweg auf der Neuen Rheinbrücke/Schänzlebrücke östlich des Quartiers kann der Seerhein überquert und die Innenstadt mit dem Fahrrad erreicht werden. Innerhalb des Quartiers ist das Radwegenetz zu einem Teil ausgebaut.



Abbildung 19: Fahrradweg am Bahnhof Wollmatingen

Für das spezifische Quartier liegen keine vollumfänglichen Daten zum Mobilitätsverhalten vor. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der Zukunftswerkstatt (siehe Kapitel 7) eine Abfrage gemacht, welche Mobilitätsformen im Quartier genutzt werden. Abbildung 20 stellt die Ergebnisse der Umfrage dar. 57 % der Befragten greifen auf die umweltfreundlichen Mobilitätsformen Fahrrad oder ÖPNV zurück, 43 % auf den eigenen PKW. Damit liegt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs bei den 14 befragten Personen leicht über dem durchschnittlichen Anteil des motorisierten Individualverkehrs für Arbeitswege in Konstanz; dieser liegt bei 39 % (TU Dresden, 2021).

Welches Verkehrsmittel benutzen Sie auf dem Weg zur Arbeit?

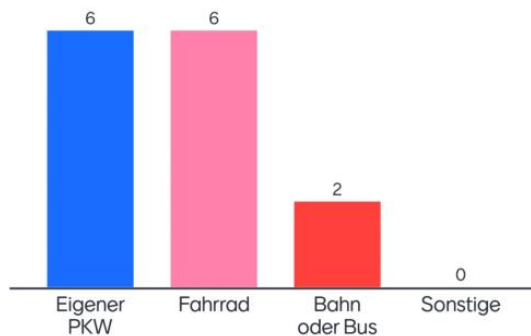


Abbildung 20: Umfrage zu Mobilitätsformen im Quartier

Einen weiteren Anhaltspunkt zur Mobilität im Quartier bildet außerdem der Verkehrszählpunkt am Kreisverkehr Byk-Gulden-Straße/Max-Stromeyer-Straße. An diesem zentralen Ort im Quartier (siehe Abbildung 21) fand vom 03.05.2021 bis zum 09.08.2021 (100 Kalendertage) eine Verkehrszählung statt.

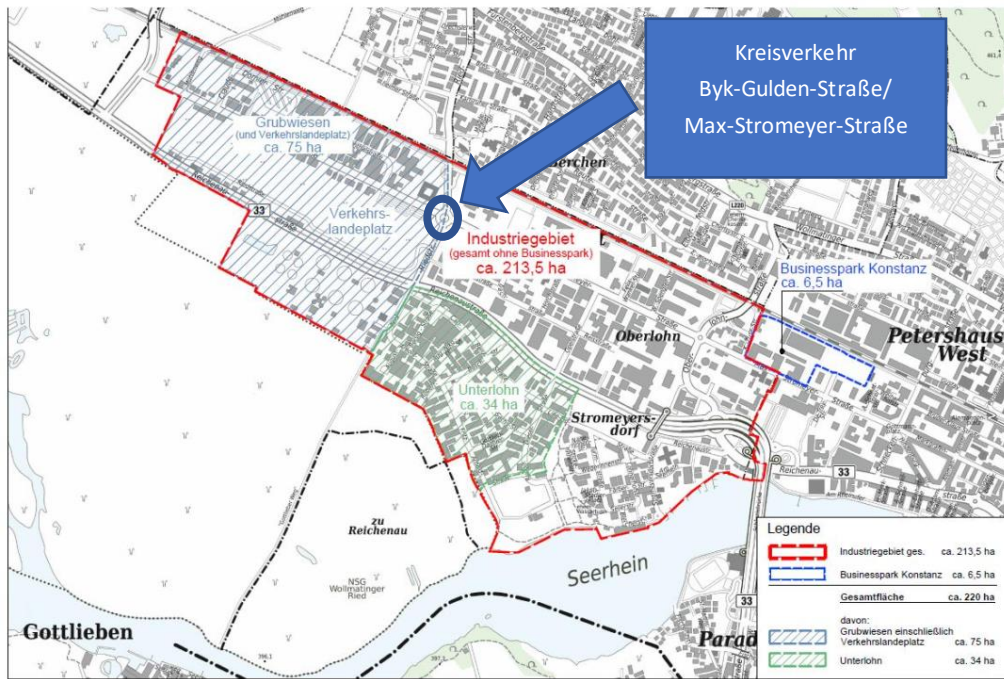


Abbildung 21: Verortung Verkehrszählung Quartier

Innerhalb des Erhebungszeitraums passierten 457.493 Fahrzeuge den Zählpunkt, durchschnittlich 4.575 Fahrzeuge pro Tag. Hochgerechnet auf ein Jahr bedeutet das ein Fahrzeugaufkommen von 1.212.356 motorisierten Kraftfahrzeugen im Jahr.

Im Rahmen der Verkehrszählung wurde das Verkehrsaufkommen halbstündlich erfasst. Bei einer Auswertung der Daten wird ersichtlich, dass das Verkehrsaufkommen über die Wochentage relativ gleichmäßig verteilt ist. Eine deutliche Abnahme des Verkehrsaufkommens ist am Wochenende zu erkennen (vgl. Abb. 23). Bei einer Auswertung der Uhrzeiten zeigt sich, dass das höchste Verkehrsaufkommen zwischen 16 und 17 Uhr (8,7 % der Fahrzeuge) auftritt (vgl. Abb. 22).

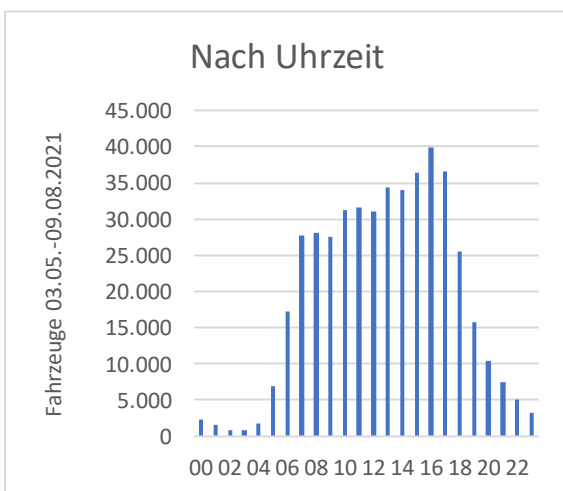


Abbildung 22: Verkehrsaufkommen Zählpunkt Quartier nach Uhrzeit

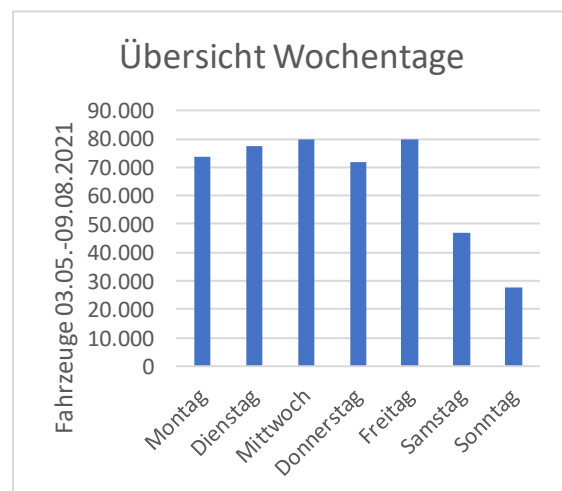


Abbildung 23: Verkehrsaufkommen Zählpunkt Quartier nach Wochentagen

Zusammenfassend lässt sich zur Verkehrssituation im Quartier sagen, dass für ein Gewerbegebiet ein verhältnismäßig breites Angebot an Infrastruktur für klimafreundliche Mobilitätsformen existiert. Jedoch ist auch im Quartier ein gewerbegebietstypischer Fokus auf motorisierten Verkehr zu erkennen. Empfehlungen zur Stärkung von klimafreundlicher Mobilität sind bei der Betrachtung der Effizienz- und Einsparpotenziale in Kapitel 3.5 zu finden sowie für die Schwerpunktgebiete Grubwiesen und Unterlohn im Kapitel 4.1.

Ermittlung Energiebedarf und Treibhausgasemissionen Verkehr

Zur Ermittlung der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen für den Sektor Verkehr wird eine Bilanzierung des motorisierten Verkehrs auf dem Quartiersgebiet vorgenommen. Bei der Bilanzierung wurden sowohl die Endenergie als auch die Treibhausgasemissionen ermittelt, die durch die Nutzung von motorisierten Verkehrsmitteln durch die Mobilität im Quartier entstehen.

Für die Analyse des Verkehrssektors im Quartier wurden auf die Zulassungszahlen des Kraftfahrtbundesamtes sowie deren offizielle Statistiken über mittlere Laufleistung, durchschnittliche Verbräuche, Treibhausgasemissionen, Kraftstoff-Preise und -Energiegehalt zurückgegriffen. Hier wurden anhand des Approximationsfaktors von 3,7 % – entwickelt aus dem Verhältnis der Fläche im Quartier (2 km²) zur gesamten Stadt (54,2 km²) (Stadt Konstanz, 2021) – die Zulassungszahlen auf Quartiersebene bestimmt. Anhand dieser Daten konnten u. a. die PKW-Dichte, der Energie- und Kraftstoffverbrauch, die Treibhausgasemissionen und die dazu gehörigen Kraftstoffkosten berechnet werden. In Tabelle 3 ist die Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge in Konstanz zum 01.01.2021 zusammengefasst (Kraftfahrt-Bundesamt, 2020).

Tabelle 3: Anzahl Fahrzeuge zugelassener Fahrzeuge in Konstanz, 01.01.2021
(Kraftfahrt-Bundesamt, 2020)

Krafträder	PKW	LKW	Bus	Gesamt
5.052	37.047	2.047	251	44.397
11%	83%	5%	1%	100%

Heruntergerechnet auf das Quartier mit dem Approximationsfaktor 3,7 % ergibt das insgesamt 1.641 gemeldete Fahrzeuge im Quartier. Diese können ebenfalls nach Fahrzeugarten unterteilt werden (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Anzahl Fahrzeuge im Quartier (zum 01.01.2020)
(Kraftfahrt-Bundesamt, 2020)

Krafträder	PKW	LKW	Kommunale Fahrzeuge	Bus	Gesamt
517	4.758	302	13	9	5.592

Anhand der Fahrzeugart können die Fahrzeuge ebenfalls nach verschiedenen Kraftstoffarten unterteilt werden (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Relativer Bestand der Fahrzeugtypen nach Kraftstoffart (zum 01.01.2021)

(Kraftfahrt-Bundesamt, 2021)

[km/a]	Krafträder	PKW	LKW	Bus
Benzin	100%	65,2%	6%	
Diesel		31,2%	94%	100%

Bei den PKWs sind Benzin (65,2 %) und Diesel (31,2 %) die häufigsten Kraftstoffarten, bei LKWs und Bussen handelt es sich fast ausschließlich um dieselmotriebene Fahrzeuge. Die Anzahl an alternativen Antrieben wie Hybrid- und Erdgasfahrzeuge sowie Elektroautos steigt zwar in den vergangenen Jahren kontinuierlich, nimmt aber immer noch einen sehr geringen Anteil ein. Da der Stromverbrauch von Elektroautos im Bereich Strom erfasst wurde und es keine verfügbaren Statistiken über erdgasbetriebene Fahrzeuge im Quartier gibt, werden diese in die folgenden Berechnungen nicht einbezogen.

Je nach Kraftstoffart gehen in die Energie- bzw. CO₂-Bilanz variierende Daten über die durchschnittliche Jahresfahrleistung ein (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Typische Jahresfahrleistungen nach Fahrzeugtypus und Kraftstoffart für das Jahr 2019

(Kraftfahrt-Bundesamt, 2020)

[km/a]	Krafträder	PKW	LKW	Bus
Benzin	2.218	10.562	11.903	
Diesel		19.884	21.405	100.000

Auch der streckenspezifische Kraftstoffverbrauch fließt in die Bilanzierung mit hinein (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Typische Kraftstoffverbräuche nach Fahrzeugtypus

(Kraftfahrt-Bundesamt, 2020) (mobile.de, 2013)

[l/100km]	Krafträder	PKW	LKW	Bus
Benzin	3,9	7,9	12	
Diesel		6,8	19	30

Zur Ermittlung der tatsächlich zu bilanzierenden Energie- und Treibhausgasemissionsmengen werden die bisher aufgeführten fahrzeugspezifischen Daten und resultierenden Kraftstoffverbräuche mit Angaben über den volumenspezifischen Energie- und Emissionsgehalt verknüpft (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8: Energiegehalt und CO₂Äq-Wirkung nach Kraftstoffart

(LUMITOS AG, 2021), (Umweltbundesamt, 2019)

	Benzin	Diesel
Energiegehalt [kWh/l] bzw. [kWh/kg]	8,9	9,8
Gesamtmenge CO ₂ -Äquivalent, inkl. Vorkette [kg CO ₂ Äq/l]	2,2	3,1

Aus der vorgestellten Vorgehensweise und den erhobenen Daten lässt sich die folgende Energie- und CO₂-Bilanz des motorisierten Individualverkehrs ermitteln (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: Energie- und CO₂-Bilanz Verkehr im Quartier Industriegebiet Konstanz

THG-Bilanz	Krafträder	PKW		LKW		Bus	Gesamt
	Benzin	Benzin	Diesel	Benzin	Diesel	Diesel	
Anzahl [n]	187	893	427	5	71	9	1.591
Fahrleistung [km/a]	2.218	10.562	19.884	11.903	21.405	100.000	
Kraftstoffverbrauch [l/100 km]	3,9	7,9	6,8	12,0	19,0	30,0	
Energiegehalt [kWh/l]	8,9	8,9	9,8	8,9	9,8	9,8	
Kraftstoff-Gesamt [Tl/a]	16.150	744.811	577.554	6.483	289.192	278.271	1.958.839
Energiebedarf [MWh/a]	144	6.629	5.660	58	2.834	2.727	18.506
Emissionsfaktor CO ₂ Äq [kg/l]	2,2	2,2	3,1	2,2	3,1	3,1	16
CO₂-Bilanz [t/a]	36	1.639	1.790	14	896	863	5.382
Anteil an CO ₂ -Ausstoß [%]	0,66%	30,45%	33,27%	0,27%	16,66%	16,47 %	100%

Insgesamt werden für den Sektor Verkehr ein jährlicher Energiebedarf von rund 18.500 MWh sowie ein CO₂Äq-Ausstoß von ca. 5.400 t CO₂Äq ermittelt. Dabei können 64 % des CO₂Äq-Ausstoßes dem Pkw-Verkehr zugeordnet werden, 17 % entfallen jeweils auf LKW und Busse. Nur ein geringer Anteil des Energiebedarfes und CO₂Äq-Ausstoßes entfällt auf die Krafträder (<1 %).

2.2 Energie- und Treibhausgas-Bilanz

Bei der Energie- und Treibhausgas-Bilanz werden alle im Quartier anfallenden Energieverbräuche und daraus resultierenden Treibhausgasemissionen in einer übergreifenden Bilanz erfasst. Die aufgeführten Erhebungen basieren auf Daten der Stadtwerke Konstanz und dem Energienutzungsplan Konstanz sowie dem Kraftfahrtbundesamt im Bereich Verkehr. Die detaillierten Berechnungen der Energieverbräuche und der CO₂-Emissionen wurden im Abschnitt 2.1 unterteilt nach Einsatzbereichen vorgestellt. Aus den Berechnungen ergibt sich nachstehende zusammenfassende Energie- und CO₂-Bilanz für das Quartier:

Tabelle 10: Gesamt Energie- und CO₂-Bilanz für das Jahr 2020

Quellen Emissionsfaktoren: Strom (Umweltbundesamt, 2020), Erdgas und Heizöl (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, 2020), Verkehr siehe Berechnung Abschnitt 2.2

	Endenergie- verbrauch [MWh]	CO₂-Faktor [CO₂Äq/MWh]	CO₂- Emissionen [t CO₂Äq]
Strom	51.326		17.481
Importiert	43.823	0,366	16.039
KWK-Anlagen	5.424	0,247	1.442
Wärme	89.580		22.424
Erdgas	71.486	0,247	17.749
Heizöl	15.590	0,318	4.958
Holz	1.144	0,024	27
Verkehr	18.051		5.238
Benzin	6.830	0,247	1.688
Diesel	11.221	0,315	3.550
Gesamt	158.957		45.143

Der jährliche Endenergieverbrauch liegt im Quartier bei ca. 159.000 MWh. Dabei wird etwa 56 % der Endenergie (45 % Erdgas und 10 % Heizöl) zur Wärmebereitstellung – Raumwärme und Warmwasser – benötigt. Hier spiegelt sich wider, dass das Quartier hauptsächlich durch Großverbraucher aus Gewerbe und Industrie mit einem hohen Wärmebedarf geprägt ist. 32 % des Endenergieverbrauches sind dem Strombedarf im Quartier zuzuordnen. Lediglich 11 % der Endenergie werden für den Verkehr benötigt.

Die jährlichen energiebedingten Treibhausgasemissionen im Quartier liegen insgesamt bei ca. 45.500 Tonnen CO₂Äq pro Jahr. Die Treibhausgasemissionen entfallen zu 38 % auf den Bereich Strom, zu 50 % auf den Bereich Wärme und zu 12 % auf den Bereich Verkehr.

Die Treibhausgasemissionen im Industriegebiet entsprechen rund 9 % des Treibhausgasausstoßes der Gesamtstadt Konstanz (Stadt Konstanz, 2021). Damit ist der Stadtteil Industriegebiet ein Stadtteil mit einem verhältnismäßig hohen Treibhausgasausstoß im Konstanzer Stadtgebiet. Berücksichtigt man jedoch, dass ein Großteil der Konstanzer Gewerbe- und Industrieunternehmen in dem Stadtteil angesiedelt ist und auch im bundesdeutschen Durchschnitt 26 % der Treibhausgasemissionen auf Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie entfallen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2018), so liegt das Quartier unter dem bundesdeutschen Durchschnitt für städtische Gewerbe- und Industriegebiete.

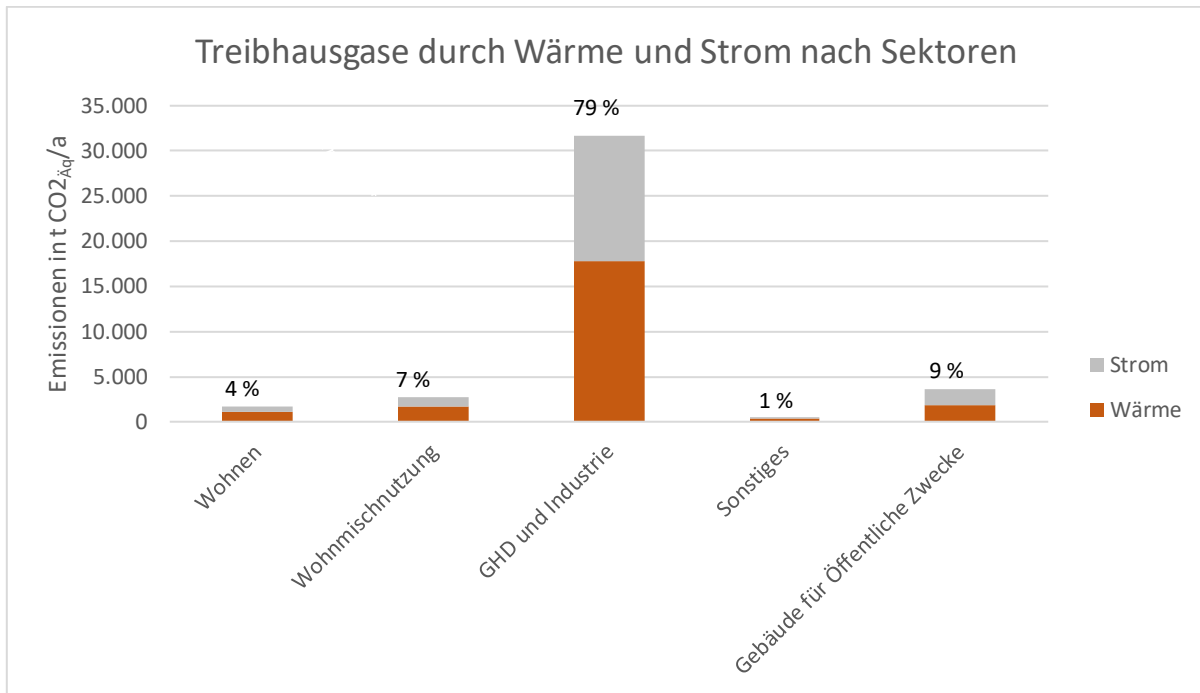


Abbildung 24: Treibhausgasemissionen durch Wärme und Strom nach Sektoren

Abbildung 24 zeigt die anteilige Verteilung der Treibhausgasemissionen durch Wärme und Strom im Quartier nach Sektoren. Die Treibhausgasemissionen der Bereiche Wärme und Strom im Quartier werden zu 79 % durch den Sektor Gewerbe, Handel, Industrie und Dienstleistungen verursacht. Die restlichen 21 % verteilen sich hauptsächlich auf die Sektoren Wohnen (11 % inkl. Wohnmischnutzung) und Gebäude für öffentliche Zwecke (9 %).

Um das vom Konstanzer Gemeinderat beschlossene Ziel des „Klima-Plus-Szenarios“ der Klimaschutzstrategie der Stadt Konstanz zu erreichen, müssen die Treibhausgasemissionen im Quartier mittelfristig auf einen Wert nahe Null reduziert werden. In Abbildung 25 sind die Absenkpfade der Emissionen aus der Klimaschutzstrategie der Stadt Konstanz (siehe Kapitel 1.3) zu sehen (ifeu, 2021). Hier wird eine Senkung der Treibhausgasemissionen bis 2030 von 75 %, bis 2035 von 91 % und bis 2050 von 94 % angestrebt (die Werte beziehen sich auf eine Reduzierung im Vergleich zu 2018).

Um diese Ziele im Quartier zu erreichen, müssen zum einen erneuerbare Energien ausgebaut und zum anderen der Energieverbrauch gesenkt werden. Um die Potenziale im Quartier dafür zu identifizieren, werden in den folgenden Kapiteln die Potenziale für erneuerbare Energien und Einsparungen aufgezeigt.

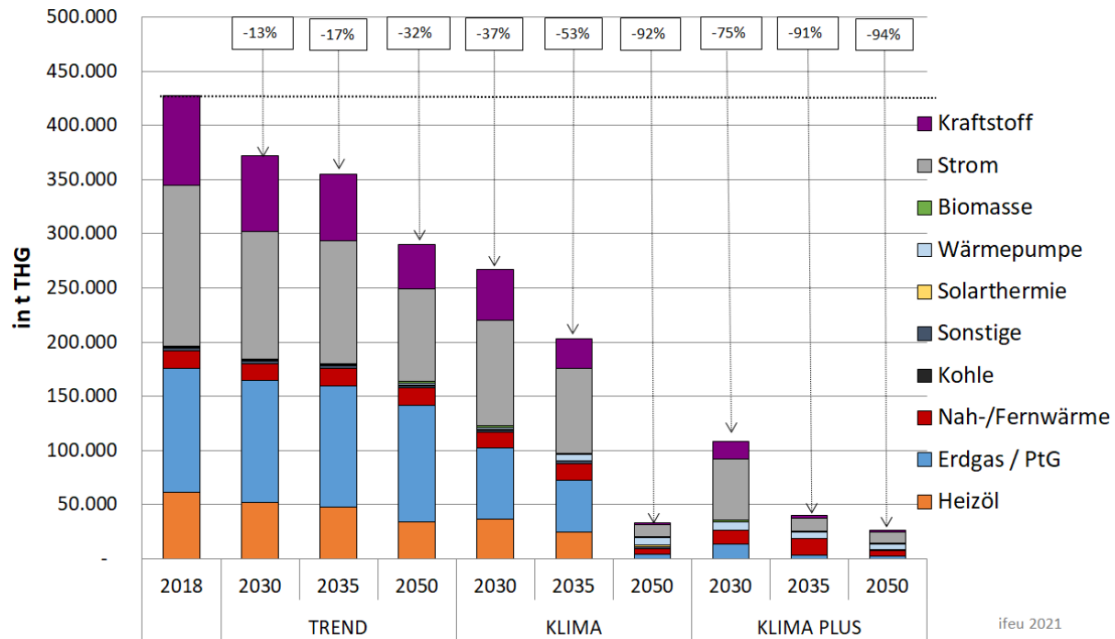


Abbildung 25: Szenarien zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen der Klimaschutzstrategie Konstanz

3. Potenzialanalyse

3.1 Potenzial aus erneuerbaren Energien

Solarpotenzial

Das Solarpotenzial, die energetische Strahlung der Sonne, kann auf verschiedene Arten zur Energiegewinnung genutzt werden. Sie kann mit Photovoltaikanlagen auf Dach-, Fassaden- oder Freiflächen zur Stromerzeugung verwendet sowie durch Solarthermie-Anlagen zur Wärmeerzeugung genutzt werden.

Potenzial Photovoltaikanlagen auf Dachflächen

Das Potenzial von Photovoltaikanlagen auf Dachflächen wurde bereits für das gesamte Stadtgebiet Konstanz im Rahmen des Energienutzungsplans (Stadt Konstanz, 2018) bestimmt. In diesem Rahmen wurde eine für Photovoltaikanlagen belegbare Dachfläche von ca. 155.000 m² im Quartier identifiziert, die mit Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von maximal rund 11.700 kWp³ belegt werden kann. Dabei wurden Dachflächen berücksichtigt, deren Ausrichtung, Dachbeschaffenheit und Einstrahlung für Photovoltaikanlagen geeignet sind. Ob baustatische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für eine Photovoltaikanlage gegeben sind, muss im Einzelfall geprüft werden.

Der Ertrag der Photovoltaikanlagen variiert je nach Ausrichtung und Verschattung der Dachfläche. Im betrachteten Quartier liegt er zwischen 750 und 990 kWh im Jahr pro kWp installierter Leistung. Der

³ Die durchschnittlich potenziell mögliche Leistung der Photovoltaikanlagen auf den Dachflächen im Quartier ist im Rahmen des Energienutzungsplans Konstanz (Stadt Konstanz, 2018) identifiziert worden und beträgt ca. 0,1 kWp/m²

durchschnittliche Ertrag von Photovoltaikanlagen im Quartier liegt bei 877 kWh im Jahr pro kWp. Unter den genannten Annahmen existiert im Quartier ein Solarpotenzial für Photovoltaikanlagen von 10,7 GWh im Jahr. Dies entspricht etwa 20 % des Strombedarfs im Quartier.

Im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur (Bundesnetzagentur, 2011) sind alle Photovoltaikanlagen aufgeführt, die aktuell Strom ins Verteilnetz einspeisen. In dem Register sind für das Quartier 32 Photovoltaikanlagen mit einer Nettonennleistung von 2.310 kWp gelistet. Unter der Annahme, dass die Anlagen ca. 900 kWh/kWp im Jahr erzeugen, ergibt sich eine jährliche Stromerzeugung von 2 GWh. Mit Blick auf das Gesamtpotenzial in Quartier bedeutet das, dass ca. 20 % des Solarpotenzials für Photovoltaikanlagen bereits genutzt werden; etwa 80 % des Potenzials bleiben bislang ungenutzt. Durch eine Nutzung des verbleibenden Potenzials könnten rund 8,7 GWh erneuerbarer Strom pro Jahr erzeugt werden und etwa 3.200 t CO₂A_q pro Jahr eingespart werden.

Am wirtschaftlichsten ist eine Installation von Photovoltaikanlagen bei großen Dachflächen, optimalerweise mit einem hohen Stromverbrauch im Gebäude. Im Rahmen des Quartierskonzeptes wurden deshalb die zehn größten Dachflächen im Quartier identifiziert, die noch nicht mit einer Photovoltaikanlage belegt sind und nicht unter Denkmalschutz stehen. Tabelle 11 zeigt eine Übersicht über die Gebäude mit den entsprechenden Dachflächen. Auf den Dachflächen können rund 2,1 GWh erneuerbarer Strom pro Jahr erzeugt werden. Dies entspricht 25 % des bislang ungenutzten Potenzials. Bei einer Offensive zum Ausbau von Photovoltaikanlagen wird deshalb empfohlen, dass ein Sanierungsmanagement (siehe Kapitel 5) zuerst auf die Gebäudeeigentümer der genannten Dachflächen zugeht. Im nächsten Schritt sollten gemeinsam rechtliche, wirtschaftliche und baustatische Rahmenbedingungen geprüft werden.

Tabelle 11: 10 größte Dachflächen im Quartier mit Eignung für Photovoltaik

Straße	Hausnr.	Belegbare	Mögliche	Leistung/m ²	Möglicher
		Dachfläche	Leistung PV	kWp/m ²	Ertrag PV
		m ²	kWp		kWh/a
Claude-Dornier-Straße	18	10.325	630,1	0,06	599.193
Max-Stromeyer-Straße	180	5.126	314,4	0,06	280.537
Max-Stromeyer-Straße	160	4.335	250,7	0,06	231.982
Max-Stromeyer-Straße	33	3.442	200,6	0,06	191.575
Oberlohnstraße	3a	2.941	173,7	0,06	166.130
Carl-Benz-Straße	22	2.852	195,6	0,06	173.513
Max-Stromeyer-Straße	170a	2.695	187,6	0,07	177.289
Max-Stromeyer-Straße	174	2.272	131,3	0,07	126.445
Opelstraße	4	1.908	110,3	0,06	104.010
Byk-Gulden-Straße	2	1.500	152,6	0,07	89.692
Gesamt		37.396	2.347		2.140.366

Photovoltaikpotenzial Fassadenflächen

Neben den Gebäudedächern können auch Fassaden zur solaren Energieerzeugung genutzt werden. In Frage kommen hierfür insbesondere unverschattete, großflächige Südfassaden. Auf Grund der veränderten Neigung (ca. 90 °) gegenüber Aufdach-Anlagen (optimal: ca. 25 bis 30 °) liegen die zu erwartenden Erträge bei gleicher installierter Leistung um etwa 30 % niedriger. Bei der Belegung der Fassaden sind sowohl die verfügbaren Flächen (unter Abzug von Türen, Fenstern etc.) als auch die statischen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Eine weitere Möglichkeit im Neubau bietet die gebäudeintegrierte Photovoltaik, bei der die Solarmodule direkt in Bauteile wie Fassaden oder Fenster integriert sind. Das Fassaden-Potenzial im Neubaugebiet Grubwiesen liegt bei ca. 905 kWp installierbare Leistung und ca. 590 MWh p.a.

Photovoltaikpotenzial durch Überdachung von Parkplätzen

Ergänzend kommt auch die Mehrfachnutzung von z. B. Parkplatzflächen in Frage, in dem diese mit sogenannten Solar-Carports überdacht werden. Diese Möglichkeit vereint mehrere Synergien. Neben der Mehrfachnutzung des begrenzten Raums im innerstädtischen Bereich hat die Überdachung Vorteile für die darunter liegende Fläche. So werden sowohl der Parkplatz selbst als auch parkende Fahrzeuge vor Sonneneinstrahlung und anderen Witterungseinflüssen geschützt. Ergänzend können die Überdachungen auch begrünt werden und haben somit eine positive Wirkung auf das Stadtklima, die Regenentwässerung sowie die Biodiversität.

Abbildung 26 stellt Parkplatzflächen im Quartier dar, die für eine Nutzung als Solar-Carport geeignet wären. In der Darstellung wurden relevant durch hohe Bäume oder Gebäude verschattete Flächen nicht berücksichtigt. Es ergibt sich eine Dachfläche von ca. 28.500 m². Als Nutzfläche zur elektrischen Energiegewinnung werden abzgl. Randflächen im Weiteren 90 % der Fläche betrachtet.

Mit einer dachparallel installierbaren Leistung von 0,176 bis 0,196 kWp/m² in Abhängigkeit der Ausrichtung nach Süden ergibt sich ein Potenzial von ca. 4.500 bis 5.000 kWp bzw. ca. 4.200 bis 4.700 MWh im Jahr.

Die Stadt hat bereits einige Bebauungspläne, z. B. Stromeyersdorf und Unterlohn dahin gehend geändert, dass ebenerdige, offene Stellplätze ausgeschlossen sind. Wenn Stellplätze nicht in Quartiersgaragen oder Gebäude integriert werden, sind sie mit einer zusätzlichen Nutzung wie Terrasse, Dachbegrünung oder Solarenergie zu ergänzen.

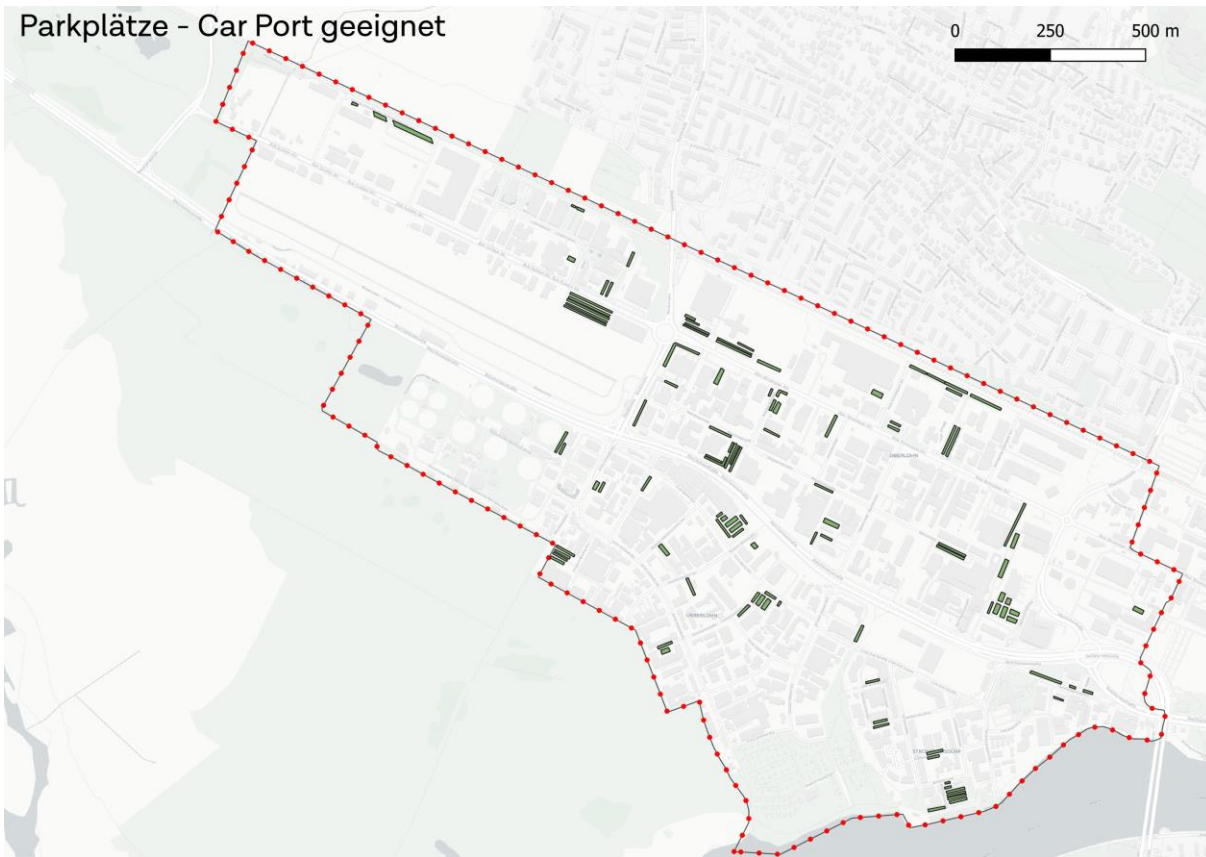


Abbildung 26: Potenziell als Solar-Carport geeignete Parkplätze

Das Gesamtpotenzial für Photovoltaik beträgt 13,1 MWp bzw. 16,0 GWh p.a. und setzt sich aus

- Dachflächen: ca. 11.700 kWp bzw. ca. 10,7 GWh p.a.
- Fassaden im Neubau: ca. 905 kWp bzw. ca. 590 MWh p.a.
- Carports: ca. 5.000 kWp bzw. ca. 4,7 GWh p.a.

zusammen. Weiteres Potenzial könnte im Bestand durch die Nutzung von Fassadenflächen entstehen und wäre im Einzelfall zu quantifizieren.

Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen

Strom aus Photovoltaikanlagen, der ins Verteilnetz eingespeist wird, erhält eine feste Einspeisevergütung (Bundesnetzagentur, 2021). Jedoch ist der Fördersatz in den letzten Jahren stark gesunken, sodass die Vergütung heute in den meisten Fällen nicht mehr ausreicht, um die Solaranlage zu finanzieren. Durch einen Anstieg der Strompreise in den letzten Jahren ist aber eine Eigenstromversorgung durch Photovoltaikanlagen für viele Unternehmen und Wohnhäuser wirtschaftlich. Die Einsparung an Stromkosten über die Lebensdauer der Solaranlage übersteigt in vielen Fällen die Investitionskosten der Photovoltaikanlage, sodass sie wirtschaftlich betrieben werden kann (Anondi GmbH, 2021). Weiterhin existieren im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude Förderungen für Photovoltaikanlagen zur Eigenstromversorgung, die keine Einspeisevergütung erhalten (KfW, 2021).

Fällt der größte Anteil des Stromverbrauchs nicht auf die Sonnenstunden des Tages (wie zum Beispiel in einem Wohnhaus, in dem der Strom morgens und abends benötigt wird), so empfiehlt sich die Kombination der Photovoltaikanlage mit einem Speicher (Anondi GmbH, 2021).

Eine Alternative zum Betrieb von Photovoltaikanlagen zur Eigenstromversorgung ist die Direktvermarktung des Stroms an einen Stromhändler oder direkt an einen Abnehmer. Hier kann bei großen Dachflächen oder größeren Freiflächenanlagen (nicht im Quartier vorhanden) eine Wirtschaftlichkeit erreicht werden (ub.de Fachwissen GmbH, 2021).

Potenziale Solarthermie

Für eine solare Wärmezeugung stehen mit Flach- und Vakuumröhrenkollektoren zwei gängige Technologien im Bereich der Solarthermie zur Verfügung. Dabei weisen Flachkollektoren im Vergleich zu den Vakuumröhrenkollektoren einen geringeren Ertrag bei geringeren Investitionskosten auf. Neben der Kollektorart und der Solareinstrahlung hängt der Kollektorertrag vor allem von der benötigten Zieltemperatur ab. So können insbesondere bei Flachkollektoren höhere Erträge für Zieltemperaturen von ca. 60 °C im Neubau oder sanierten Altbau gegenüber ca. 80 bis 90 °C im Altbau zur Verfügung gestellt werden. Bei einer angestrebten Zieltemperatur von ca. 60 °C im Neubau und mit einer hohen Sanierungsquote wird für Flachkollektoren (FK) ein potenzieller jährlicher Wärmeertrag von 400 kWh/m² Kollektorfläche angenommen. Für Vakuumröhrenkollektoren (VK) kann mit einem jährlichen Wärmeertrag von 500 kWh/m² Kollektorfläche gerechnet werden.

Solarthermie-Anlagen können sowohl als zentrale Freiflächen- als auch als dezentrale Aufdachanlagen errichtet werden. Im Quartier sind keine größeren Freiflächen bekannt, die für eine entsprechende Aufstellung in Frage kommen. Die Abschätzung des Solarthermiepotenzials erfolgt anhand der bereits für das Photovoltaik-Potenzial berücksichtigten Dachflächen. Hierbei wurden Dachart (Flachdach, Satteldach), Ausrichtung und ggf. relevante Verschattung berücksichtigt, da diese Faktoren Einfluss auf die Belegung und den Ertrag haben. Das solarthermische Potenzial für Aufdach-Anlagen liegt im Quartier „Industriegebiet“ bei ca. 69 GWh im Jahr.

Der Wärmeertrag von Solaranlagen variiert mit dem jahreszeitlichen Verlauf der Solareinstrahlung, sodass die Wärmebereitstellung antizyklisch zum Wärmebedarf im Sommer sehr hoch und in der winterlichen Heizperiode sehr gering ausfällt. Dezentrale Aufdachanlagen eignen sich immer dann, wenn das Gebäude einen hohen sommerlichen Wärmebedarf in Form von Brauchwarmwasser oder Prozesswärme auf niedrigem Temperaturniveau (< 100 °C) aufweist. Da Solarthermie und Photovoltaik stets in Flächenkonkurrenz stehen, empfiehlt sich bei industriellen Anwendungen mit hohen Strombedarfen i. d. R. eher die Photovoltaik, die daher im Weiteren prioritär berücksichtigt wird.

Technologie zentraler Großwärmepumpen

Eine Wärmepumpe kann verschiedene Umweltwärmequellen wie zum Beispiel die Luft oder das Grundwasser nutzen, um die Wärmeversorgung eines Gebäudes zu sichern. Die Umweltwärme wird in einem Übertragungsmedium wie Luft, Wasser oder Sole (Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch) der Umwelt entzogen und in die Wärmepumpe geführt. Die übertragene Umweltwärme wird dazu genutzt, ein Kältemittel zu verdampfen. Dies geschieht auf Grund der Kältemittelleigenschaften bereits bei niedrigen Temperaturen.

Der Kältemitteldampf wird im Verdichter der Wärmepumpe unter Einsatz elektrischer Energie verdichtet, um die Wärme auf ein nutzbares Temperaturniveau anzuheben. Die so gewonnene Wärme wird über einen Wärmetauscher an den Heizkreislauf bzw. ein Wärmenetz weitergegeben. Der Kältemitteldampf wird durch ein Expansionsventil entspannt und wieder dem Kreislauf hinzugefügt.

Der Wirkungsgrad einer Wärmepumpe bezogen auf die eingesetzte elektrische Energie beschreibt der Coefficient of Performance (COP), welcher auf empirischen Ansätzen beruht und nur im Auslegungspunkt erreicht wird. Im tatsächlichen Betrieb ergibt sich die sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ) als Quotient aus erzeugter Wärme zu eingesetzter elektrischer Energie als Äquivalent zum Wirkungsgrad der Wärmepumpe. Die Jahresarbeitszahl hängt stark von Quell- und Zieltemperatur ab. Je höher die Quelltemperatur und je niedriger die Zieltemperatur, desto höher die Jahresarbeitszahl und umgekehrt.

Eine monovalente (alleiniger Erzeuger) Luft-Wasser-Wärmepumpe erreicht mit der in der relevanten Heizperiode geringen Quelltemperatur lediglich eine JAZ von ca. 3. Somit werden aus einer kWh elektrischer Energie ca. 3 kWh thermische Energie erzeugt. Die weiteren 2 kWh werden von der Umweltwärmequelle bezogen. Bei gleicher Zieltemperatur erreicht hingegen eine Wärmepumpe mit Geothermie oder Abwasser als Umweltwärmequelle eine Jahresarbeitszahl von ca. 4.

Potenzial Luftwärmepumpen

Die Stadt Konstanz ist von milden Wetterbedingungen gekennzeichnet. Dies schafft günstige Bedingungen für den Einsatz von Luftwärmepumpen. Der Betrieb von Luftwärmepumpen ist i. d. R. ab einer Außentemperatur von ca. 5 °C effizient möglich. Bei kälteren Temperaturen sinkt die Effizienz der Wärmepumpe und es werden entsprechend größere Strommengen zur Wärmebereitstellung benötigt.

Das Potenzial der Außenluft als Umweltquelle ist im Prinzip unbegrenzt. Es ist jedoch zu prüfen, welcher Anteil der Wärmeversorgung effizient (bei Temperaturen unter 5 °C) zur Verfügung gestellt werden kann. Abbildung 27 stellt die absolute Anzahl der Tage dar, an denen die durchschnittlichen Temperaturen in Konstanz den Wert von 5°C überschritten haben (Daten aus dem Jahr 2020). Es zeigt sich, dass zwischen April und Oktober an fast allen Tagen 5 °C im Schnitt erreicht werden und somit eine effiziente Wärmebereitstellung möglich ist. In den kalten Monaten der Heizperiode ist dies jedoch nicht gegeben.

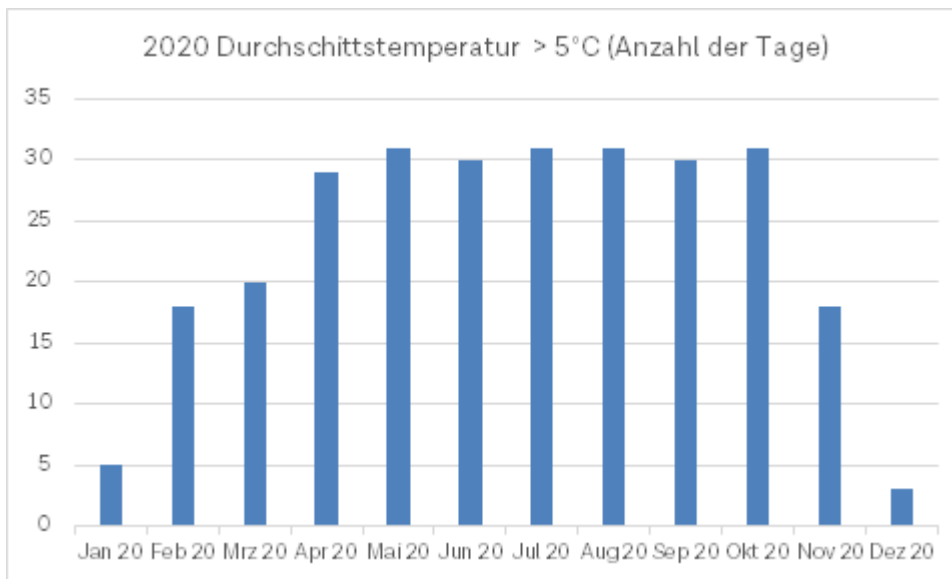


Abbildung 27: Anzahl der Tage mit der Durchschnittstemperatur über 5°C

Abbildung 28 zeigt die Anzahl Tage, an denen die Außentemperatur aller Stunden die 5 °C überschritt. Es zeigt sich, dass dies von Juni bis September jeweils an allen Tagen der Fall war, während insbesondere von November bis März an ca. 150 Tagen die Temperatur zumindest zeitweise unter den 5 °C lag.

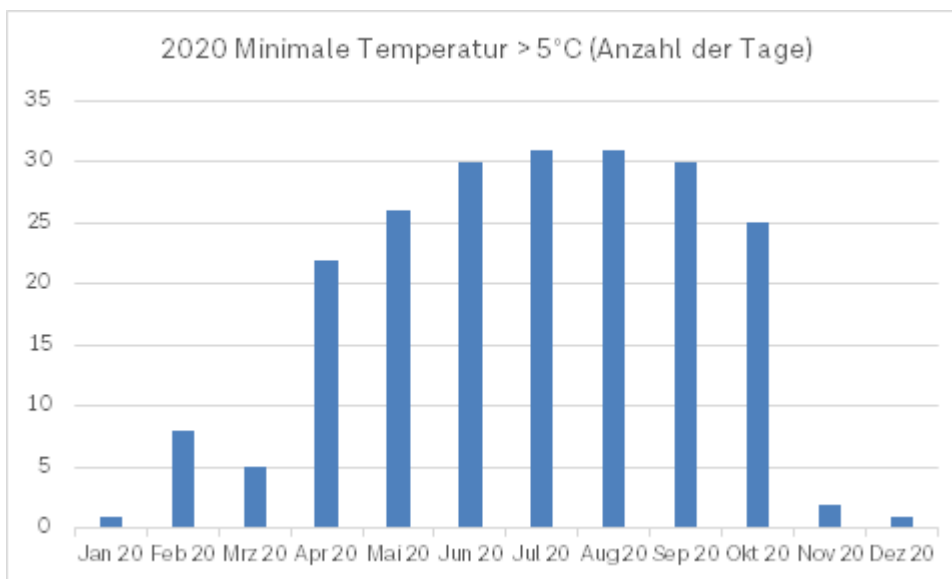


Abbildung 28: Anzahl der Tage mit der Mindesttemperatur über 5°C

Das Potenzial der Außenluft ist im Prinzip nach oben frei skalierbar und insbesondere dezentral – ohne alternative Umweltwärmequellen – eine gut geeignete Möglichkeit zur nachhaltigen Wärmeversorgung. Da sich die Effizienz jedoch antizyklisch zum Wärmebedarf verhält (hohe Bedarfe bei geringen Effizienzen im Winter und umgekehrt im Sommer), sollte jeweils geprüft werden, ob die Wärmequelle mit anderen Technologien kombiniert werden kann, die eine bessere Effizienz bei kalten Außentemperaturen aufweisen.

Ein weiterer Parameter, der bei der Planung von Luftwärmepumpen zu berücksichtigen ist, ist der Platzbedarf für den Außenteil (Ventilator) der Wärmepumpe.

Potenzial Geothermie

Bei der Nutzung der Erdwärme kommen drei Nutzungsformen in Frage:

- Offenes System
- Geschlossenes System (Erdsonden)
- Erdkollektoren

In offenen Systemen werden i. d. R. mehrere Entnahme- und Injektionsbrunnen gebohrt, die Wasser aus einem Grundwasserleiter nach oben befördern, wo dem Wasser Wärme entzogen wird. Anschließend wird das abgekühlte Wasser wieder in den Boden eingeleitet. Die Bohrtiefe der Brunnen ist dabei abhängig von der Lage eines Grundwasserleiters. Da in den öffentlich zugänglichen Katastern keine Grundwasserleiter im Quartier zu entnehmen sind, wird diese Möglichkeit nicht weiter betrachtet.

Alternativ kann dem Erdreich Wärme über Erdsonden entzogen werden. Diese werden als U-Sonden ausgeführt und bei einem Bohrdurchmesser von ca. 12 cm i. d. R. ca. 50 bis 150 m tief gebohrt. Um die Wärme zu entziehen, wird Wasser oder ein Glykol-Wasser-Gemisch (Sole mit Frostschutz) durch die Sonden geleitet. So können dem Erdboden ganzjährig konstante Temperaturen von ca. 8 bis 12 Grad entzogen werden. Entscheidend für die Bewertung des oberflächennahen geothermischen Potenzials ist die über die Bohrtiefe gemittelte Entzugsleistung der Sonden in W/m, die von der Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes, der Auslegung der Wärmepumpe (Austrittstemperatur des Wärmeträgermediums aus der WP) und den Betriebsstunden abhängig ist. Im Folgenden werden die Parameter kurz erläutert und Annahmen für verschiedene Szenarien getroffen.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit des Bodens ist einer der entscheidenden Faktoren, welcher die finale Entzugsleistung und den Energieertrag einer Erdsonde bestimmt. Divergierende Bodenstrukturen, vorhandene Grundwasserleitungen und andere objektive Umstände wirken auf den Wert der Wärmeleitfähigkeit. Südliche Regionen Deutschlands insgesamt und das Quartier insbesondere zeichnen sich durch relativ hohe Wärmeleitfähigkeit und günstige Bedingungen für den Entzug der Erdwärme aus.

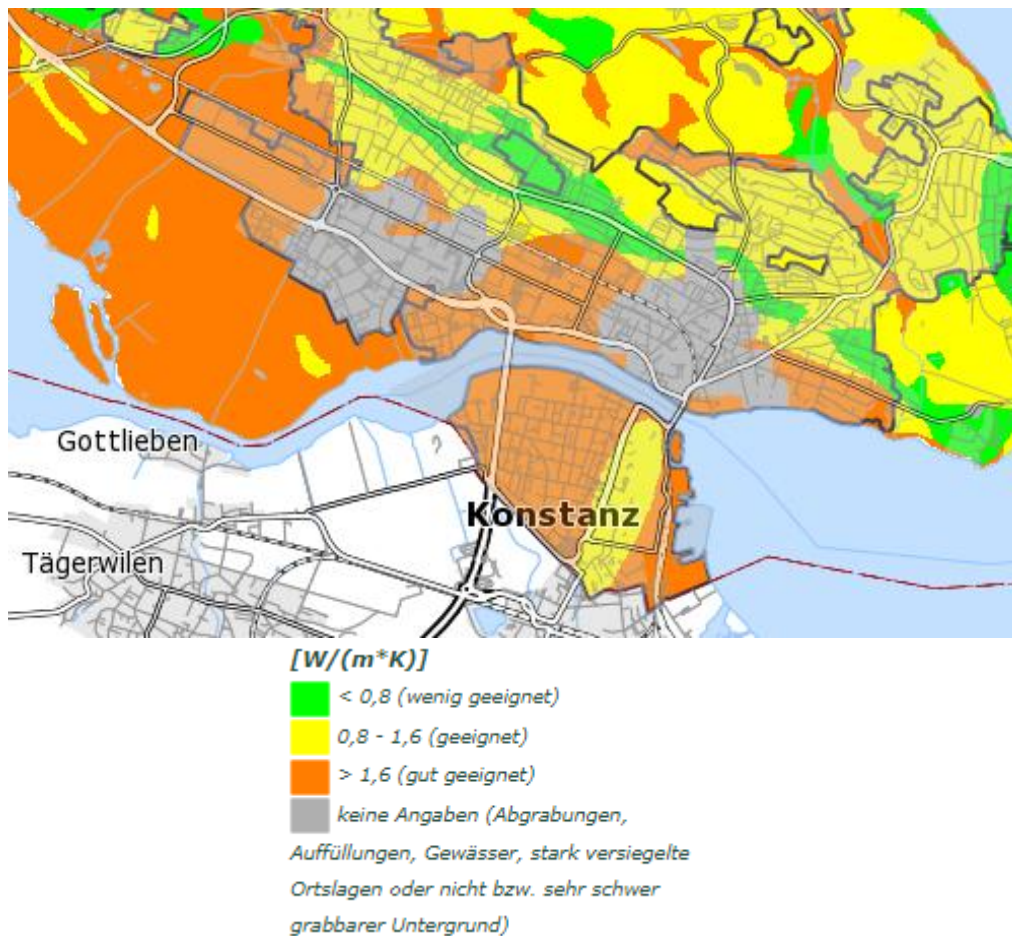


Abbildung 29: Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens
(Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, 2021)

Anhand der Daten aus dem öffentlich zugänglichen Wärmekataster (s. Abbildung 29) ist festzustellen, dass die Wärmeleitfähigkeit der lokalen Bodenstruktur sich im Bereich 1,6 W/m*K und höher bewegt. Einzelne Bohrungen in der Nähe des Quartiers weisen den Wert um 2 W/m*K auf. Daher wurde die Wärmeleitfähigkeit zur Bewertung des Potenzials zwischen 1,6 und 2 W/m variiert.

Abstand

Die übliche Distanz zwischen den Erdsonden beträgt zwischen sechs und zehn Meter. Je schlechter die Wärmeleitfähigkeit des Bodens und je größer das Erdsondenfeld, desto größer sollten die Abstände gewählt werden, damit sich die Sonden gegenseitig nicht beeinflussen. Da aktuell keine genaueren Daten als das öffentliche Kataster bzgl. der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds vorliegen und bei einer zentralen Wärmeversorgung von einem vergleichsweise großen Erdsondenfeld auszugehen ist, wurde der Abstand mit den Werten 10 und 20 m variiert.

Fläche

Im Quartier kommen verschiedene Flächen für eine geothermische Nutzung in Frage. Insbesondere bei der Versorgung des Neubauareals ist die Fläche des Verkehrslandeplatzes zu berücksichtigen. Hierbei kann technisch sowohl die unbebaute als auch die zukünftig bebaute Fläche unter den Gebäuden genutzt werden.

Darüber hinaus wären auch weitere Parkplatz-, Lager- und Freiflächen nutzbar, die in Abbildung 30 dargestellt werden. Die Flächen wurden in einer vorläufigen, satellitenbildbasierten Prüfung ermittelt und bedürfen einer weitergehenden Prüfung insbesondere in Bezug auf ihre bisherige ggf. in Konkurrenz stehende Nutzung (z. B. erforderliche Baumfällungen, Gärten). Die gesamte Fläche des theoretisch für die Erdsonden geeigneten Flächen beträgt damit ca. 176.000 m².



Abbildung 30: Übersicht des geothermischen räumlichen Potenzials im Projektgebiet

Betriebsstunden

Weiteren Einfluss auf das Potenzial eines Erdsondenfelds haben die Betriebsstunden. Wird dem Sondenfeld zur Brauchwarmwassernutzung ganzjährig Wärme entzogen, sind ca. 2.100 Vollbenutzungsstunden (VBH) realisierbar. Wird die Wärme lediglich zur Gebäudebeheizung im Winter und in den Übergangszeiten entzogen, können i. d. R. nur etwa 1.800 VBH erreicht werden. Auch diese beiden Ausprägungen wurden in der Potenzialbetrachtung variiert.

Zur Potenzialbetrachtung wurden die Parkplatz-, Frei- und Lagerflächen für das gesamte Industriegebiet in zwei Szenarien und die Fläche des Neubauareals Grubwiesen bzw. des Verkehrslandeplatzes in drei Szenarien bewertet. Dabei wurden die folgenden Parameter berücksichtigt:

- Parkplatz-, Frei- und Lagerflächen Industriegebiet
 - Szenario min
 - 50 % der vorhandenen Fläche
 - Wärmeleitfähigkeit: 1,6 W/mK
 - Großer Sondenabstand: 20 m
 - Geringe Betriebsstunden: 1.800 h
 - Szenario max
 - 100 % der vorhandenen Fläche
 - Wärmeleitfähigkeit: 2 W/mK
 - geringerer Sondenabstand: 10 m
 - hohe Betriebsstunden: 2.100 h

- Verkehrslandeplatz Neubauareal Grubwiesen
 - Szenario min
 - Unbebaute Fläche des Verkehrslandeplatzes
 - Wärmeleitfähigkeit: 1,6 W/mK
 - Großer Sondenabstand: 20 m
 - Geringe Betriebsstunden: 1.800 h
 - Szenario mittel
 - Gesamte Fläche des Verkehrslandeplatzes
 - Wärmeleitfähigkeit: 1,8 W/mK
 - geringerer Sondenabstand: 15 m
 - hohe Betriebsstunden: 1.800 h
 - Szenario max
 - Gesamte Fläche des Verkehrslandeplatzes
 - Wärmeleitfähigkeit: 2 W/mK
 - geringerer Sondenabstand: 10 m
 - hohe Betriebsstunden: 2.100 h

Es ergeben sich somit Umweltwärmemengen von 0,8 GWh p.a. bis 11,6 GWh p.a. auf den sonstigen Parkplatz-, Frei- und Lagerflächen sowie 0,7 bis 12,8 GWh p.a. auf dem Verkehrslandeplatz.

Genehmigungsaspekte

Die Nutzung der geothermalen Energie mit dem Zweck der Wärmeerzeugung ist im Quartier grundsätzlich möglich. Dies ergab sich aus dem Gespräch mit dem zuständigen Ansprechpartner Herrn Kuppel vom Landratsamt Konstanz (Amt für Baurecht und Umwelt).

Während der Installation der Erdsonden sind allerdings einige Parameter zu beachten. Dazu gehören die folgenden Aspekte:

- Probebohrung und Geothermal Response Test: Bei Anlagen über 30 kW ist min. eine Probebohrung zu errichten (diese kann später als Teil des Erdsondenfelds genutzt werden) und ein Geothermal Response Test durchzuführen. Für Anlagen über 100 kW ist eine thermodynamische Modellierung des Untergrunds vorzunehmen, die die Auswirkungen der Anlage zeigt.
- Grundwasserspiegel: Durch die direkte Nähe des Quartiers zur Bundeswasserstraße Rhein sind erhebliche Wasserspiegelsteigerungen im Worst-Case-Szenario zu berücksichtigen. Das gesamte Quartier lässt sich als hochwassergefährdeter Bereich bezeichnen. Dementsprechend müssen die Erdsonden bereits während der Planungsphase mit den entsprechenden Schutzanlagen ausgestattet werden.
- Artesische Brunnen: Vor der direkten Installation der Erdsonden ist die Anwesenheit der artesischen Brunnen unter dem Grundwasserspiegel zu überprüfen. Die bisher durchgeführten Untersuchungen sprechen von vorhandenen artesischen Quellen in den östlichen Stadtbezirken von Konstanz, die außerhalb des Quartiers liegen. Auch die Daten der öffentlich zugänglichen Kataster sprechen von einer geringen Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von solchen Quellen. Allerdings muss eine separate Untersuchung durchgeführt werden, um die Anwesenheit der entsprechenden Wasserquellen direkt unterhalb der Erdsonden vollkommen auszuschließen.
- Wasserschutzgebiet: Die für die Erdsonden theoretisch geeignete Fläche liegt außerhalb des Wasserschutzgebietes am westlichen Rande der Konstanzer Agglomeration.
- Bohrtiefe bis 200 m ist grundsätzlich zugelassen.
- Gasaustritte: Vor der Installation der Erdsonden sind Monitoringmaßnahmen bezüglich möglicher Gasaustritte (Tiefe > ca. 85 m) durchzuführen. Die Wahrscheinlichkeit solcher Austritte im Quartier wird aktuell als eher gering bewertet.

Als dritte geothermische Nutzung kommen Erdkollektoren in Frage. Anders als Erdsonden und offene Systeme wird hier nicht in die Tiefe gebohrt, sondern Kollektoren werden auf wenigen Metern in der Fläche verlegt. Hierdurch entsteht gegenüber Erdsonden ein deutlich höherer Flächenbedarf, um die gleiche Leistung bereitzustellen. Weiterhin unterliegen Erdkollektoren gegenüber Erdsonden deutlich größeren Einflüssen durch die Solareinstrahlung, sodass die Entzugstemperatur im jahreszeitlichen Verlauf schwankt und im Winter niedriger als im Sommer ist.

Da Erdkollektoren auf die Regeneration des Erdbodens durch Solareinstrahlung angewiesen sind, kommen hierfür nur nicht überbaute Flächen und somit die freibleibende Verkehrslandfläche von ca. 67.000 m² in Frage. Da über die höheren Bodenschichten nichts bekannt ist, werden hierfür verschiedene Untergrundarten von trocken über bindig bis wassergesättigt und somit Wärmeleitfähigkeiten von 10 bis 40 W/m² in der Potenzialbewertung berücksichtigt. Variiert man außerdem wieder die Betriebsstunden zwischen 1.800 und 2.100 Vollbenutzungsstunden, ergibt sich ein Potenzial von 1,2 bis 5 GWh im Jahr.

Biomasse

Derzeit wird der maßgebliche Anteil der erneuerbaren Wärme (86,5% in 2019) unter Einsatz von Biomasse erzeugt (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2019). Durch vielfältige Einsatzmöglichkeiten kann Biomasse einen wichtigen Beitrag zur Treibhausgas-Reduktion in allen Energiesektoren liefern. Neben der aktuell dominierenden Bereitstellung von Niedertemperaturwärme zur Gebäudeheizung ist mittel- bis langfristig auch eine hohe Nachfrage in anderen Bereichen zu erwarten. Dazu gehören biogene Grundstoffe in der chemischen Industrie, der Flug- und Luftverkehr sowie die Industrie zur Bereitstellung von Prozesswärme auf hohem Temperaturniveau.

Demgegenüber steht ein begrenztes Potenzial an nachhaltiger Biomasse, welches eine Priorisierung des Biomasseeinsatzes unausweichlich macht. Die schlechte Flächeneffizienz beim Anbau von Biomasse erlaubt dabei keine nennenswerte Steigerung der verfügbaren Ressourcen. Es ist daher wichtig zu entscheiden, in welchem Umfang und in welchen Anwendungen die Biomasse als knappe Ressource im Wärmesektor eingesetzt werden sollte. Die Ergebnisse verschiedener Energiesystemstudien zeigen dabei, dass Biomasse aus systemischer Sicht am kostengünstigsten für die industrielle Prozesswärme oder Herstellung von Biogas eingesetzt werden sollte.

In Biomassefeuerungsanlagen werden im Regelfall standardisierte Brennstoffe wie Pellets oder Holzhackschnitzel eingesetzt. Eine besonders nachhaltige Option der biomassebasierten Wärmeerzeugung besteht darin, stattdessen lokal anfallende Reststoffe wie Grünschnitt oder Rest- und Altholz aus der Holzverarbeitung oder Logistik zu verwenden. Auf diese Weise entfällt im Idealfall ein Großteil der mit Lieferverkehr und Verarbeitung verbundenen Emissionen.

Die Investitionskosten für Biomassekessel können sehr unterschiedlich ausfallen. Während mit Biomethan befeuerte Kesselanlagen bei ca. 80 €/kW liegen, fallen die Kosten für feste Biomasse-Anlagen deutlich höher aus. In Abhängigkeit der konkreten Ausführung (z. B. Art der Biomasse, Förderung, Art der Aufstellung) und der benötigten ergänzenden Komponenten wie Kaminanlage und elektrische Einbindung liegen die Kosten zwischen 400 und 600 €/kW.

Thermische Seewassernutzung

Gewässer wie Meer-, Fluss oder Seewasser können zum Betrieb einer Wärmepumpe genutzt werden. Dabei wird im Gewässer entweder ein Wärmetauscher verbaut, der die Wärme entzieht oder eine Versorgungsleitung verbaut, die Wasser bis zu einem Wärmetauscher an Land fördert. In beiden Fällen wird die Wärme an ein Kühlmittel abgegeben, welches verdampft und in der Wärmepumpe zu nutzbarer Wärme im Temperaturbereich von 35 – 65 °C angehoben wird.

Bei der Ausführung der Wärmepumpe und der zugehörigen Komponenten wie Wärmetauscher ist darauf zu achten, dass das Wasser vor der Nutzung zur Wärmeversorgung gefiltert werden muss, um zu vermeiden, dass Lebewesen oder Pflanzen in die Anlagentechnik geraten. Außerdem sollten Wärmetauscher selbstreinigend ausgeführt werden, um ein Zusetzen der wärmeübertragenden Flächen zu vermeiden, damit die Leistungsfähigkeit langfristig erhalten bleibt. Diese Vorkehrungen führen zu höheren spezifischen Kosten der Wärmepumpe im Vergleich zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe.

Der Bodensee ist unterteilt in Ober- und Untersee, welche über den Seerhein miteinander verbunden sind. Die Stadt Konstanz umschließt die Mündung des Obersees zum Seerhein mit den Stadtteilen Petershausen, Altstadt und Paradies. Das Industriegebiet grenzt im Süden an den Seerhein (s. Abbildung 31 und Abbildung 33).



Abbildung 31: Übersicht Gewässerstruktur Konstanz

Der Bodensee wird von der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) überwacht, welche aus den Anrainerstaaten des Bodensees besteht. Die Kommission kümmert sich um den Bodenseezustand und erstellt Empfehlungen für die Mitgliedstaaten sowie Maßnahmen, wenn Verunreinigung zu Stande kommen sollten. Des Weiteren wurde 2005 die Bodenseerichtlinie erlassen, welche Themen wie Abwasser, wassergefährdende Stoffe oder Schifffahrt regelt. Seit 2014 sind in Kapitel 5 die Rahmenbedingungen für die thermische Nutzung des Bodensees festgelegt. Dabei gilt, dass eine Entnahme zwischen 0 und 40 m und eine Rückgabe zwischen 20 bis 40 m Tiefe erfolgen muss. Dabei darf die Rückgabe höchstens 20 °C beim Kühlen mittels Bodenseewasser betragen. Des Weiteren ist eine Mischungszone definiert mit 20 auf 20 Meter horizontal und 10 Meter vertikaler Ausdehnung, in deren Zentrum die Wasserrückgabe stattfindet. Außerhalb dieser Mischungszone muss die Temperaturdifferenz im Vergleich zwischen Wärmentzug und ungestörtem Zustand kleiner 1 Kelvin entsprechen. Weiterhin sind Anlagen mit einer Leistung kleiner 200 kW zu vermeiden und es ist darauf zu achten, von Trinkwasserentnahmestellen einen Abstand je nach Anlagengröße von 500 bis 1000 m zu halten. Die

thermische Seewassernutzung ist nur über einen Zwischenkreislauf erlaubt, sodass eine Kontaminierung des Seewassers mit dem Kältemittel der Wärmepumpe in jedem Fall vermieden wird.

Für das Industriegebiet wurde das Potential anhand der geltenden Regeln der Bodenseerichtlinien ermittelt. Die Entnahme und Rückgabe sind im Bereich der Schänzlebrücke aufgrund der vorhandenen Tiefe zur Rückgabe von 24 m möglich (s. Abbildung 32). Weitere Restriktionen sind in einer Einzelfallprüfung zu untersuchen.

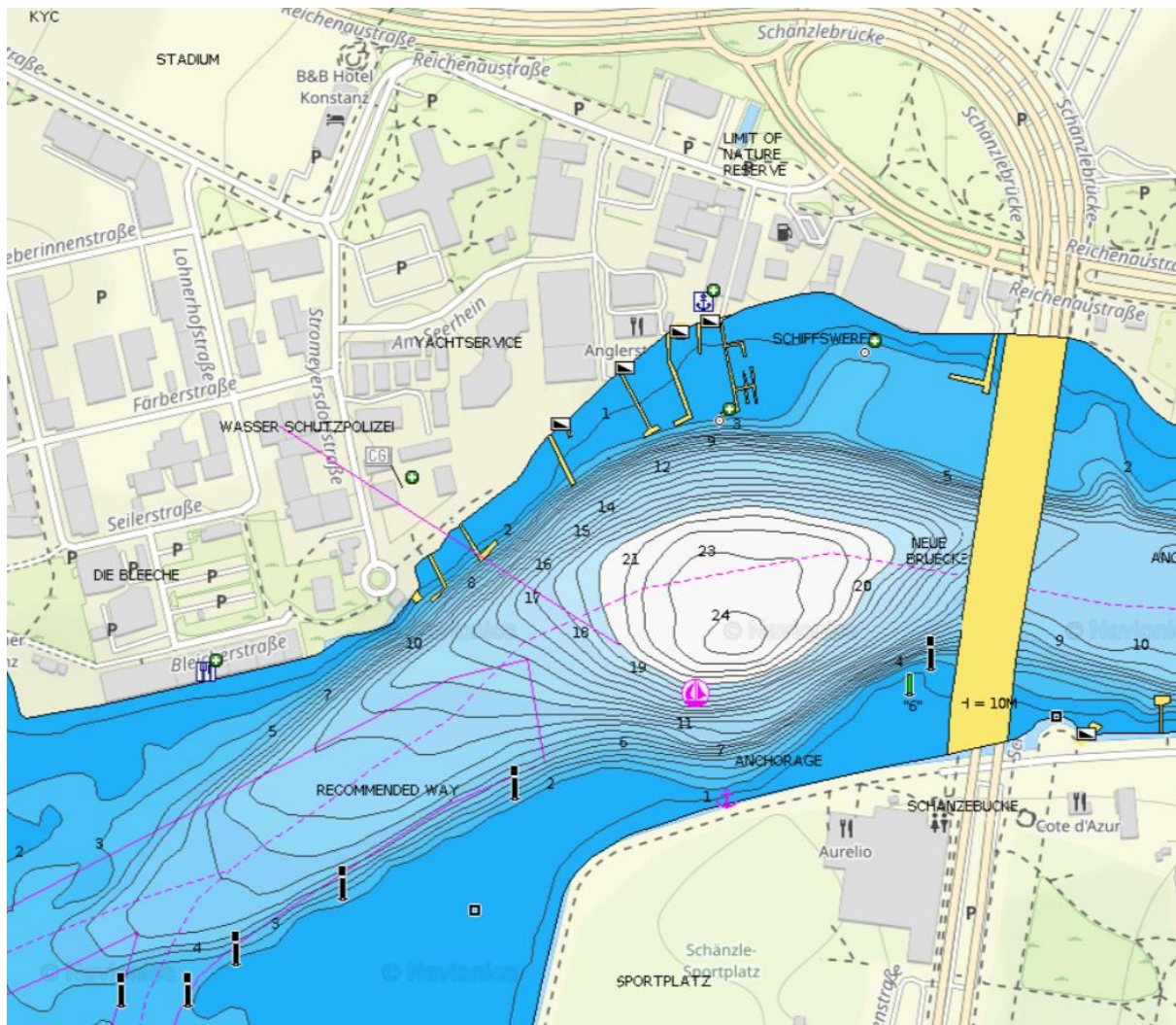


Abbildung 32: Tiefenlinien des Seerheins
(Navionics S.r.l., 2021)

Das Potential wurde mittels der Vorgabe zur Mischungszone errechnet, da die Temperaturänderung außerhalb dieser nicht mehr als ein Kelvin betragen darf. Es wurde eine Fließgeschwindigkeit von 10 cm/s angenommen, womit die Mischungszone 18-Mal pro Stunde durchflossen wird. Durch Entnahme aus der Mischungszone ist es möglich dem Wasser eine Wärmemenge von 251 GWh/a zu entziehen, welche über die Wärmepumpe auf ein brauchbares Temperaturniveau angehoben wird. Dabei kann je nach Jahresarbeitszahl die Abwärme des Verdichtungsprozesses, somit die aufgewendete elektrische Energie dazugerechnet werden, womit der Wärmeertrag bei einer JAZ von 3,5 auf 352 GWh/a steigt.



Abbildung 33: Potenzialgebiet zur thermischen Nutzung des Seerheins

Das technisch nutzbare Potenzial des Seerheins übersteigt zwar den Wärmebedarf des Industriegebiets bilanziell deutlich, wirtschaftlich nutzbar ist aber auf Grund von benötigter Anlagentechnik und Verteilungsnetz nur ein gewisser Anteil. Im Folgenden wird daher der Ortsteil Stromeyersdorf als Potenzialgebiet in direkter Nähe zum Seerhein betrachtet (s. Abbildung 33).

Ausgehend vom Energienutzungsplan (siehe Abbildung 10) verfügt das Potenzialgebiet voraussichtlich über eine ausreichend hohe Wärmedichte für eine zentrale Versorgung. Aus den Daten des Energienutzungsplan kann der Bedarf des eingegrenzten Areals mit ca. 6,6 GWh im Jahr abgeschätzt werden. Für eine zentrale Versorgungslösung wird eine Anschlussquote von 80 % angenommen. Es könnten somit ca. 5,8 GWh im Jahr durch eine Wärmepumpenlösung ersetzt werden.

3.2 Abwärmepotenziale

Industrielle Abwärme

Abwärme, die in Folge von industriellen Prozessen entsteht, kann zur Wärmeversorgung anliegender Gebäude und Quartiere verwendet werden. Dabei ist das Temperaturniveau der zur Verfügung stehenden Abwärme relevant, da ggf. eine Temperaturerhebung mittels Wärmepumpe zwischengeschaltet werden muss. Das konkrete Abwärmepotenzial ist stark prozess- und anwendungsabhängig und lässt sich somit nur begrenzt überschlägig bewerten. Hierfür erfolgte zunächst eine Recherche der ansässigen Unternehmen und Branchen. In Frage kommende Nutzungen wie verarbeitendes Gewerbe

(Lebensmittelherstellung, Baustoffverarbeitung etc.) und (gekühlte) Logistik wurden anschließend mit Literaturkennzahlen für Abwärmefaktoren verrechnet. Die Auswertung des Abwärmepotenzials erfolgt anhand des WZ-Schlüssels und dem damit verbundenen Abwärmefaktor. Der WZ-Schlüssel weist jedem Unternehmen seinen jeweiligen Wirtschaftszweig zu. Der Abwärmefaktor ist eine empirisch ermittelte Größe, die auf der Diplomarbeit von Sarah Brückner mit dem Titel „Industrielle Abwärme in Deutschland“ basiert. Der Abwärmefaktor gibt demnach die entstehende Abwärme je Brennstoffverbrauch wieder. Supermärkte sind kein produzierendes Gewerbe, weisen jedoch einen hohen Kältebedarf auf, um die Lebensmittel zu kühlen. Der Kältebedarf der Supermärkte wurde mit einem spezifischen Kältebedarf von $219 \text{ kWh/m}^2_{\text{Verkaufsfläche}}$ ermittelt und zu gleichermaßen als Abwärme interpretiert (Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft, 2010). Die Annahmen wurden teilweise durch Telefonate und Vorort-Begehungen der Unternehmen plausibilisiert und ergänzt (s. hierzu auch Kapitel 3.6).

Somit konnten die in Tabelle 12 aufgelisteten Unternehmen und Abwärmepotenziale ermittelt werden. Das vorläufig ermittelte Abwärmepotenzial im Quartier beträgt 10 GWh im Jahr. Das konkrete Potenzial ist in Einzelfalluntersuchungen genauer zu betrachten und detaillierter zu bewerten.

Tabelle 12: Beispiele von Abwärmepotenzial der örtlichen Industrie und Gewerbe

Name	Potential	Straße	WZ-Schlüssel	Abwärmefaktor	Abwärmeenergie [MWh/a]
Agrana Fruit Germany	hoch	Lilienthalstraße 1			5.200
INGUN Prüfmittelbau	hoch	Max-Stromeyer-Str. 160	27	0,31	255
THE PLANT	hoch	Byk-Gulden Straße 2	20	0,09	1.298
Südkurier Medienhaus/ Druckerei	hoch	Max-Stromeyer-Str. 178/180	18	0,03	1.000
Betonwerk Konstanz GmbH	hoch	Carl-Benz-Straße 7	23	0,15	
Bedifol GmbH	hoch	Byk-Gulden-Straße 2	22	0,17	8
Aldi	mittel	Oberlohnstraße 7	47		291
Kaufland	mittel	Carl-Benz-Straße 22	47		1.258
Norma	mittel	Carl-Benz-Straße 5	47		221
REWE	mittel	Max-Stromeyer-Str. 55	47		271
Lidl	mittel	Max-Stromeyer-Str.15	47		199
Gesamtpotenzial					10.001

Potenzial durch Abwasserkanäle

Die Nutzung der Wärme aus der öffentlichen Kanalisation bietet den besonderen Vorteil, dass große Abwassermengen und die damit einhergehenden großen Wärmemengen genutzt werden können. Je nach Art der Abwasserleitung kann der nachträgliche Einbau von Wärmetauschsystemen zu einer Reduzierung des Fließquerschnitts führen. Grundsätzlich gilt es die eintretende Reduzierung der Abwassertemperatur und weitere Eingriffe zu berücksichtigen und mit den Netzbetreibern abzusprechen, sodass die zuständige Kläranlage nicht in ihrem täglichen Betrieb gestört wird. Besonders die biologischen Reinigungsprozesse werden von sinkenden Abwassertemperaturen negativ beeinflusst, da hiervon die Wachstumsrate der Bakterien abhängt und somit auch die Reinigungsqualität. Augenmerk sollte zudem auf dem Wiedererwärmungseffekt durch Umgebungswärme gelegt werden, da sich Anlagen in erhöhter Distanz weniger stark auf die Temperatur auswirken als Anlagen unmittelbar vor der Kläranlage.

Für die Abwasserwärmenutzung wird eine Mindestwassermenge von ca. 10 l/s bis 15 l/s benötigt. Als Orientierungswert wird der Mittelwert bei Trockenwetter angenommen (DWA, 2020).

Aufgrund der verschiedenen Arten der Beförderung von Abwasser haben sich auch unterschiedliche Wärmetauscher entwickelt. Bei Abwasserkanälen mit Gefälle werden oftmals nachträglich Wärmetauschsysteme auf der Sohle des Kanals eingebaut, die vom Abwasser überströmt werden. Bei einem Neubau oder einer Instandsetzung können auch Teilstücke mit einem bereits werkseitig verbauten Wärmetauschsystem verwendet werden. Das System kann sowohl innen als auch außen liegen. Bei einer nachträglichen Ausrüstung eines Druckrohres kann um das Mediumrohr ein Mantelrohr gelegt werden. Durch letzteres wird im Gegenstromprinzip Wasser gefördert und durch die Zu- und Abläufe zu einer Wärmepumpe gefördert. Diese Variante hat den Vorteil, dass diese Ausbaumaßnahme während des Betriebes stattfinden kann und die gesamte Oberfläche des Mediumrohrs genutzt wird. Hinzu kommt, dass kein Einfluss auf den Fließquerschnitt genommen und lediglich die Abwassertemperatur gesenkt wird. Zu erwähnen sind jedoch auch die im Vergleich zu innenliegenden Wärmetauschern niedrigeren Entzugsleistungen.

Im Energienutzungsplan sind auf Grund ihres Durchflusses von 10-15 l/s für eine energetische Nutzung interessante Abwasserkanäle und ihr Einzugsgebiet aufgezeigt (s. Abbildung 34).

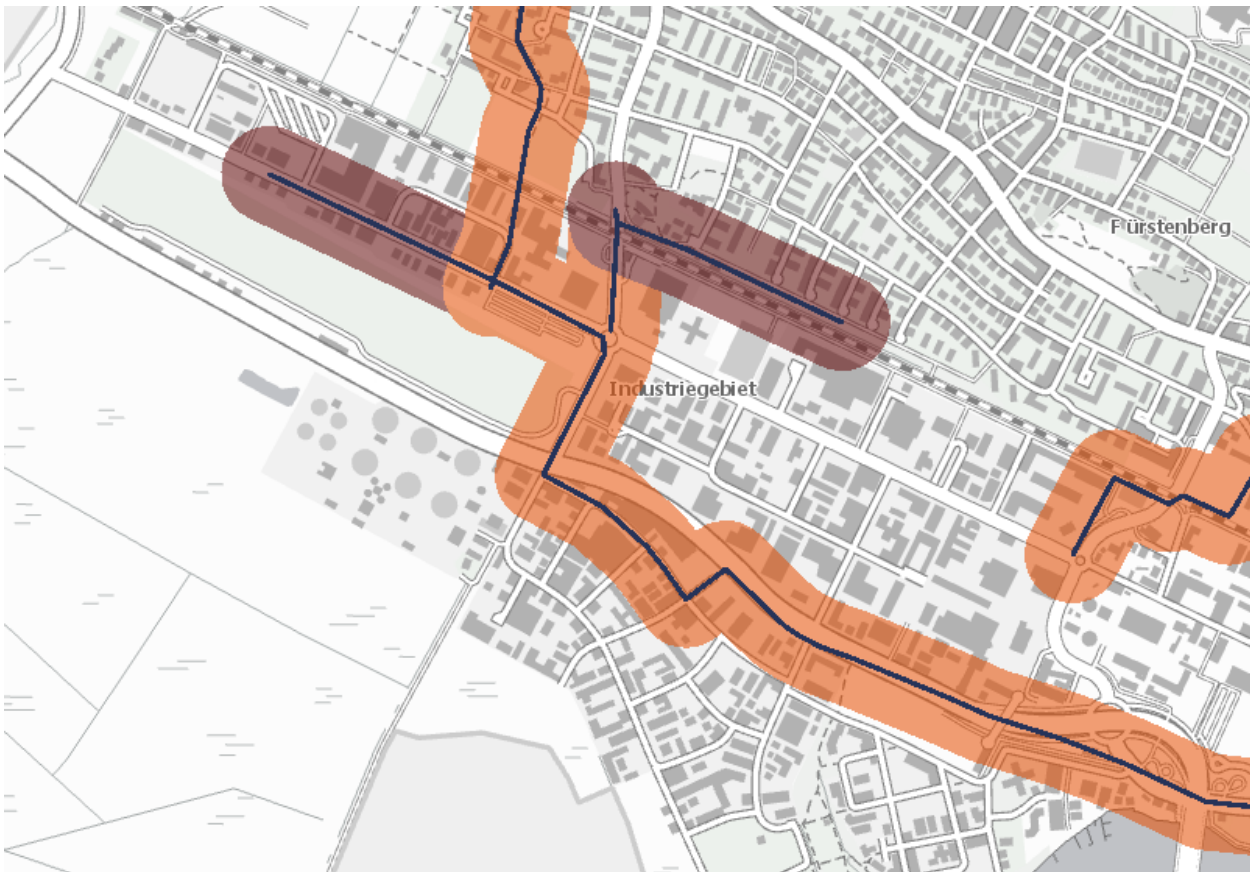


Abbildung 34: Abwasserpotenzial und Einzugsgebiet lt. Energienutzungsplan
(Durchflussmenge 10 (rot) bzw. 15 (orange) l/s)

Im Stadtgebiet Konstanz werden bereits verschiedene Abwasserwärme-Projekte geplant bzw. umgesetzt, drei davon auch im Stadtteil Industriegebiet bzw. angrenzend:

- Reichenaustraße: Umsetzung eines Wärmetauschers bei Kanaldimensionen von DN 1600 mit Wärmeleistung von 300 kW und Kühlleistung von 500 kW. Inbetriebnahme 2021, Testbetrieb bis Oktober 2021
- Brückenquartier: weitere 600 kW geplant
- Im direkt benachbarten Ortsteil Petershausen: im Bückleareal ist für Neubauten ein Wärmetauscher mit 500 kW mit Inbetriebnahme ab 2024 in Planung

Weiteres Abwärmepotenzial im Zulauf der Kläranlage wird durch die in der Biologie benötigte Temperatur beschränkt. Wird die Temperatur zu stark abgesenkt, muss in der Kläranlage entsprechend nachgeheizt werden, um die Bioprozesse in der erforderlichen Qualität aufrecht zu erhalten. Die im Zulauf nicht zu unterschreitende Grenztemperatur benennen die Entsorgungsbetriebe (EBK) als Betreiber der Kläranlage mit 12 °C. Die Unterschreitung dieses Werts tritt bislang vor allem in den Wintermonaten Dezember bis März mit hohem Wärmebedarf auf. In den übrigen Monaten bestünde weiteres Potenzial zur Wärmeentnahme.

Werden dem mittleren Zulaufvolumen von ca. 1.500 m³/h (Mittelwert 2018 bis 2020) ganzjährig 2 K entzogen, ergäbe sich hiermit ein theoretisches Potenzial von ca. 32,6 GWh p.a. Beschränkt man das Potenzial auf eine Entzugsdauer von ca. 3.000 VBH einer Heizperiode, reduziert sich das Potenzial auf ca. 11,2 GWh p.a.

Das technisch nutzbare Potenzial konkreter Projekte ist in Abhängigkeit von Nenndurchmesser, Trockenwetterfall und Entfernung der Entnahmestelle zum Klärwerk zu prüfen. Je weiter eine Entnahmestelle vom Klärwerk entfernt liegt, desto eher besteht die Möglichkeit, dass das Abwasser bis zur Kläranlage wieder Temperatur aus der Umgebung aufnimmt und die Entnahme keine Auswirkungen auf die Biologie hat.

Neben dem Potenzial zur Wärmeentnahme bestehen Potenziale den Zufluss der Kläranlage als Wärmesenke zur Kühlung zu verwenden. Gibt man ganzjährig 3 K an das Abwasser ab, ergibt sich bei der durchschnittlichen Zulaufmenge von 1.500 m³/h ein Kühlpotenzial von ca. 48,9 GWh p.a. Beschränkt man das Potenzial auf eine Entzugsdauer von ca. 2.000 VBH einer sommerlichen Kühlperiode, reduziert sich das Potenzial auf ca. 11,2 GWh p.a.

Abwärme der Kläranlage

Im Westen des Quartiers liegt die Kläranlage der Stadt Konstanz, sodass eine Nutzung der Abwasserwärme (hauptsächlich aus geklärtem Abwasser) als Wärmequelle für das Quartier möglich ist. Die Kläranlage wird von den Entsorgungsbetrieben Stadt Konstanz (EBK) betrieben. Der öffentliche Betreiber und die grundlegende Entsorgungsaufgabe minimieren das Risiko, dass die Abwärmequelle zukünftig aufgrund sich verändernder Rahmenbedingungen entfallen könnte. Die Kläranlage ist mit 215.000 Einwohnerwerten die größte Anlage am Bodensee. Der jährliche Ablauf liegt bei ca. 14 Mio. m³ gereinigtem Abwasser.

Zur Nutzung der Abwasserwärme wird ein Wärmetauscher integriert, der vom Abwasser der Kläranlage durch- oder umspült wird. Dabei überträgt sich ein Teil der Wärme auf das im Wärmetauscher enthaltene Medium, das im Anschluss zur Wärmepumpe geleitet wird.

Sowohl aus technischer als auch aus energetischer Sicht empfiehlt sich die Wärmeauskopplung in der Kläranlage hinter der letzten Reinigungsstufe am Abschlagsbauwerk „Ablauf Kläranlage“. Die Position hat einerseits den Vorteil, dass die Temperatur im Vorlauf der Reinigungsprozesse im Klärwerk nicht reduziert wird und die biologischen Vorgänge in der Kläranlage ungestört erfolgen können. Zum anderen enthält das Abwasser im Ablauf deutlich weniger Verunreinigungen als vor der Kläranlage, was einen Vorteil für Betrieb und Wartung der Wärmetauscher darstellt.

Auch wenn der Wärmetauscher hinter der letzten Reinigungsstufe eingebaut wird, sind selbstreinigende Wärmetauscher gegenüber herkömmlichen Plattenwärmetauschern zu empfehlen, um das sogenannte Bio-Fouling zu vermeiden. Auch das gereinigte Abwasser enthält i. d. R. noch organische Bestandteile, die sich im Wärmetauscher absetzen und dessen Leistung herabsetzen würden.

In Abhängigkeit der verfügbaren Platzreserven und der Art der Abwasserleitungen kann der Wärmetauscher direkt in den Abwasserkanal der Kläranlage integriert werden oder es wird mittels T-Stücken und Bypass Abwasser aus dem Kanal entnommen und wieder eingeleitet.

Zur Potenzialabschätzung werden konkrete Daten des Abwassers und der Kläranlage angesetzt. Das Volumen des Ablaufs der Kläranlage lag 2018 bis 2020 im Tagesmittel bei ca. 1.500 m³/h. Nachts liegen die Werte deutlich darunter.

Es liegt eine Temperaturmessung in der Biologie vor, die 2018 bis 2020 im jahreszeitlichen Verlauf jeweils zwischen knapp unter 10 und knapp unter 25 °C schwankte (s. Abbildung 35). In Abstimmung mit den EBK wird angenommen, dass die Temperatur im Ablauf der Kläranlage etwa 2 K unter der der Biologie liegt. Für die Nutzung zur Raumbeheizung und Brauchwarmwasserbereitstellung wird das Temperaturniveau mittels Wärmepumpe und unter Einsatz von elektrischer Energie auf ein nutzbares Temperaturniveau von ca. 60 °C angehoben.

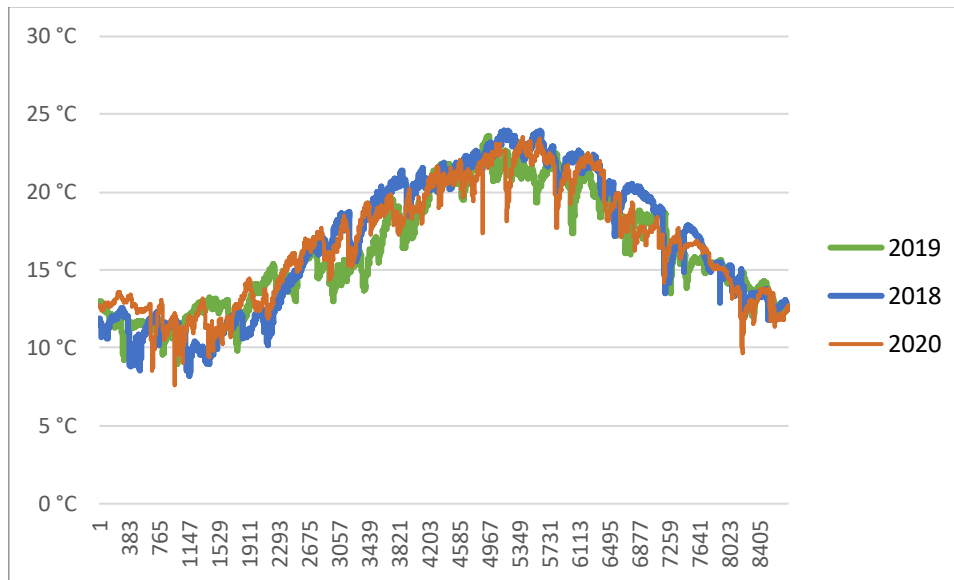


Abbildung 35: Temperaturmessung in der Biologie

Es werden zunächst eine Temperaturabsenkung des Abwassers um 3 bis 5 K angenommen. Damit wäre ein Wärmequellenpotenzial von ca. 48 bis 81 GWh im Jahr verfügbar.

Der benötigte elektrische Anteil der Wärmebereitstellung hängt sowohl von der Quelltemperatur der Abwasserwärme als auch von der benötigten Zieltemperatur im Wärmenetz ab. Grundsätzlich gilt, je höher die Quelltemperatur und je niedriger die Zieltemperatur, desto niedriger der elektrische Anteil und umso größer die sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ). Die JAZ stellt dabei den Quotienten aus Nutzenergie gegenüber der eingesetzten elektrischen Energie dar. Sie wird zunächst mit 4 angenommen. Damit ergibt sich ein zusätzlicher Strombedarf für die Wärmeerzeugung von ca. 16 bis 27 GWh. Die nutzbare Wärmemenge läge somit bei 64 bis 108 GWh im Jahr.

Optimierungspotenzial Wärmebedarf Klärwerk

Die Faultürme werden auf einem Temperaturniveau von ca. 40 °C betrieben. Hierfür wird Abwärme aus den Klärgas-BHKW mit ca. 70 bis 80 °C über Wärmetauscher eingebracht. Grundsätzlich würden hier auch geringere Temperaturen ausreichen, es müssten jedoch die Wärmetauscher entsprechend größer ausgelegt sein. Das benötigte Temperaturniveau von ca. 40 °C könnte sehr effizient über eine Abwasserwärmepumpe bereitgestellt werden. Die hochkalorische BHKW-Abwärme wäre dann frei und könnte z. B. zur Beheizung von benachbartem Gebäudebestand mit höheren Vorlauf-Temperaturen genutzt werden. Da die Wärmetauscher gerade ersetzt werden, ist eine entsprechende Umplanung jedoch erst nach Erreichen von deren Lebensdauer nach ca. 15 Jahren wirtschaftlich sinnvoll.

3.3 Kraft-Wärme-Kopplung

In Blockheizkraftwerken können Strom und Wärme im gekoppelten Prozess und somit effizienter als bei getrennter Erzeugung bereitgestellt werden. Hierbei wird die bei der Stromerzeugung abfallende Abwärme ebenfalls einer Nutzung zugeführt. Als Brennstoffe kommen hierbei neben Erdgas Biomethan aber auch synthetische Brennstoffe oder Wasserstoff in Frage.

Die sogenannte „innovative KWK“ oder „iKWK“ ist dabei ein Begriff aus dem Bereich der Fördermittel. Für Wärmenetze die KWK mit einem Anteil von mehr als 30 % erneuerbaren Energien kombinieren, ergeben sich im Rahmen des KWKG höhere Vergütungssätze als für die klassische KWK. Ein iKWK-System besteht dabei neben der KWK-Anlage aus einem elektrischen Wärmeerzeuger (z. B. Power-to-Heat-Modul) und einem erneuerbaren Wärmeerzeuger, z. B. Großwärmepumpen mit Umweltwärmequellen. Ziel der iKWK-Förderung ist insbesondere die Netzdienlichkeit für das Stromnetz. Somit ergeben sich verschiedene Vorgaben bei der Regelung der Anlagen. Im Fall der iKWK darf der erzeugte Strom nicht selbst genutzt werden, sondern wird dann bereitgestellt und eingespeist, wenn das Netz der öffentlichen Versorgung Bedarf meldet. Umgekehrt wird bei Stromüberschüssen im Netz das ergänzende PtH-Modul zugeschaltet. Die Wärme von BHKW, Wärmepumpe und PtH-Modul versorgen ein gemeinsames Wärmenetz.

Das Potenzial der KWK wird weniger durch das Energieangebot, sondern eher durch die Bedarfsstruktur bestimmt. Fehlen ausreichend erneuerbare Potenziale oder erfordern die nutzerspezifischen Anwendungen besonders viel Strom oder hohe Temperaturen als durch z. B. Wärmepumpen und Solarthermie effizient verfügbar gemacht werden können, können KWK-Konzepte mit zugekauften Brennstoffen eine sinnvolle Ergänzung sein.

3.4 Potenziale Kältebereitstellung

Kältebedarf fällt in Gewerbegebieten in unterschiedlichen Bereichen an:

- Klimatisierung von Gebäuden
- Kühlen von agroindustriellen Produkten und Lebensmitteln
- Kühlung für die Lebensmittel- und Getränkeindustrie
- Kühlung für die chemische Industrie

Kältebereitstellung

Grundsätzlich kommen verschiedene Technologien zur Klimatisierung in Frage.

Bei der freien oder passiven Kühlung wird die niedrige Umgebungstemperaturen aus Luft, Boden oder Gewässern ausgenutzt, die mit Hilfe von Ventilatoren, Pumpen und Steuergeräten umverteilt werden (z. B. Akklimatisierung über Nacht).

Bei (konventionellen) Kompressionskälteanlagen zirkuliert ein flüssiges Kältemittel, welches Wärme aus dem zu kühlenden Raum entzieht. Das Kältemittel tritt als gesättigter Dampf in den Kompressor ein und wird dort verdichtet. Es folgt die Abkühlung durch Umgebungsluft oder Wasser und dadurch Kondensation des Dampfes. Die gesättigte Flüssigkeit tritt in das Expansionsventil ein und der Druck nimmt ab, wodurch das Kältemittel verdampft. Dabei entsteht der gewünschte Kühleffekt. Das Kältemittel gelangt wieder in den

Kompressor und schließt den Kreis. Auf Grund einfacher und zuverlässiger Technik ist dies die am weitesten verbreitete Kühltechnik. Strom stellt hierbei die Hauptenergiequelle dar.

Der Prozess von Absorptionskältemaschinen ähnelt dem der Kompressionskältemaschine, wobei das Gas durch eine Absorption verflüssigt wird. Eine anschließende Desorption unter Zuführung externer Wärme löst das Kältemittel wieder aus der Flüssigkeit, sodass das Kältemittel in der Gasphase für eine erneute Verdampfung zur Verfügung steht und der Kreislauf geschlossen wird. In diesem Fall ist Wärme die Hauptprozessenergie. Die Wärme kann dabei z. B. aus Solarthermie oder Abwärme stammen. Die Betriebsweise ist vergleichsweise leise, da kein Kompressor eingesetzt wird.

Sehr ähnlich erfolgt der Prozess von Adsorptionskälteanlagen, allerdings kommen Feststoffe als Sorptionsmaterial anstelle einer Flüssigkeit und Wasser als Kältemittel zum Einsatz. Das System besteht aus zwei Adsorptionskammern im Wechselbetrieb und ermöglicht so einen kontinuierlichen Betrieb. Das Kältemittel ist im neutralen Zustand adsorbiert und wird durch Erhitzen gelöst. Die anschließende Verflüssigung und Verdampfung lösen den Kühleffekt aus. Der Kreis wird durch Adsorption am Feststoff geschlossen. Die benötigte Energie wird wieder in Form von Wärme eingesetzt.

Der Prozess von Wärmepumpen bzw. Kältemaschinen kann als Wärme-Kälte-Kopplung eingesetzt werden. Das Prinzip ist hier jeweils das Gleiche. Das Temperaturniveau einer Wärmequelle bzw. -senke wird mittels Stromeinsatz auf ein anderes Niveau verschoben. Wird nur eine Seite des Systems genutzt, wird bspw. der Umweltquelle Außenluft eine bestimmte Wärmemenge entzogen und zum Kühlen abgekühlt oder zum Heizen erwärmt. Die jeweils andere Seite „verfällt“, indem die Energie ungenutzt an die Außenluft zurückgegeben wird. Somit lassen sich aus einer kWh Strom ca. 3 kWh Kälte oder 4 kWh Wärme erzeugen. Nutzt man jedoch beide Seiten gleichzeitig, spricht man von einem gekoppelten Prozess. Die Effizienz der Anlage steigt hierbei deutlich an, da aus 1 kWh Strom gleichzeitig ca. 3 kWh Kälte und 4 kWh Wärme bereitgestellt werden. Hierfür ist jedoch erforderlich, dass Wärme- und Kältebedarf gleichzeitig anfallen oder der gerade nicht benötigte Teil gespeichert werden kann. Wärmepumpen bzw. Kältemaschinen können aber auch reversibel betrieben werden, indem zeitlich versetzt zwischen den beiden Nutzungsarten Wärme oder Kälte gewechselt wird.

Beim Solaren Kühlen wird sich die Gleichzeitigkeit hoher Solareinstrahlung und dem daraus resultierenden Kältebedarf insbesondere im Sommer zu Nutze gemacht. Einerseits können elektrisch betriebene Kälteanlagen mit Solarstrom aus Photovoltaikanlagen betrieben werden. Dies hat den Vorteil, dass Kälte- und PV-Anlage getrennt geplant und betrieben werden können. Somit sind Umrüstungen, aber auch andere Verwendungen des Stroms möglich. Alternativ kann auch mit solarthermischen Systemen gekühlt werden. Diese haben jedoch i. d. R. den Nachteil, dass Kälte- und Solaranlage direkt miteinander gekoppelt und genau aufeinander ausgelegt sind.

Potenziale zur Kältebereitstellung im Quartier

Im vorliegenden Quartier ist die Nutzung einiger der im Bereich Wärme vorgestellten Potenziale auch für eine zentrale Versorgung mit Klimakälte möglich. Die in den Potenzialen Seerhein, Geothermie und Abwasser benannten Wärmepumpen, können auch als Kältemaschine oder im gekoppelten Prozess betrieben werden, um Kälte bereitzustellen. Im Sommer können die Wärmepumpen beispielsweise parallel

Kälte bereitstellen und die anfallende Abwärme für die Bereitstellung von Brauchwarmwasser verwenden. Im Winter und den Übergangszeiten können Wärme und z. B. Kältegrundlast für Rechenzentren oder niederkalorische Kühlung in der Logistik bereitgestellt werden.

In Verbindung mit Erdsonden ist außerdem eine Regeneration des Wärmepotenzials im Erdboden über die Sommermonate möglich, indem Abwärme aus der Kältebereitstellung in das Erdreich eingespeist wird.

Die Bedarfe für Raumwärme und Brauchwarmwasser einerseits und Raumklimatisierungskälte andererseits verhalten sich sehr unterschiedlich. Während über das Jahr gesehen relativ große Wärmemengen auf eher moderatem Leistungsniveau anfallen, fällt der Kältebedarf i. d. R. nur in einigen hundert Stunden pro Jahr, dafür dann mit vergleichsweise großen Leistungsspitzen an. Bei der gleichzeitigen Bereitstellung von Wärme und Kälte ist dies bei der Auslegung der Anlage zu berücksichtigen und ggf. eine ergänzende Spitzenlast-Kältemaschine vorzusehen. Eine gute Ergänzung können daher Grundlastkältebedarfe z. B. für Rechenzentren oder in der Logistik sein, die ganzjährig auf gemäßigttem Temperatur- und Leistungsniveau anfallen.

Für eine zentrale Kälteversorgung sollte ein entsprechendes Vorzugsgebiet ausgewiesen werden, sodass nicht das gesamte Quartier mit entsprechender und teurer Infrastruktur versehen werden muss. Derartige Netze werden i. d. R. auf einem Temperaturniveau von 8/14 bis 14/20 (Temperatur VL/RL) betrieben. Werden niedrigere Temperaturen benötigt, so sollten diese aus Effizienzgründen dezentral zur Verfügung gestellt werden. Ohne bzw. außerhalb des Gebiets eines solchen Netzes wird eine dezentrale, bedarfsgerechte, solare Kühlung empfohlen.

3.5 Effizienz- und Einsparpotenziale

Bei den Effizienz- und Einsparpotenzialen werden die Potenziale zur Einsparung von Endenergie und fossilen Brennstoffen im Quartier und die daraus resultierende Reduzierung von Treibhausgasemissionen untersucht. Diese Potenziale können auf Grund von sehr spezifischen Einzelfällen, die im Rahmen des Quartierskonzeptes nicht umfassend betrachtet werden konnten, für Industrie und Gewerbe nur auf einer übergeordneten, allgemeinen Ebene dargestellt werden. Bei Wohngebäuden und im Bereich Verkehr wurden jeweils die Einsparungen an Endenergie oder fossilen Brennstoffen und die daraus entstehenden Potenziale zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen anhand von Annahmen errechnet.

Effizienz- und Einsparpotenziale Industrie

Im Regelfall gibt es im produzierenden Gewerbe eine hohe Nachfrage an Strom und Gas zur Erzeugung von Prozesswärme, Dampf, Druckluft sowie Klima- bzw. Prozesskälte.

Energiebedarfe sowie Einspar- und Effizienzpotenziale sind stark nutzer- und anwendungsabhängig. Die Bedarfe unterscheiden sich in Menge, benötigter Leistung und Temperaturniveau; die Einsparpotenziale hängen vom jeweiligen Prozess sowie dem aktuellen Stand der Optimierung ab. Im Rahmen des Projekts kann dies daher nur stichprobenartig betrachtet werden. Der Fokus der Vor-Ort-Begehungen (vgl. Abschnitt 3.6) liegt dabei auf den üblichen Energieeffizienzpotenzialen (vgl. Abbildung 36).

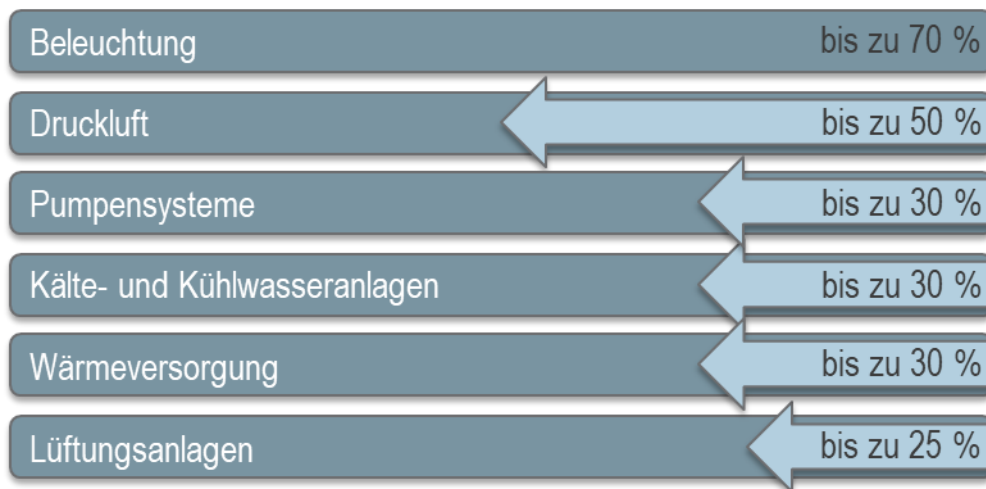


Abbildung 36: Energieeffizienzpotenziale bei branchenübergreifenden Querschnittstechnologien
(Deutsche Energieagentur, 2021)

Bei der Bewertung der Möglichkeiten Energie einzusparen, effizienter einzusetzen oder erneuerbar bereitzustellen, sind die branchenspezifischen Verfahren, die verwendeten Energieträger (Wärme, Kälte, Strom) und -medien (Wasser, Dampf, Druckluft, etc.) und die Temperatur- und Leistungsbereiche zu beachten.

Auch wenn die Möglichkeiten sehr unterschiedlich sind, so ist das Vorgehen zur Bewertung der Einspar-, Effizienz- und erneuerbaren Energiepotenziale im Betrieb grundsätzlich immer ähnlich:

- Individuelle Bestandsaufnahme bzgl. Energiebedarf (Strom, Wärme, mechanische Energie etc.) in Leistungshöhe, Jahresmenge und spezifischen Anforderungen wie z. B. Temperaturniveau
- Technische und ökonomische Bewertung von Einspar-, Effizienz- und Versorgungsmöglichkeiten
- Auswahl geeigneter Einspar-, Effizienz- und Versorgungsmöglichkeiten
- Optimierung des Versorgungskonzepts durch technische, ökonomische und regelungstechnische Instrumente wie z. B. betriebliches Lastmanagement, Eigenstromerzeugung oder Flexibilisierungsmöglichkeiten
- Vorbereitung und Planung der konkreten Einspar-, Effizienz- und Versorgungslösung durch entsprechende Machbarkeitsstudien

Als Versorgungsmöglichkeiten kommen je nach Anwendung wieder die bereits zuvor beschriebenen Potenziale wie Biomasse, Wärmepumpenlösungen und Umweltquellen, (konzentrierende) Solarthermie und erneuerbarer Strom aus Photovoltaikanlagen in Betracht. Ergänzt werden diese Potenziale durch synthetische Brennstoffe.

Viele Anwendungen bedürfen am Ende des Einsatzes von elektrischer Energie. Daher ist ein hoher Anteil aus erneuerbarem Strom z. B. durch solare Nutzung der Dachflächen zu empfehlen. Um den Strombedarf im Unternehmen und im Quartier zu optimieren, ist ein betriebliches Lastmanagement zu empfehlen. Dabei können Lasten zeitlich verschoben oder in ihrer Höhe variiert werden.

Möglichkeiten zur Flexibilisierung in Produktionsprozessen können aus technischer Sicht mit den Parametern maximale Leistungsänderungsgeschwindigkeit und Regelungsbereich beschrieben werden.

Technische Maßnahmen, die eine solche technische Flexibilität ermöglichen sind:

- Einführung, Verbesserung von Kontroll- und Steuerungstechnologien
- Erhöhung der Speicherfähigkeit durch Isolierung
- Anpassung der Prozessintensität
- Fahren im Teillastbereich bei überdimensionaler Anlagenauslegung bei Strömungsmaschinen
- Investition in oder Vergrößerung von Energiespeichern
- Vergrößern von Materialspeichern im Produktionsprozess
- Organisatorische Umstellungen
- Einführung neuer Technologien und Prozesse mit höherer Flexibilität

Durch Lastmodulation können im Rahmen des betrieblichen Spitzenlastmanagements oder durch Nutzung von Preisdifferenzen am Strommarkt Kostenvorteile genutzt werden. Interessante Modelle für die Verbraucher ergeben sich hierbei durch die Lastverschiebung und Speicherung von Energie in verschiedenen Formen. Insbesondere Kälte bietet hierbei Potenziale als Pufferspeicher, indem Kühllhäuser beispielsweise in Zeiten hohen Stromaufkommens und niedriger Strompreise auf niedrigere als die benötigten Temperaturen abgekühlt werden und somit die Kühlzeiten verkürzt und verschoben werden können. Die Lastmodulation fördert neben dem wirtschaftlichen Nutzen für den Verbraucher auch die Integration Erneuerbarer Stromerzeuger wie Photovoltaik und Wind, da diese in Zeiten niedriger Strompreise ggf. abgeregelt werden müssen, wenn die Erzeugung im Stromnetz der öffentlichen Versorgung den aktuellen Bedarf übersteigt.

Effizienz- und Einsparpotenziale Haushalte

Das Einsparpotenzial bei Wohngebäuden und privaten Haushalten liegt zum einen im Bereich Strom, wo Energie und dadurch Treibhausgasemissionen durch Einspar- und Effizienzmaßnahmen reduziert werden können und zum anderen im Bereich Wärme, wo der Energieverbrauch hauptsächlich durch energetische Sanierungen gesenkt werden kann. Die Möglichkeiten zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen im Bereich Verkehr, der auch zum Teil durch private Haushalte mit verursacht wird, wird im darauffolgenden Abschnitt dargestellt.

Einsparpotenziale im Bereich Strom bei Privathaushalten

Abbildung 37 gibt eine Übersicht über die durchschnittliche Verteilung des Stromverbrauchs bei privaten Haushalten (Heidjann GmbH, 2022). Aus der Abbildung wird deutlich, dass der größte Teil des Stromverbrauchs bei privaten Haushalten für TV, Audio und technische Büroausstattung genutzt wird (25,6 %), gefolgt von Geräten zur Kühlung von Lebensmitteln (16,7 %) und zur Warmwasseraufbereitung (14,8 %).

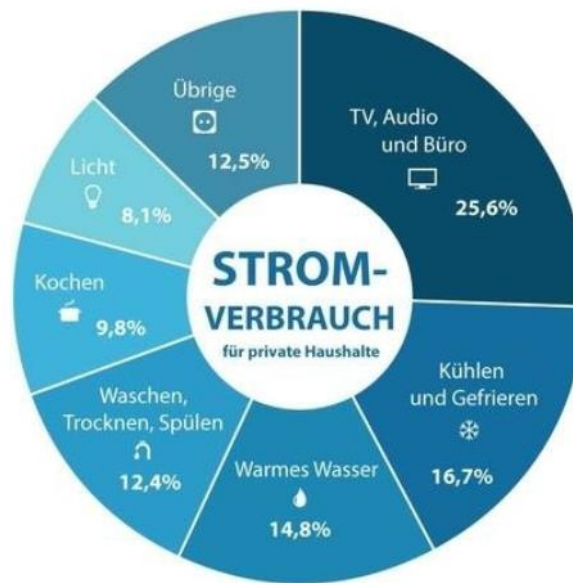


Abbildung 37: Verteilung Stromverbrauch bei Haushalten
(Heidjann GmbH, 2022)

Für die jeweiligen Bereiche können verschiedene Maßnahmen für die Reduzierung des Stromverbrauchs ergriffen werden. Im Folgenden wird eine Auswahl der möglichen Maßnahmen aufgelistet:

TV, Audio und Büro

- Geräte komplett abschalten, um Stand-By-Verbrauch zu verhindern
- Computer herunterfahren, wenn sie nicht genutzt werden
- Nutzung von Laptops anstelle von stationären PCs
- Akkuzeiten ausnutzen und erst aufladen, wenn der Akku nahezu leer ist

Kühlen und Gefrieren

- Kauf einer hohen Energieeffizienzklasse (Energieeffizienzklasse A)
- Regelmäßiges Abtauen des Kühlschranks
- Kühlschranktemperatur anpassen (min. 7 °C sind ausreichend)
- Kühlgeräte nicht neben Herd, Heizung oder Geschirrspüler stellen, um Wärmezufuhr zu vermeiden
- Kühlschranktür nach kurzer Zeit schließen

Waschmaschine

- Kauf einer hohen Energieeffizienzklasse (Energieeffizienzklasse A)
- Waschvolumen ausnutzen
- Waschdauer und Wascht Temperatur reduzieren
- Verzicht auf Wäschetrockner - Wäsche an der Luft trocknen lassen

Geschirrspüler

- Kauf einer hohen Energieeffizienzklasse (Energieeffizienzklasse A)
- Gerätevolumen ausnutzen
- Spülzeit und Spültemperatur reduzieren

Herd und Backofen

- Topfdeckel verwenden zur Vermeidung von Wärmeentweichung
- Möglichst geringe Topf- und Plattengröße nutzen
- Nachwärme beim Kochen ausnutzen

Licht

- Umrüstung aller Lampen im Haushalt auf LED-Beleuchtung
- Licht ausschalten, wenn nicht benötigt

Das durchschnittliche Einsparpotenzial von Endenergie im Bereich Strom für Haushalte in Deutschland wurde von der gemeinnützigen Beratungsgesellschaft co2online in Zusammenarbeit mit einem breiten Bündnis aus der Energiewirtschaft (Mitglieder sind unter anderem die Deutsche Energieagentur – dena, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft – bdeu und das Öko-Institut) ermittelt und auf der Seite www.stromspiegel.de unter anderem in Form eines Online-Rechners für Haushalte zur Verfügung gestellt (co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH, 2021). Mit diesem Online-Rechner können auch die durchschnittlichen Einsparpotenziale beim Stromverbrauch der Haushalte im Quartier ermittelt werden.

Im Stadtteil Industriegebiet sind insgesamt 534 Privathaushalte ansässig. Davon sind 50 % Ein-Personen-Haushalte, 25 % Zwei-Personen-Haushalte und 25 % Haushalte mit drei und mehr Personen (Stadt Konstanz, 2021). Um die Einsparpotenziale für die Haushalte zu errechnen, wird bei einem Ein-Personen-Haushalt von einem Stromverbrauch von 1.500 kWh/a ausgegangen, bei einem Zwei-Personen-Haushalt von einem Verbrauch von 2.100 kWh/a und bei einem Haushalt mit drei und mehr Personen von einem durchschnittlichen Verbrauch von 3.000 kWh/a (co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH, 2021).

Laut des oben beschriebenen Online-Rechners können in durchschnittlichen Beispielhaushalten etwa die Hälfte bis zwei Drittel des Stromverbrauchs eingespart werden. Unter den genannten Annahmen ergeben sich für die Haushalte im Quartier folgende Ergebnisse:

Tabelle 13: Übersicht Einsparungen Stromeffizienz Haushalte

Art der Haushalte	Anzahl	Anteil	durchschn. Verbrauch	Einsparungen CO ₂ pro Haushalt	Einsparungen Strom pro Haushalt	Einsparungen Quartier Gesamt	Einsparungen Strom Quartier
			kWh/a	t CO ₂ /a	kWh/a	t CO ₂ /a	kWh/a
1-Personen-Haushalte	268	50%	1.500	0,5	938	134	251.250
2-Personen-Haushalte	133	25%	2.100	0,6	1.145	80	152.345
3+-Personen Haushalte	133	25%	3.000	0,8	1.500	106	199.500
Gesamt	534					320	603.095

Die in Tabelle 13 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass unter den aufgeführten Annahmen bis zu 603 MWh Strom jährlich eingespart werden kann. Durch die Senkung des Stromverbrauchs könnten Treibhausgasemissionen in Höhe von 320 t CO₂Äq im Jahr reduziert werden.

In der Praxis werden Stromeinsparungen von Haushalten oft durch so genannte „Rebound-Effekte“ wieder ausgeglichen: Wird im Haushalt ein Gerät mit geringerem Stromverbrauch gekauft, so wird es häufig öfter und länger benutzt, sodass der Stromverbrauch insgesamt steigt. Hinzu kommt, dass im Zeitverlauf zwar immer energieeffizientere Geräte entwickelt werden, jedoch gleichzeitig die Anzahl an elektrisch betriebenen Geräten im Haushalt durchschnittlich steigt und die Effizienzgewinne dadurch nicht zu Stromeinsparungen führen (Polarstern, 2021).

Es wird deshalb empfohlen Privathaushalte zum Thema Stromeffizienz zu informieren und sensibilisieren und dabei auch auf das Thema der Rebound-Effekte einzugehen.

Einsparpotenziale durch energetische Sanierungen bei Wohngebäuden

Auf Grund der Tatsache, dass Wohnhäuser in den häufigsten Fällen ähnliche Verbrauchsstrukturen haben, können die Einsparungen bei Wohngebäuden durch energetische Sanierungen anhand von Standardwerten ermittelt werden. Ein Vorgehen zur Ermittlung der Einsparpotenziale bei Wohnhäusern wurde vom Institut für Wohnen und Umwelt mit der TABULA-Typologie erarbeitet (Insitut für Wohnen und Umwelt, 2021). Die aufgestellte Typologie ermöglicht es anhand von Baualter und Sanierungszustand des Gebäudes das Einsparpotenzial von Wohnhäusern durch energetische Sanierungen zu ermitteln. Die Annahmen zu den Energieverbräuchen und der Sanierungstiefe der Gebäude der einzelnen Baualter sind im Webtool des Instituts für Wohnen und Umwelt unter webtool.building-typology.eu aufgeführt.

Im Rahmen des Energienutzungsplans Konstanz (Stadt Konstanz, 2018) wurden bereits die Einsparpotenziale durch energetische Sanierungen für die Wohnhäuser und Gebäude mit Wohnmischnutzung im Quartier berechnet. Der Anteil der Wohngebäude im Quartier beträgt 29 %, insgesamt beträgt der Wärmeverbrauch im Bereich Wohnen 10,4 GWh im Jahr (11 % des Gesamtwärmeverbrauchs im Quartier).

Durch energetische Sanierungen der Wohnhäuser können laut TABULA-Typologie 34 % des Wärmeverbrauchs eingespart werden. Dies entspricht einer Einsparung von rund 3,6 GWh Wärme und 930 t CO₂Äq im Jahr.

Ökologisch gesehen ist eine energetische Sanierung immer dann vorteilhaft, wenn sie hilft, fossile Energieträger einzusparen. Eine wirtschaftliche Betrachtung der energetischen Sanierungen muss jedoch im Einzelfall erfolgen. In vielen Fällen ist eine energetische Sanierung nur dann mit finanziellen Einsparungen verbunden, wenn Sie mit weiteren Baumaßnahmen gemeinsam durchgeführt wird (BINE Informationsdienst, 2017).

Verkehr

Die Einsparpotenziale von Endenergie, fossilen Brennstoffen und Treibhausgasemissionen für das Quartier im Bereich Verkehr können nicht belastbar bestimmt, sondern nur anhand von Annahmen abgeschätzt werden. Grund dafür ist zum einen, dass im Sektor Mobilität nur Anreize wie der Ausbau der entsprechenden Infrastruktur gesetzt werden können und die Reaktion der Nutzer:innen darauf unterschiedlich ausfallen kann. Zum anderen hängt das Mobilitätsverhalten auch von überregionalen Entwicklungen wie zum Beispiel dem Anstieg des Benzinpreises oder den Anreizen für Elektromobilität ab, die nicht belastbar vorausgesagt werden können.

Um trotzdem eine anhand von Erfahrungswerten realistische Schätzung vornehmen zu können, werden in der Betrachtung des Verkehrsbereiches die Annahmen der Klimaschutzstrategie Konstanz zu Grunde gelegt (ifeu, 2021). Für die Berechnung der Einsparpotenziale im Verkehrsbereich wurden folgende Annahmen aus der Klimaschutzstrategie übernommen:

- Der motorisierte Individualverkehr sinkt um 51 % bis 2035 gegenüber 2018. Damit würde der Anteil des motorisierten Individualverkehrs an der Gesamtverkehrsleistung von 61 % (TU Dresden, 2021) auf 29 % sinken.
- Die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs steigt durchschnittlich um 92 % bis 2030 und um 83 % bis 2035. Dies bedeutet eine Steigerung des ÖPNV an der Gesamtverkehrsleistung von 19 % (TU Dresden, 2020) auf 38 %.
- Der Anteil der elektrisch betriebenen Fahrzeuge beträgt bis 2035 67 % bei den PKWs, 53 % bei den LKWs und 100 % bei Bussen.
- Die verbleibenden durch Kraftstoff betriebenen Fahrzeuge werden mit erneuerbaren Kraftstoffen betrieben. Davon sind 25 % Biokraftstoffe und 75 % strombasierte Kraftstoffe.

Einsparpotenziale durch Ausbau öffentlichen Nahverkehr

Bei Gesprächen mit im Quartier arbeitenden Personen im Rahmen der Zukunftswerkstatt wurde deutlich, dass ein Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs, insbesondere von Buslinien, erwünscht ist. Hierbei wurde besonderer Bedarf für einen Ausbau im Stadtviertel Grubwiesen genannt. Daraus abgeleitete, konkrete Vorschläge für einen Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs befinden sich im Qualitäts- und Entwicklungskonzept im Kapitel 4.1.

Das Umstiegspotenzial vom motorisierten Individualverkehr auf den ÖPNV wurde in der Klimaschutzstrategie der Stadt Konstanz mit durchschnittlich 92 % bis 2030 und durchschnittlich 83 % bis

2035 beziffert (ifeu, 2021). Dies bedeutet einen Anstieg des ÖPNV an der Gesamtverkehrsleistung von 19 % (TU Dresden, 2021) auf 38 %. Aus Gesprächen mit im Quartier arbeitenden Personen und den verantwortlichen Personen bei der Stadtverwaltung Konstanz wird dieser Anteil als realistisch eingeschätzt.

Unter der Annahme, dass 19 % der Verkehrsleistung im Quartier, die bislang mit motorisiertem Individualverkehr zurückgelegt wurde, in Zukunft mit dem öffentlichen Nahverkehr zurückgelegt werden, kommt es zu einer Energieeinsparung von rund 3.400 MWh pro Jahr und einer Reduzierung von Treibhausgasemissionen von etwa 1.000 t CO_{2Äq} pro Jahr.

Einsparpotenziale durch Ausbau Fahrradwege

Die Radwege im Quartier sind streckenweise bereits gut ausgebaut und werden auch im Vergleich zu anderen Großstädten häufig genutzt (Beschreibung Ausgangssituation siehe Kapitel 1.2).

Nichtsdestotrotz besteht Verbesserungspotenzial bei der Infrastruktur durch Fahrradwege. Abbildung 38 zeigt die Unfallorte mit Fahrradbeteiligung im Quartier im Jahr 2020 (Statistisches Bundesamt, 2021). Auf der Karte sind Unfallschwerpunkte im Quartier an den zwei Kreisverkehren im Industriegebiet (den Kreisverkehr Oberlohnstraße/Max-Stromeyer-Straße in Oberlohn und den Kreisverkehr Byk-Gulden-Straße/Max-Stromeyer-Straße an der Grenze der Stadtviertel Oberlohn und Grubwiesen) zu erkennen. Beide Kreisverkehre verfügen über Fahrradwege, jedoch in beiden Fällen nur an den jeweiligen Fußgängerübergängen der Zufahrtsstraßen. Hier sollte geprüft werden, ob eine durchgängige Kreisfahrbahn für Radfahrer oder perspektivisch eine Ampelanlage die Verkehrssicherheit der Fahrradfahrer erhöhen könnte.



Abbildung 38: Unfallorte mit Fahrradbeteiligung im Quartier

Im Rahmen der Zukunftswerkstatt wurde auch von einer im Quartier arbeitenden Person die Kreuzung Reichenaustraße / Stromeyersdorfstraße als Gefahrenquelle eingestuft. Hierbei handelt es sich ebenfalls um eine vielbefahrene Straßenkreuzung mit zusätzlichen Ein- und Ausfahrten der Tankstelle, an der bislang

keine durchgängigen Fahrradwege existieren. Ein registrierter Unfall an der Kreuzung (in Abbildung 38 Unfallort südlich der Europastraße, am westlichen Rand des Quartiers) bestätigt diese Einschätzung zum Teil.

Es wird davon ausgegangen, dass durch den Ausbau von Fahrradwegen im Quartier einige Personen vom motorisierten Individualverkehr auf Fahrradnutzung umsteigen würden. Dies betrifft vor allem Personen, die im Quartier arbeiten und deren Anfahrtsweg zur Arbeit kürzer als 10 km ist (internetstores GmbH, 2015). In der Klimaschutzstrategie wird von einem Einsparpotenzial des motorisierten Individualverkehrs von 31 % der Gesamtverkehrsleistung ausgegangen. Von den 31 % der reduzierten Verkehrsleistung im motorisierten Individualverkehr wird 19 % durch zusätzliche Verkehrsleistung im ÖPNV ersetzt. Somit entfällt auf den Radverkehr eine Steigerung der Verkehrsleistung von 12 %, was einen Anstieg des Radverkehrs von 15 % der Verkehrsleistung (TU Dresden, 2021) auf 27 % der Verkehrsleistung bedeutet. Basierend auf Gesprächen mit im Quartier arbeitenden Personen und Akteuren im Rahmen des Quartierskonzeptes kann davon ausgegangen werden, dass diese Größe auch für das Quartier realistisch ist.

Unter den genannten Annahmen besteht ein Einsparpotenzial durch den Umstieg auf Fahrradnutzung von rund 2.200 MWh Endenergie und 630 t CO_{2Äq} pro Jahr.

Einsparpotenzial durch elektrische Antriebe

Auch durch elektrische Antriebe können fossile Brennstoffe und damit Treibhausgasemissionen innerhalb des Quartiers eingespart werden. Gegenüber dem motorisierten Individualverkehr mit elektrischen Antrieben sollte jedoch der Umstieg auf Wege zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem ÖPNV bevorzugt werden, da der motorisierte Individualverkehr einen hohen Energie- und Ressourcenverbrauch sowie beständig hohen Bedarf an Infrastruktur mit sich bringt. Nichtsdestotrotz sind beim Kauf eines Fahrzeugs für den motorisierten Individualverkehr elektrische Antriebe oder Antriebe auf der Basis von erneuerbaren Kraftstoffen gegenüber fossilen Brennstoffen aus ökologischer Sicht zu empfehlen.

In der Klimaschutzstrategie der Stadt Konstanz wird von einem Anteil elektrisch betriebener Fahrzeuge von 67 % bei PKWs, 53 % bei LKWs und 200 % bei Bussen ausgegangen. Hinzu kommt die in den vorherigen Abschnitten vorgestellte Annahme, dass der motorisierte Individualverkehr bis 2035 um 51 % sinkt.

Unter diesen Annahmen ergäbe sich eine jährliche Einsparung von fossilen Brennstoffen mit einem Energiegehalt von rund 8.700 MWh und damit eine Reduzierung von Treibhausgasemissionen von 1.700 t CO_{2Äq} pro Jahr. Dies trifft dann zu, wenn die Elektrofahrzeuge mit erneuerbarem Strom betrieben werden. Dies ist zu empfehlen, um keine sektorale Verlagerung, sondern eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu bewirken.

Aktuell befinden sich ca. 10 öffentliche Ladesäulen im Quartier, deren Lage in Abbildung 39 zu sehen ist (Air electric, 2021). Bei der erwarteten Steigerung von Elektrofahrzeugen muss ein deutlicher Ausbau der Ladeinfrastruktur erfolgen.

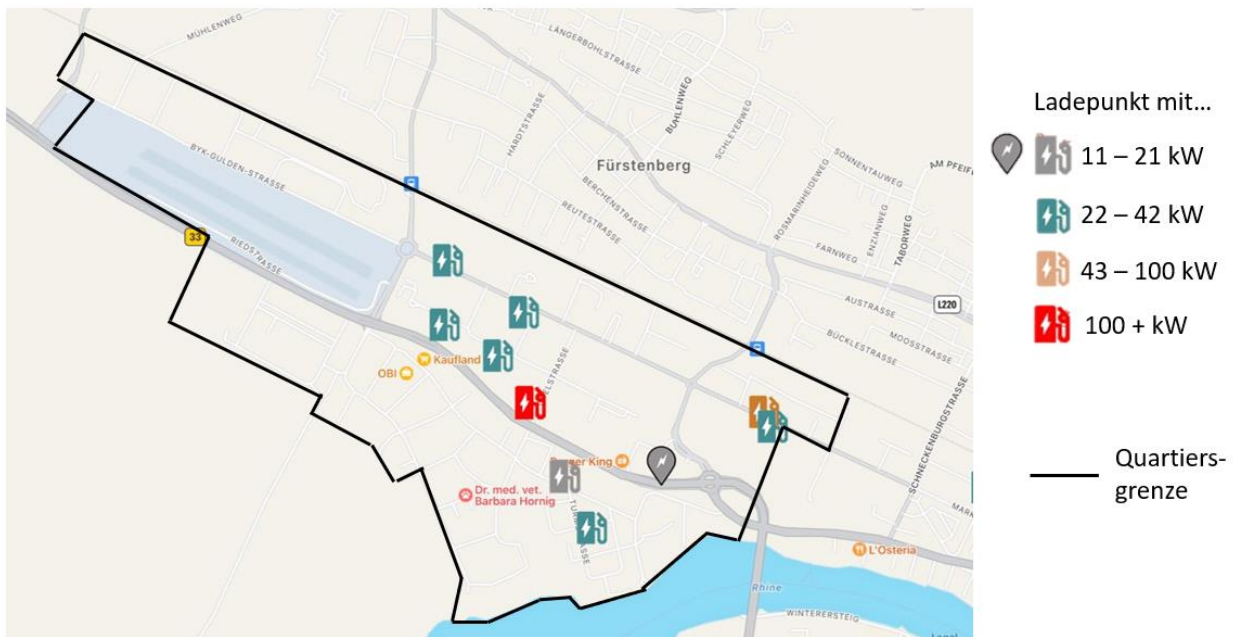


Abbildung 39: Ladepunkte für Elektroautos im Quartier

Ein Ansatz zur Nutzung von Elektrofahrzeugen und zur Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs im Quartier wurde von der im Quartier ansässigen Firma Seitenbau entwickelt und soll im Rahmen des Modellprojektes Smart Green City Konstanz umgesetzt werden. Bei dem Konzept handelt es sich um ein Portal für Mitfahrgelegenheiten, über das sich im Quartier arbeitende Personen abstimmen können, um gemeinsam mit einem Elektroauto zu ihrer Arbeitsstätte zu fahren. Die Idee befindet sich aktuell in der Planung (Bauer, 2021). Es gibt in dieser Phase keine belastbaren Angaben dazu, wie groß das Einsparpotenzial durch das Portal sein wird.

Einsparpotenzial durch erneuerbare Kraftstoffe

Eine Alternative zu elektrischen Antrieben im motorisierten Individualverkehr ist die Nutzung von erneuerbaren Kraftstoffen. Hierzu werden Kraftstoffe gezählt, die entweder aus erneuerbarer Biomasse entstehen oder strombasiert hergestellte Kraftstoffe (Power-to-X-Kraftstoffe), die aus überschüssigem Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt werden (ifeu, 2021).

In der Klimaschutzstrategie der Stadt Konstanz wird davon ausgegangen, dass der Anteil des motorisierten Individualverkehrs, der nicht durch elektrische Antriebe ersetzt wird, bis zum Jahr 2030 zu 18 % durch Biokraftstoffe und zu 31 % durch strombasierte Kraftstoffe ersetzt wird. Bis zum Jahr 2035 sollen 25 % durch Biokraftstoffe und 75 % durch erneuerbare strombasierte Kraftstoffe ersetzt werden.

Für das Quartier bedeutet das, dass unter den genannten Annahmen fossile Brennstoffe mit einem Energiegehalt von ca. 3.700 MWh und damit Treibhausgasemissionen in Höhe von ca. 1.900 t CO_{2Äq} pro Jahr reduziert werden könnten.

Fazit

Unter den genannten Annahmen könnten alle momentan entstehenden Treibhausgasemissionen im Bereich Verkehr vermieden werden. Abbildung 40 zeigt, welchen Anteil die verschiedenen Maßnahmen an den vermiedenen Treibhausgasemissionen im Verkehrsbereich haben. Durch die Abbildung wird deutlich, dass der größte Anteil der reduzierten Treibhausgasemissionen auf die erneuerbaren Kraftstoffe entfällt, gefolgt von den elektrischen Antrieben.

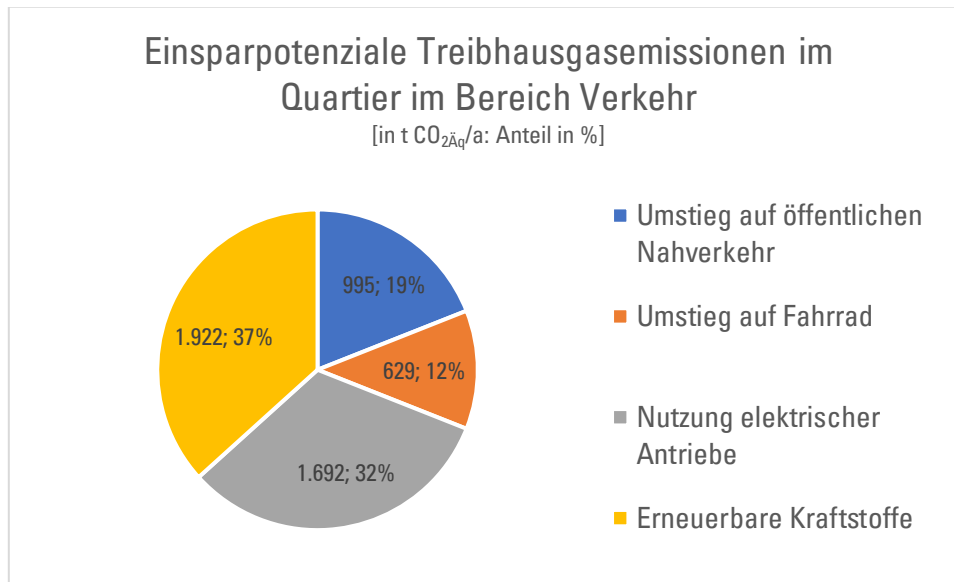


Abbildung 40: Einsparpotenziale im Bereich Verkehr

3.6 Potenziale im Rahmen von Vor-Ort-Begehungen

Im Rahmen der Vor-Ort-Begehungen wurden insgesamt fünf Unternehmen besichtigt, um mögliche Energieeinsparpotenziale und Möglichkeiten zur Reduktion von Treibhausgasemissionen zu identifizieren. Darüber hinaus dienten die Gespräche mit Unternehmensvertretern dazu, Probleme und Herausforderungen wichtiger Akteure im Industriegebiet für die Stadt sichtbar zu machen und thematisch zu sammeln.

Der Fokus der Begehungen lag dabei auf dem Screening folgender Möglichkeiten:

- Abwärmenutzung durch Energieverbund
- Integration von Anlagen zur Eigenstromerzeugung
- Erhöhung der Energieeffizienz durch eine alternative Energieerzeugung

Agrana Fruit Germany GmbH

Die Agrana Fruit Germany GmbH produziert Fruchtzubereitungen und Fruchtsaftkonzentrate. Das Unternehmen beliefert Kund:innen aus verschiedenen Bereichen der Lebensmittelherstellung. Dazu zählen Molkereien, Backwaren-, Süßwaren- und Eiskremhersteller. Das Fruchtzubereitungswerk in Konstanz bietet dabei eine vielschichtige Produktpalette an, die auch kundenspezifische Lösungen beinhaltet. Die Eingangsstoffe werden zunächst zerkleinert, zu einer Frucht-Masse verarbeitet, unter Dampfzufuhr pasteurisiert, heruntergekühlt und zum Abtransport in Tanks gefüllt. In der Produktionskette muss dafür anfangs Dampf für die Erhitzung und Pasteurisierung erzeugt werden und anschließend elektrische Energie zur Abkühlung und Lagerung zugeführt werden.

Die im Werk eingesetzten Energieträger sind Strom, Stadtgas, Biogas, Öl und Diesel. Mit 68 % wird die meiste Energie in Form von Stadtgas bezogen. Der zweitgrößte Energieträger ist mit 24 % Strom. In Bezug auf die resultierenden Energiekosten ist der Bezug von Strom die deutlich größte Kostenposition. Im Wesentlichen wird Gas zur Dampferzeugung eingesetzt und Strom zur Kühlung und Klimatisierung über Kompressionskältemaschinen.

In der Analyse des Strombezuges zeigt sich, dass in Summe knapp 1.500 MWh Strom für Kühlzwecke eingesetzt werden. Der Großteil der entstehenden Abwärme kann nicht innerhalb des Werkes genutzt werden und wird gegen Umgebungsluft weggekühlt. Bei der Pasteurisation der Fruchtmasse werden bei ca. 90°C die für den Verderb verantwortlichen Mikroorganismen abgetötet und Enzyme inaktiviert. Bei der Reinigung der Frucht-Masse-Tanks fällt Abwasser mit ca. 40°C an, wovon nur ein Teil zur Gaserzeugung verwendet werden kann. Auf Basis des Energiemanagement-Messdatensatzes von 2020/2021 können vier Hauptverbraucher zusammengefasst werden:

- Kompressoren und Pumpen für Kaltwassersatz
- Tiefkühlhaus (3 Kompressoren)
- Auftaukühlraum
- Fertigwarenlager

Die bei der elektrischen Kühlung entstehende Abwärme kann näherungsweise über eine geschätzte Jahresarbeitszahl der Kältemaschine abgeschätzt werden. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Temperaturniveaus der Kältemaschinen wurde die technische Abwärmemenge berechnet, die sich aus dem idealisierten Zusammenhang von Kühlleistung, elektrischer Leistung und Heizleistung ergibt. Nicht in der Berechnung enthalten ist die Abwärme der Lüftungsanlagen.

Die resultierende Abwärme, die zum Großteil ungenutzt gegen Luft weggekühlt wird, beträgt demnach rechnerisch **mindestens 5.200 MWh/Jahr**. Nicht enthalten in dieser Energiemenge ist die Abwärmemenge, die durch freie Kühlung in den Kühltürmen entsteht.

Ein Großteil der Abwärme liegt auf einem Temperaturniveau, das grundsätzlich sehr interessant ist für die Nutzung in einem kalten Nahwärmenetz oder durch eine zentrale Großwärmepumpe für Wärmeverbraucher in der Nähe nutzbar gemacht werden könnte.

Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz können in folgenden Maßnahmen bestehen:

- Prüfung, ob eine alternative Dampferzeugung mit einer gesteigerten Abwärmennutzung sinnvoll realisiert werden kann (z. B. Industriewärmepumpe von Piller)
- Prüfung, welche verfahrenstechnischen und hydraulischen Änderungen vorzunehmen wären, damit Abwärme für benachbarte Abnehmer sinnvoll ausgekoppelt werden kann, ohne die Produktionsabläufe zu gefährden (techn. Machbarkeitsstudie)
- Prüfung, ob der Trockenwetterabfluss der benachbarten Siele ausreichend ist für eine (freie) Kühlung mit Abwasser

Aufgrund der komplexen verfahrenstechnischen und energietechnischen Anlagen wird empfohlen, eine geförderte Machbarkeitsstudie zur integralen Betrachtung der Energieflüsse und Möglichkeiten zur

alternativen Prozesswärmeerzeugung und Kühlung durchzuführen. Eine Möglichkeit hierfür ist die Bundesförderung für Energieeffizienz und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft.

THE PLANT Konstanz

The Plant Konstanz ist einer von derzeit 7 Standorten bzw. Campi in Deutschland, die zukunftsorientierte Arbeits- und Büroformen ermöglichen sollen. Aus sogenannten Campus Immobilien werden Bürogebäude mit flexiblen Flächenkonzepten geformt, welche den Megatrend „Arbeit 4.0“ aufgreifen und ermöglichen sollen (Investa Capital management GmbH, 2021).

The Plant Konstanz ist eine Immobilie von Union Investment Institutional Property GmbH und Teil eines Immobilien Spezialfonds. Das Gelände ist hinsichtlich der Eigentümerstruktur zweigeteilt, wobei derzeit 13 Gebäude und Freiflächen im Eigentum von Union Investment stehen (vgl. Abbildung 41).

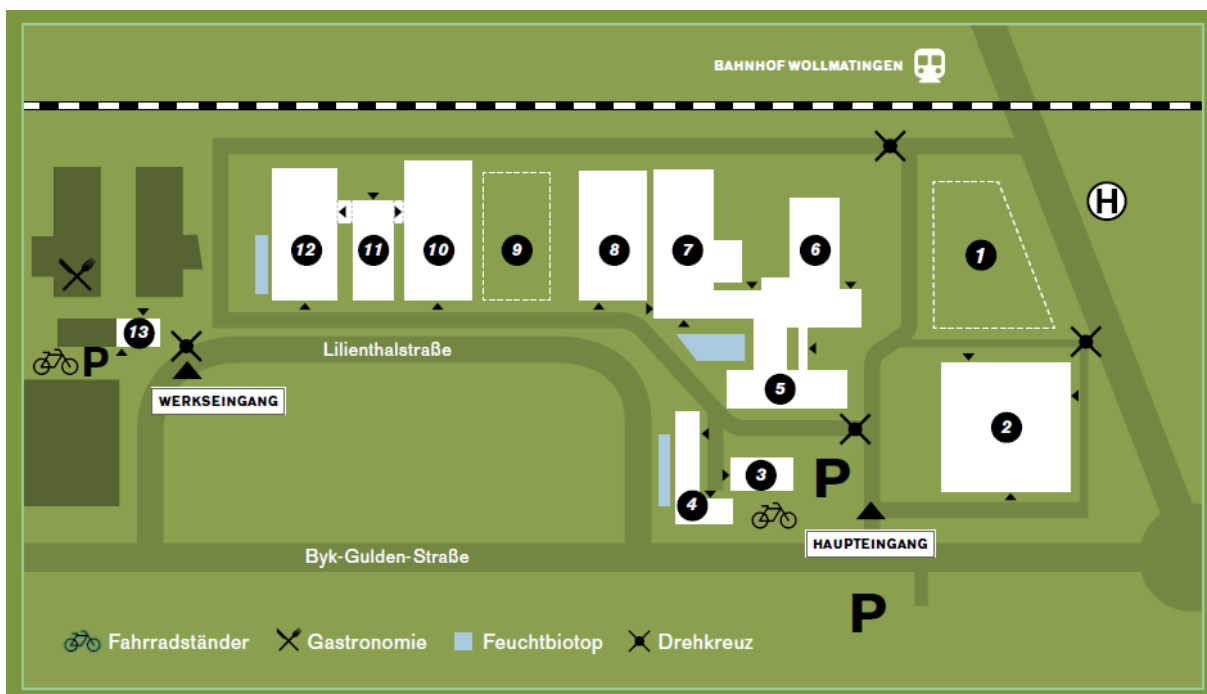


Abbildung 41: Lageplan von „The Plant Konstanz“

Wenngleich die Wärme- und Kälteversorgung der beiden Abschnitte getrennt erfolgen, so hängt das Gelände historisch bedingt nach wie vor an einem Gas-Ringnetz. Aufgrund der mittlerweile kleinteiligeren Vermietung von Büro und Laborflächen wird aktuell ein großer Aufwand für die Installation neuer Zähler betrieben.

Die Wärme- und Kälteversorgung am Standort ist ausgelegt auf den Betrieb von pharmazeutischen Prozessen (z. B. Sterilisation, hohe Raumluftanforderungen). Laborgebäude 12 in The Plant ist über mehrere Lüftungsanlagen im Dachgeschoss versorgt. Eine Klimatisierung erfolgt unter anderem über zwei hybride Rückkühler.

Insgesamt hat der Standort einen sehr hohen Strombedarf, welcher der üblichen Infrastruktur des Laborbetriebes sowie der Bedürfnisse der Mieter geschuldet ist. Derzeit verfügt The Plant über keine

Anlagen zur Eigenstromerzeugung auf dem Gelände. Die Wärmeerzeugung in der teilsanierten Energiezentrale erfolgt über drei Gaskessel. Der vornehmlich für die Luftbefeuchtung eingesetzte Dampfkessel sowie der installierte Pufferspeicher mit 5 m³ werden zeitnah rückgebaut.

Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz können in folgenden Maßnahmen bestehen:

- Prüfung, ob Eigenstromerzeugung auf dem Gelände (BHKW, Photovoltaik auf Dach oder in der Außenfassade integriert unter Berücksichtigung der Auflagen des nahegelegenen Verkehrslandeplatzes) möglich wäre
- gekoppelte Wärme- und Kälteerzeugung in einer Großwärmepumpe
- Prüfung, ob Teile der Abwärme auf dem Gelände genutzt werden können (z. B. Abwärme Kaffeerösterei in Gebäude 8 in The Plant)
- Prüfung, ob eine Temperaturabsenkung im Wärmenetz realisiert werden kann
- Prüfung, ob die Nutzung von natürlichen Wärme- und Kältequellen erhöht werden kann (z. B. Reaktivierung Energiepfähle, natürliche Kühlung durch Erdsonden)
- Prüfung, ob Abwärme aus benachbarten Industrieunternehmen sinnvoll integriert werden kann (techn. Machbarkeitsstudie)

Druckerei Konstanz (Südkurier)

Die Druckerei Konstanz ist Teil der Unternehmensgruppe SÜDKURIER Medienhaus, die zum Augsburger Unternehmen Mediengruppe Ppressedruck gehört.

Das Unternehmen bezieht im Rahmen der Produktion am Standort hauptsächlich Strom und Gas. Der größte Energieverbraucher ist die Druckmaschine, bestehend aus zwei Linien im wasserlosen Offsetdruck. Dieses Verfahren ermöglicht eine hohe Farbintensität und eine große Detailgenauigkeit. Der Offsetdruck ist ein indirektes Druckverfahren, bei dem nicht direkt von der Druckplatte auf das Papier gedruckt wird, sondern die Farbe erst über einen weiteren Zylinder auf das Papier übertragen wird. Das Verfahren beruht auf dem unterschiedlichen Benetzungsverhalten verschiedener Stoffe. Zur Umsetzung dieses Verfahrens kommen spezielle Druckplatten aus Aluminium zum Einsatz. Die Oberfläche der Beschichtung besteht aus farbabweisendem Silikon.

Um ein optimales Druckergebnis zu erzielen, müssen die Zylinder, welche die Farbe auf das Papier übertragen, in einem Temperaturband zwischen etwa 20-30°C gefahren werden. Über die Temperierung der Zylinder wird die gewünschte Viskosität der Farbe und damit des Farbübergangs erzielt.

Die Kühlung der Zylinder und die Klimatisierung der Gebäude erfolgt über freie Kühlung, eine Absorptionskältemaschine sowie über das sog. Aqua-Center. Das Aqua-Center ist ein Kaltwassersatz aus acht Kompressoren. Jeweils vier Kompressoren stellen die Kühlung für eine Cortina-Druck-Linie sicher.



Abbildung 42: Bildausschnitt aus der Rotationshalle 2 mit den zwei Produktionslinien (rechts)

Seit 2013 wird ein Erdgas-BHKW betrieben, das etwa 40% des benötigten Stroms bereitstellt und etwa 97% des Erdgasbezuges verbraucht. Die entstehende Wärme wird zum Betrieb der Absorptionskältemaschine und zur Beheizung der Gebäude verwendet. Darüber hinaus stellen zwei erdgasbefeuerte Gaskessel sicher, dass die für die Heizung benötigte Spitzenleistung im Winter erzeugt werden kann.

Aufgrund der Einschätzung, dass sich in den nächsten zehn Jahren die Produktion bzw. der Energiebedarf nicht wesentlich ändern wird, sollten Investitionen in eine alternative Energieversorgung näher geprüft werden. Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz können in folgenden Maßnahmen bestehen:

- Prüfung, welche Dachflächen aufgrund von Statik und Ausrichtung für die solare Nutzung (PV/Solarthermie/PVT) zur Verfügung stehen
 - o PV für Eigenstromerzeugung
 - o Solarthermie für solares Kühlen
- Prüfung, ob der Trockenwetterabfluss der benachbarten Siele ausreichend ist für eine freie Kühlung mit Abwasser
- Prüfung der relativ hohen thermischen Verluste von etwa 10%
- Einbau einer Wärmerückgewinnung in der Lüftungsanlage in der Halle der Druckerei
- Neubewertung der Möglichkeit, das angrenzende Gebäude des Südkuriers über eine Nahwärmeleitung mitzuversorgen
- Prüfung, inwiefern geplante Neubauvorhaben sinnvoll mit Abwärme versorgt werden können

Aufgrund des vergleichsweise komplexen Energiesystems der Druckerei wird empfohlen, eine geförderte Machbarkeitsstudie zur integralen Betrachtung der Energieflüsse und Möglichkeiten zur alternativen Energieversorgung durchzuführen. Eine Möglichkeit hierfür ist die Bundesförderung für Energieeffizienz und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft oder die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG).

INGUN Prüfmittel

Seit der Gründung der INGUN im Jahr 1971 ist ein Teil der Produktion in Konstanz ansässig. Das Werk in der Max-Stromeyer-Straße 162 wurde im Jahr 1985 bezogen und dient heute noch als Zentrale und Hauptsitz der INGUN Prüfmittelbau GmbH. Im Rahmen des sukzessiven Zukaufs an ursprünglich gemieteten Flächen (z. B. Max-Stromeyer-Straße 160, Max-Stromeyer-Straße 164) sowie aus dem Erwerb von Immobilien in naher Umgebung (z. B. Max-Stromeyer-Straße 35) wurde eine weitere Unternehmenseinheit eingerichtet – die INGUN Immobilien GmbH.

Derzeit werden auf dem Parkplatzgelände sieben Ladesäulen errichtet. Die Wärme- und Druckluftversorgung der Produktion erfolgt über eine große Energiezentrale auf dem Gelände des Bürogebäudes Max-Stromeyer-Straße 160.



Abbildung 43: Energiezentrale auf dem Gelände Max-Stromeyer-Straße 160

Neben den Wärme- und Druckluftherzeugungseinheiten befindet sich in diesem Gebäude eine ausgediente Löschwasseranlage, ein Notstromaggregat, zwei Transformatoren und zwei Schaltschränke. Unterkellert ist die Energiezentrale mit einem Wasserspeicher mit 500 m³, der als Vorratsbehälter Regenwasser zu Löschzwecken vorhielt. Der Wasserspeicher ist mittlerweile außer Betrieb und leergepumpt.

Die Druckluftherzeugung erfolgt über zwei Kompressoren, die sich unmittelbar neben der Heizverteilung befinden. Die Wärmeversorgung wird durch zwei Gas-Kessel sichergestellt.

Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz können in folgenden Maßnahmen bestehen:

- Abwärmenutzung der Druckluftherzeugung (ca. 90°C)
- Prüfung, ob der ausgediente Vorratsbehälter als Wärme- bzw. Kältespeicher revitalisiert werden kann (500 m³)
- Prüfung, ob eine Großwärmepumpe in der Energiezentrale anteilig Wärme und Kälte bereitstellen kann
- Prüfung, ob ein BHKW in der Energiezentrale die Eigenstromversorgung erhöhen und ggf. im Verbund mit einer Wärmepumpe eine zukunftsfähige Wärmeversorgung sicherstellen kann
- Prüfung, welche Dachflächen aufgrund von Statik und Ausrichtung für die solare Nutzung (PV/Solarthermie) zur Verfügung stehen
- Prüfung, ob der Trockenwetterabfluss der benachbarten Siele ausreichend ist für eine Kühlung mit Abwasser (Gebäudeklimatisierung des Gebäude 160 aus Naturstein)
- Prüfung, ob ein Energieverbund zwischen den einzelnen Gebäuden (160-164) sinnvoll realisiert werden kann (Straßenquerung Max-Stromeyer-Straße zwischen Gebäude 160 und Gebäude 162)

Business Park Konstanz

Der Businesspark Konstanz bietet Büro- und Gewerbeflächen im Stadtteil Petershausen zur Miete an. Der Business Park besteht aus fünf Hauptgebäuden, die 1975 (A,B,C) bzw. 1993 (F,H) erbaut wurden (siehe Abbildung 44).

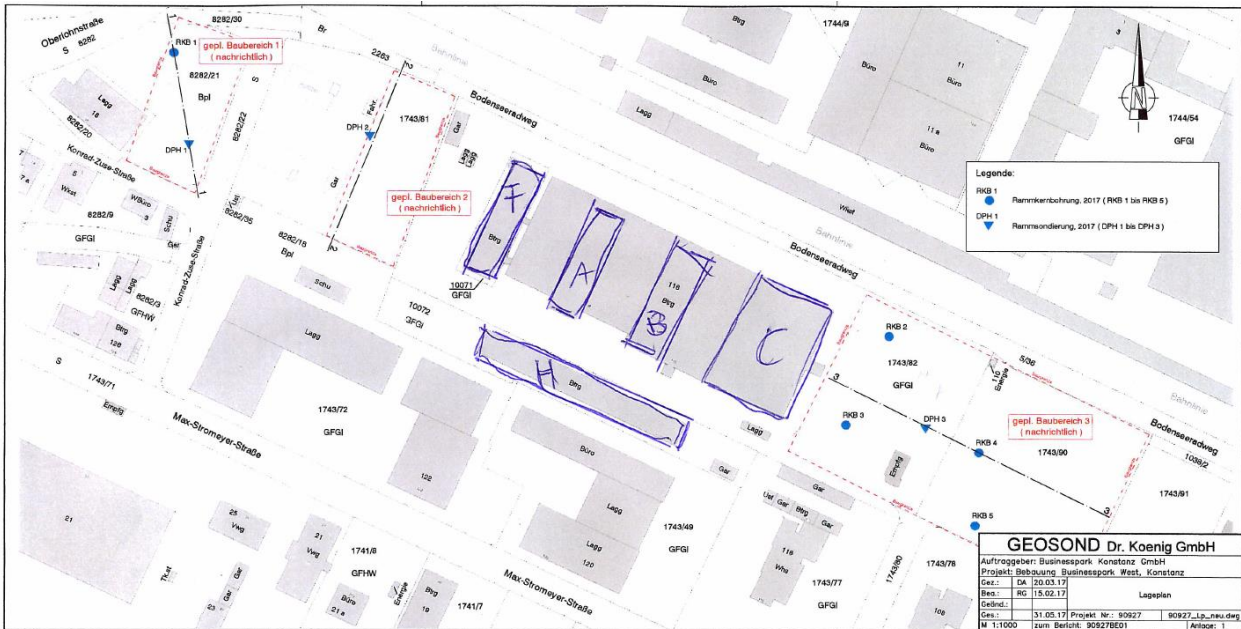


Abbildung 44: Lageplan des Business Park Konstanz

Der Bezug von Strom für die Beleuchtung und (teilweise) Klimatisierung von Büroräumen ist der größte Energieverbrauch des Businessparks. Der Bezug von Gas für die Beheizung liegt bei ca. 1/3 des Strombedarfs. Aufgrund der historisch gewachsenen Wärmeversorgung über offene Gasboiler und der Abgasführung befinden sich die vier Heizzentralen der Gebäude A, B, C und F im Dachgeschoss der Gebäude, die vom Aufbau der Heizungstechnik sehr ähnlich sind und aus jeweils zwei Gaskesseln zur Wärmeerzeugung bestehen. Entsprechend des Baujahrs der Gebäude müssten die Wärmeerzeugungsanlagen mindestens 28 Jahre alt sein, sind aber nach Angaben des Facility-Managers noch in gutem Zustand.

Aufgrund von Undichtigkeiten stehen partiell Dachsanierungen an. Die Fenster wurden in den letzten Jahren umfangreich ausgetauscht, was zu einer merklichen Energieeinsparung von ca. 30% führte. Im geplanten Baubereich 3 (vgl. Abbildung 44), wo derzeit noch der Firmenparkplatz der Business Park GmbH und angrenzend noch ein ungenutztes Grundstück der Spitalstiftung liegen, soll ein neues Quartier entstehen. Neben einem Bürogebäude mit 8.000 m² sollen drei Wohngebäude mit 144 Wohnungen und das Pflegeheim im Quartier untergebracht werden.

Bezüglich der Energieversorgung sind Wärmepumpen, Geothermie und Photovoltaik auf den Dächern vorgesehen (Südkurier, 2021).

Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz des Business Parks können in folgenden Maßnahmen bestehen:

- Prüfung, ob Synergien mit dem geplanten Neubau-Quartier genutzt werden können (Energieverbund, zentrale Wärmeversorgung, Flächenbereitstellung)
- Prüfung, inwiefern Photovoltaik im Zuge der Dachsanierung mitgedacht werden kann (Statik, Dachaufbauten, Verschattung)
- Prüfung, ob oberflächennahe Geothermie zur Wärme- und/oder Kältebereitstellung genutzt werden kann
- Prüfung, ob ein zentrales BHKW zur Eigenstromerzeugung eingesetzt werden kann
- Prüfung, ob die Heizzentralen aus den Obergeschossen in eine gemeinsame ebenerdige Energiezentrale „umziehen“ können (10 Einzelanlagen vs. 1-2 zentrale Erzeugungsanlagen)

4. Detailkonzepte

4.1 Qualitäts- und Entwicklungskonzept Schwerpunktgebiete Grubwiesen und Unterlohn

Im Stadtgebiet Konstanz werden mehr bezahlbare Flächen für Gewerbe, Wohnen und andere Nutzungen benötigt. Der Stadtteil Industriegebiet gerät dabei besonders in den Fokus, da er eine zentrale Rolle für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung der Stadt und der mit ihnen verbundenen Unternehmen einnimmt.

Der künftige Bedarf an Gewerbeflächen im Industriegebiet wird jedoch nicht allein durch die wirtschaftliche Entwicklung bestimmt. Übergeordnete sozioökonomische Trends (bzw. Megatrends) und globale Veränderungen haben signifikante Auswirkungen auf die lokale Gewerbeflächennachfrage (Digitalisierung, demografischer Wandel, Globalisierung 2.0, neue Mobilitätskonzepte, neue Energien und Kreislaufwirtschaft, Schrumpfung des verarbeitenden Gewerbes, neue Arbeitswelten, geändertes Kaufverhalten). Zusätzlich dazu wachsen die Anforderungen von Unternehmen an einen Gewerbestandort hinsichtlich der Nachhaltigkeit, der Aufenthaltsqualität und gesundheitlicher Aspekte.

Entsprechend ist es Aufgabe der Kommune in Zusammenarbeit mit den ansässigen Unternehmen und den interessierten Bürgern, das Quartier für die dort arbeitenden Personen, Unternehmen und Einwohner:innen aufzuwerten (z. B. attraktives Erscheinungsbild, Grün- und Aufenthaltsflächen im öffentlichen Raum, eine leistungsstarke, digitale Infrastruktur, einen guten Anschluss an das Straßen- und ÖPNV-Netz, Instandhaltung und Ausbau des Radwegenetzes, innovative, klimaneutrale Logistik- und Mobilitätskonzepte, Servicestationen für LKW-Parkplätze, Betreuungsangebote für Kinder, Freizeit- und Sportangebote sowie ortsnahe Lebensmittelversorgung und soziale Einrichtungen).

Ziel des Qualitäts- und Entwicklungskonzepts ist es, für die Profilierung und die Imagebildung eines zukunftsfähigen, hochwertigen und klimaneutralen Industriegebiets generell und besonders für die zwei Schwerpunktquartiere Unterlohn und Grubwiesen passgenaue Konzepte und Maßnahmen zu empfehlen.

Die Untersuchungen beziehen sich dabei auf folgende Bereiche:

- Bedarf an Infrastruktur für umweltfreundliche Mobilität
- Flächeneffizienz
- Schaffung hochwertiger und klimawandelangepasster Freiräume
- Schaffung kooperativer Gebietsstrukturen mit gemeinsam genutzten Orten
- Geeignete Orte für neue Formen des Arbeitens
- Energetische Einsparpotenziale
- Wärmeerzeugungsmöglichkeiten

Zusätzlich zu den genannten Schwerpunkten sind funktionierende, innovative und branchenübergreifende Netzwerke im Quartier ein zentraler Erfolgsfaktor bei der Entwicklung hin zu einem Industriestandort mit überregionaler Bedeutung. Sie sind auch Voraussetzung für viele hier aufgeführte Maßnahmen der Qualitätssicherung und wesentlich zur Fachkräftesicherung und -gewinnung.

Die Schaffung geeigneter Austauschformen und Austauschorte im Industriegebiet steht daher am Anfang des Transformationsprozesses. Nur durch aktive Teilhabe aller ansässigen Unternehmen und ihrer

Mitarbeiter:innen gelingt eine Verstetigung der Aufwertung und Entwicklung des gesamten Industriegebiets.

Es ist zu beachten, dass alle hier entwickelten Maßnahmen aufgrund des rasanten technologischen, ökonomischen und ökologischen Wandels kontinuierlich überprüft und angepasst werden müssen.

Vorstellung der Schwerpunktgebiete

Allgemeine Einordnung

Innerhalb des Quartiers wurden die zwei Schwerpunktgebiete „Grubwiesen“ und „Unterlohn“ hinsichtlich ihrer Qualität und städtebaulichen Entwicklungspotenziale untersucht. Ziel ist es, die Flächenpotenziale im Stadtviertel „Grubwiesen“ zu heben, kurz- bzw. mittelfristig das Schwerpunktquartier nachzuverdichten, eine intensive Flächennutzung anzustreben und qualitativ aufzuwerten. Der Bereich Unterlohn soll so entwickelt werden, dass eine zukunftsfähige gewerbliche Expansion der Betriebe einschließlich Wiedernutzung bei Betriebsaufgaben möglich ist und der Wohnanteil im Einklang mit den Betrieben in den bereits durchmischten Bereichen erhöht werden kann. Beide Schwerpunktgebiete liegen im Bereich des Hochwassergefahrengiets. Dies bildet eine besondere Herausforderung für ihre städtebauliche und qualitative Entwicklung (Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2021).

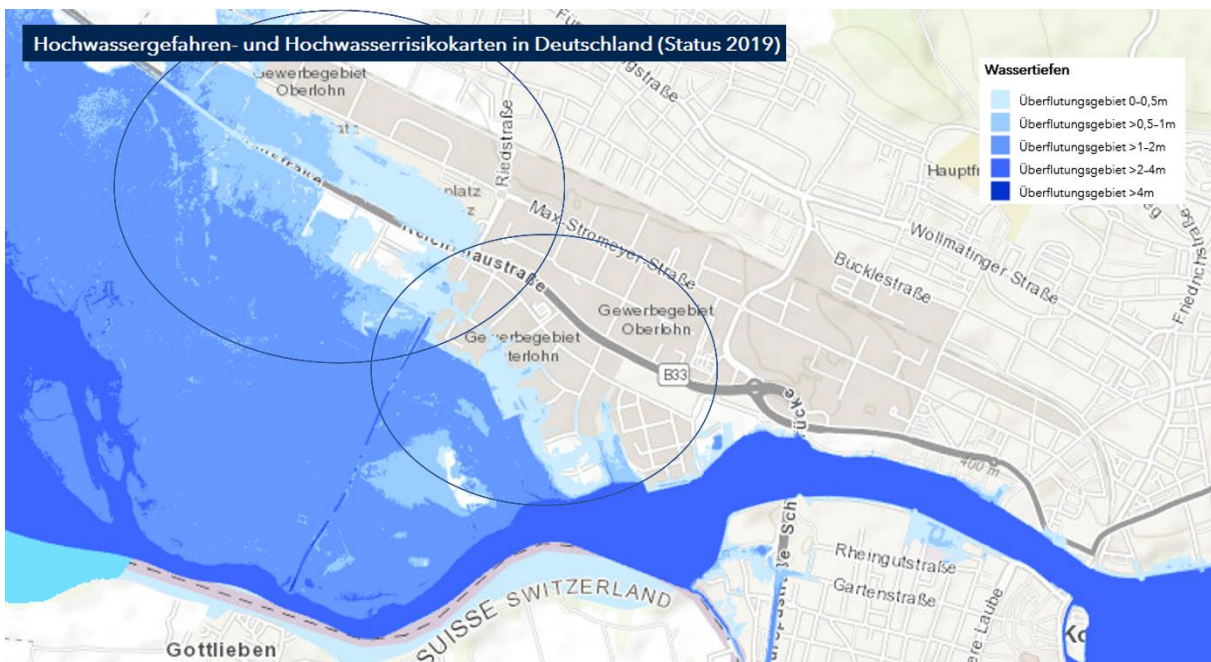


Abbildung 45: Hochwasserrisikokarte Deutschland

Für das Gebiet „Grubwiesen“ wurde zusätzlich ein Energiekonzept erstellt, bei dem verschiedene Energieversorgungsvarianten für das Stadtviertel miteinander verglichen werden (siehe Kapitel 4.2).

Quartier Unterlohn

Das Gewerbegebiet Unterlohn befindet sich im westlichen Teil der Stadt Konstanz und umfasst ca. 31 ha. Nach Norden wird das Quartier von der Reichenaustraße (B 33), nach Westen und Süden von der Fritz-

Arnold-Straße und nach Osten von der Rudolf-Diesel-Straße begrenzt. Nach Südwesten begrenzt das Naturschutzgebiet „Wollmatinger Ried“ das Quartier.

Ziel ist es, den Standort für gewerbliche Nutzungen zu erhalten und zu stärken sowie Entwicklungsmöglichkeiten für gewerbliche Betriebe bereitzustellen, die Flächeneffizienz zu steigern und die städtebauliche und Freiraumqualität mit attraktiven Gebäudestrukturen, Gestaltungs- und Begrünungsmaßnahmen im privaten und öffentlichen Raum zu erhöhen (Strukturkonzept Unterlohn, 2020). Durch die erfolgte Bebauungsplanänderung (siehe Abschnitt 1.2) hat die Kommune neue Gestaltungsmöglichkeiten, Unterlohn zu einem Stadtteil der „kurzen Wege“ zu entwickeln, in dem alle lebenswichtigen Services für die Bewohner:innen fußläufig oder mit dem Fahrrad in 15 Minuten zu erreichen sind. Bequeme Mobilität wird so ohne eigenes Auto ermöglicht. Die dadurch mögliche Reduzierung der Straßeninfrastruktur im urbanen Gebiet von Unterlohn ermöglicht die Gestaltung attraktiver öffentlicher Räume und Aufenthaltsflächen, die die Lebensqualität im Wohnviertel verbessern.

Verkehr

Die verkehrlichen Abläufe in Unterlohn erfolgen vorwiegend multimodal: Es besteht Parallelität von nicht-motorisierten Individualverkehrsmitteln (Zufußgehen, Fahrräder, usw.) und motorisierten Verkehrsmitteln (parkend und fahrend). Insgesamt herrscht starkes Aufkommen von Quell- und Zielverkehren insbesondere zu Zeiten des Berufsverkehrs durch Pendelverkehr von im Quartier arbeitenden Personen und Elterntaxis vor Schul-bzw. Kindergärten.

Aufgrund der kleinteiligen baulichen Dichte und der bestehenden Mischung aus Wohnen und Gewerbe sind schmale Straßenfluchten und einspurige Fahrbahnen vorherrschend. Stellplätze am Straßenrand verengen Gehwege und teilweise ergeben sich unübersichtliche Toreinfahrten (z. B. in den engeren Straßen im südlichen Teil von Unterlohn). Insgesamt ist das Quartier für den nicht-motorisierten Verkehr aufzuwerten. Das Stadtviertel Unterlohn ist sehr gut durch den öffentlichen Verkehr erschlossen und gut an das überörtliche Verkehrsnetz angebunden. Das Radwegenetz ist innerhalb des Schwerpunktgebietes nur streckenweise ausgebaut (in Fahrtrichtung entlang der Reichenaustraße).

Schwerpunktgebiet Grubwiesen

Das Schwerpunktgebiet Grubwiesen ist ein Stadtviertel im Westen des Stadtteils Industriegebiet. Das Gebiet Grubwiesen erstreckt sich entlang der Byk-Gulden-Straße und wird begrenzt durch die Riedstraße im Osten und der Landesstraße L221 im Westen. Im Norden wird das Quartier durch die Bahnlinie und den Bodenseeradweg begrenzt. Im Süden befindet sich der Verkehrslandeplatz Konstanz. Der nördliche Teil ist geprägt von großflächigen Gewerbetrieben u. a. der Campus von „The Plant“ mit zwölf Gebäuden unterschiedlicher Nutzung (Büro, Labor, Lager und Werkstätten). Im südlichen Bereich ist die Gewerbestruktur kleinteiliger und überwiegend durch Handwerksbetriebe geprägt. Vorwiegend besteht das Gebiet aus großflächigen Industrie- und Gewerbestandorten mit eigenen Parkplätzen für Kund:innen und Mitarbeiter:innen.

Verkehr

Das Quartier ist verkehrstechnisch sehr gut angebunden mit Bahn (Bahnhof Wollmatingen) und Bodenseeradweg. Die verkehrlichen Abläufe erfolgen vorwiegend multimodal: Es gibt Parallelität zwischen

nicht-motorisierten Individualverkehrsmitteln (insbesondere Fahrräder) und motorisierten Verkehrsmitteln (fahrend). Parkplätze sind ausreichend vorhanden, u. a. ein P&R LKW-Parkplatz (ohne qualifizierte Dienstleistung wie z. B. Toiletten, zeitweise Lagerplatz für Baumaterial, Standort für Bootsanhänger, Nutzung vor Transitgrenzübergang in die Schweiz, etc.).

Verkehrslandeplatz

Der Verkehrslandeplatz (VLP) mit einer Fläche von 23 ha hat nicht nur für die Stadt Konstanz eine hohe Relevanz: Der Generalverkehrsplan des Landes Baden-Württemberg unterstreicht seine regionale Bedeutung für die regionale Wirtschaft sowie seine touristische und Freizeitfunktion. Der VLP Konstanz schließt südlich an das Gewerbegebiet Grubwiesen an und befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Schienennetz mit dem Bahnhof Konstanz-Wollmatingen. Träger des Verkehrslandeplatzes ist die Flughafengesellschaft Konstanz GmbH. Hier findet Motor-, Ultraleicht- und Segelflugbetrieb (jedoch kein Linienverkehr) statt. Der Betrieb des Verkehrslandeplatzes ist bis mindestens 2030 genehmigt. Danach ist eine Neubewertung durch die Stadt Konstanz vorgesehen. Im Blickpunkt der Entwicklung stehen zusammenhängende Belange wie u. a. Tourismus, Verkehr, Freizeit und Naherholung, Grünordnung, bauliche Entwicklung sowie Immissionsschutz. Ziel ist es mittelfristig, den Flughafen als Wirtschafts- und Freizeitstandort zu erhalten und die damit verbundene touristische Attraktivität zu steigern.

Bedarf an Infrastruktur für umweltfreundliche Mobilität

Umweltfreundliche Mobilität im Industriegebiet

Die Stadt Konstanz hat schon 2013 einen bedarfsorientierten Masterplan Mobilität entwickelt (Stadt Konstanz, 2013). In diesem Rahmen ist das Industriegebiet so zu entwickeln, dass umweltfreundliche Alternativen für Mobilität – ein zentraler Schlüssel zu einer lebenswerten Stadt – für die dort arbeitenden und wohnenden Menschen geschaffen werden.

Dazu zählt in erster Linie das Vorhalten einer zukunftsfähigen Infrastruktur:

- für ein flächendeckendes, sicheres und komfortables Rad- und Fußverkehrsnetz insbesondere für Kurz- bis Mittelstrecken mit Radparkplätzen an ÖPNV-Knotenpunkten und Lademöglichkeiten für E-Bikes,
- für ein elektrifiziertes ÖPNV- Angebot,
- von Ladestationen für Elektromobilität.

Ziel ist es, ein bezahlbares, flexibles und klimaneutrales Verkehrsangebot für die Bedürfnisse aller Verkehrsteilnehmer zu schaffen und gegenseitige Behinderungen von motorisiertem Individualverkehr, Fahrradverkehr und ÖPNV zu minimieren. Die multimodale Mobilität muss gemeinwohlorientiert digital vernetzt und mit neuen Mobilitätsdienstleistungen verknüpft werden. Die Entwicklung hin zu einem Stadtteil der „kurzen Wege“ reduziert den Autoverkehr langfristig und gibt den Straßenraum frei für mehr Lebensqualität im Industriegebiet.

Folgende Maßnahmen sollen dazu beitragen, den Umstieg auf eine umweltfreundliche Mobilität zu erleichtern:

- Ausbau der im Umweltverbund entwickelten Mobilitätssäulen mit nachhaltigen Mobilitätsangebot an den Bahnhöfen Konstanz-Fürstenberg und Konstanz-Wollmatingen, um den Umstieg auf emissionsarme Mobilität für die Nutzer:innen im Industriegebiet zu vereinfachen, z. B. am Parkhaus Businesspark Konstanz
- Konzept für sichere mobile Fahrradparkplätze – vom einfachen überdachten Abstellplatz über eine Fahrradgarage, Repair-Station mit angeschlossenen Café mit Duschen, Umkleiden, Haartrocknern, Getränkeautomaten und Abstellmöglichkeiten. Durch Wiedererkennung im gesamten Industriegebiet (Marketing/Branding) motiviert dies den Umstieg auf das Fahrrad und verbindet die Quartiersfunktion mit der Infrastruktur des Bodenseeradwegs.
- Ausbau von kombinierten Sharing-Systemen (stationäre und free-floating) als Alternative zum privaten Auto und Übergang zu Multimodalität (Carsharing, Ridesharing, Ridepooling, neue Mobilitätsdienstleistungen), z. B. mit den Stadtwerken Konstanz, alternativen Anbietern oder im Flotten-Verbund mit den ansässigen Unternehmen und Ausbau der Ladeinfrastruktur zur Nutzung alternativer Antriebe für Fahrzeuge
- Moderne Arbeitgeber:innen übernehmen soziale und ökologische Verantwortung für ihr betriebliches Handeln. Innovative Mobilität ist Kernbestandteil der Verpflichtung zur gesellschaftlichen Unternehmensverantwortung und nachhaltigem Wachstum. Mit Hilfe einer Pooling-Plattform können stadtteil- und unternehmensweite Mitfahrgelegenheiten für Unternehmen organisiert werden. z. B. [Comovee](#).
- Ein Mobility-as-a-Service (MaaS)-System soll alle verfügbaren Verkehrsmittel in einer einzigen App zusammenführen, sodass die Nutzer:innen nachhaltiger Mobilität alle Möglichkeiten ermitteln können, um von A nach B zu kommen. Der Service schließt keine persönlichen Fahrzeuge ein, da der Sinn von MaaS darin besteht, individuelle Autofahrten auf ein Minimum zu reduzieren. Gefördert werden sollen dadurch auch unternehmensübergreifende Mitfahrangebote/Fahrgemeinschaften. Dies kann unterstützt werden durch ausgeschilderte Mitfahrbänke im öffentlichen Raum insbesondere an der Byk-Gulden-Straße und der Riedstraße am Bahnhof Konstanz-Wollmatingen.

Integrationslevel bei Mobility-as-a-Service



Abbildung 46: Integrationslevel Mobility-as-a-service (Quelle: Verkehrswendebüro)

Logistik

Der Lieferverkehr leistet aktuell einen maßgeblichen Beitrag zum Funktionieren des Quartiers. Gleichzeitig verursacht er Emissionen und trägt wesentlich zu den Verkehrs- und Umweltproblemen insbesondere in Unterlohn bei. Hinzu kommt das hohe Sendungsaufkommen, das insbesondere durch die Pandemie stark gestiegen ist, mit negativen Folgen wie Lärm, Emissionen und Stau.

Folgende Maßnahmen zur Minderung der Treibhausemission sollen für den Bereich der Logistik entwickelt werden:

- Entwickeln einer Quartierslogistik und -dienstleistung mit kooperativen Sammel- und Verteilzentren (Urban-Hub): Die Warenströme können im Industriegebiet oder für die Innenstadt zentral angeliefert und über einen neutralen Kurier-, Express- und Paketdienstleister (KEP)-Dienstleister (z. B. Südkurier CityLogistik) verteilt werden. Die Zustellung der letzten Meile im Quartier erfolgt ausschließlich durch elektrisch betriebene Fahrzeuge oder Lastenräder (Wertschöpfung insbesondere für das Schwerpunktgebiet Unterlohn).
- Multifunktionale Gebäude: Die Logistik wird mit weiteren Quartiersfunktionen gebündelt und Synergieeffekte gehoben (Beispiel Paris: Logistik, Öffentliche Einrichtungen, Wohneinheiten, Büros, Fitnesscenter, Restaurant, Business School, Rechenzentrum und ein Sportplatz auf der Dachfläche (Hôtel logistique Chapelle International in Paris, 2021, s. Abb. 47)). Ein Multifunktionsgebäude mit Aussichtscafé, Gastronomie, Forschung & Entwicklung, Hotel, Büro und Wohnen sowie Logistik kann z. B. im Neubaugebiet am Verkehrslandeplatz Konstanz angesiedelt werden.



Abbildung 47: Hôtel logistique Chapelle International in Paris-
Visualisierung A.26 Architectures, J-C N'Diaye

Die Kommunikation und Koordination aller Dienstleistungen und Angebote soll über eine Quartiers-App und eine eigene Internetseite aber auch analog erfolgen. Das Management der Dienstleistungen erfolgt über ein Quartiersmanagement. Die unterschiedlichen Quartierstypologien der zwei Schwerpunktquartiere, städtebauliche Merkmale und unterschiedliche Verkehrssituation erfordern jedoch zu den o. g. Möglichkeiten eine differenzierte Herangehensweise bei der Planung und Umsetzung (siehe Allgemeine Beschreibung des Quartiers).

Maßnahmen für klimafreundliche Mobilität im Schwerpunktgebiet Grubwiesen

- An der Unfallgefahrstelle des Verkehrskreisel Oberlohnstraße/Max-Stromeier-Straße sollen Verbesserungspotenzial für den Radverkehr ausgelotet werden (z. B. über bessere Ausschilderung, Bodenmarkierung)
- Die Riedstraße hat die Funktion einer Verbindungsstraße zwischen dem Bahnhof Konstanz-Wollmatingen und der Bundesstraße 33 und führt zum zweiten Schwerpunktgebiet nach Unterlohn. Unter dem Aspekt der Stärkung der Nahmobilität und des veränderten Mobilitätsbewusstseins und ihrer verbindenden Funktion zu den umliegenden Stadtquartieren bis zum Bahnhof Konstanz-Wollmatingen wird die Bedeutung der Straße für die nachhaltige Mobilität weiter zunehmen. Der Straßenraum soll gestalterisch aufgewertet werden, z. B. durch breitere Flächen für Fahrradfahrer:innen und Fußgänger:innen sowie öffentliche Ladeinfrastruktur. Grundsätzlich

sollten ab einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h durch eine Trennung geschützte Fahrradwege geplant werden.

- Errichten einer Ladestation für Elektrofahrzeuge südlich vom Bahnhof Wollmatingen und am Verkehrslandeplatz Konstanz, um den Umstieg auf emissionsarme Mobilität für die Nutzer:innen im Industriegebiet zu vereinfachen. Die empfohlene Ladestation am Bahnhof Wollmatingen wird bei der künftigen Umgestaltung des Geländes vorgesehen.
- Aufwertung des P&R LKW-Parkplatzes an der Claude-Dornier-Straße durch attraktive, überdachte und begrünte Pausenflächen mit Sanitärbereich, Rasengitter mit Baum- oder Heckenreihen und einer entsprechenden Anzahl von E-Ladesäulen und Beleuchtung (LED).
- Mittelfristig soll laut Gesprächen mit „THE PLANT“ bei entsprechendem Bedarf der zum Firmengelände gehörende Parkplatz entlang der Byk-Gulden-Straße durch ein Parkhaus ersetzt werden. Es empfiehlt sich dabei, Stellplätze für E-Scooter und E-Fahrräder einzuplanen, ausgewiesene Flächen für Car-Sharing im Erdgeschoss vorzuhalten und mit einer Bushaltestelle für den schnellen Umstieg auf den ÖPNV zu verknüpfen. Dadurch erhält der Parkplatz seine Funktion als Verkehrsplattform. Auch weitere Unternehmen im Stadtteil sollten ihr Auto hier abstellen können (Quartiersparken). Das Parkplatzmanagement kann digital unterstützt werden. Eingebaute Parksensoren ermöglichen auf jedem Stellplatz eine intelligente Steuerung der Parkbelegung. Nutzer:innen registrieren sich einmalig über eine digitale Plattform und bekommen bei jeder Einfahrt einen freien Stellplatz zugewiesen. Das Parkhaus soll seine Energie für E-Mobilität mit PV-Modulen auf dem Dach selbst erzeugen und einen integrierten Stromspeicher vorhalten. Das Dach des Parkhauses soll begrünt werden und Kletterpflanzen an den Fassaden sollen für ein optische Aufwertung und biologische Vielfalt sorgen.
- Funktionale und räumliche Aufwertung des Gebiets rund um den Bahnhof Konstanz-Wollmatingen: z. B. Aufwertung des Parkplatzes durch attraktive, überdachte und begrünte Pausenfläche mit Sanitärbereich, Rasengitter mit Baum- oder Heckenreihen, einer entsprechenden Anzahl von E-Ladesäulen und Beleuchtung (LED), einer erweiterten Fahrradstation mit Fahrradparkplatz und einem Urban Hub/Paketstation.
- Neuordnung Übergang Bodenseeradweg zur Riedstraße am Bahnhof Wollmatingen: Hier entstehen Konflikte zwischen Fußgänger:innen und Fahrradfahrer:innen sowohl bei der Kreuzung der Fahrradwege in Richtung Bahnhof Wollmatingen als auch beim dortigen Nebeneingang vom Firmengelände von „THE PLANT“. Weiterhin könnte eine zusätzliche Begrünung das Gebiet um den Bahnhof zusätzlich aufwerten.
- Ein bedarfsgerechter (zukünftig autonom fahrender) e-Shuttle-Service im Schwerpunktgebiet Grubwiesen alternativ zum ÖPNV insbesondere am Bahnhof Wollmatingen entlang der Byk-Gulden-Straße und der Lilienthalstraße sollte im nördlichen Teil des Quartiers ausgebaut werden. Dabei sind mindestens sechs Haltestellen einzuplanen (Riedstraße, Finanzamt, P&R, Avis Autovermietung, Gerry's Backpacker, P&R LKW-Parkplatz, Bahnhof Wollmatingen).

- Das Leihrad-Angebot am Verkehrsflughafen soll um weitere umweltfreundliche Mobilitätsangebote und -dienstleistungen erweitert und ein Leitsystem für Besucher und Touristen errichtet werden, um die Bekanntheit und die Attraktivität des Standorts zu steigern.
- Zusätzliche Flächenversiegelung durch Verkehrs- und Stellplatzflächen am Verkehrslandeplatz soll vermieden und die Parksituation geordnet werden.
- Die Erschließung der neuen Baufläche ist so zu planen, dass das Neubaugebiet an den Umweltverbund angeschlossen wird.

Logistik

- Neubauquartier: Benötigte Flächen für die logistische Versorgung, deren Prozesse und die benötigte Infrastruktur sollen bereits mit der Planung entwickelt und von Beginn an in das Planungskonzeption berücksichtigt werden, sowie die Möglichkeiten, neue KEP-Konzepte (Kurier-, Express- und Paketdienstleister) zu implementieren.
- Entsprechend der technologischen und kostenseitigen Entwicklung besteht die Möglichkeit auf dem Verkehrslandeplatz zukünftig autonom operierende Konzepte, z. B. Transportdrohnen und Schwerlastdrohnen, einzurichten und freizuhalten (Beispiel Velodrone von Volocopter, ab 2024; Einbindung von Forschung & Entwicklung).

Maßnahmen für umweltfreundliche Mobilität im Schwerpunktgebiet Unterlohn

- An der Unfallgefahrenstelle Kaufland⁴ sollte Verbesserungspotenzial ausgelotet werden (z. B. Ausschilderung, Bodenmarkierung). Ebenso soll die Sichtbarkeit in der Siemensstraße und in der Robert-Bosch-Straße Ecke Fritz-Arnold Straße verbessert werden (zweite Reihe Parken).
- Fahrradwege sollten insbesondere in den Gebieten mit hohem Wohnnutzungsanteil ausgewiesen und die bestehenden Fahrradwege an der Reichenaustraße sollten hinsichtlich der Qualität und der Sicherheit optimiert werden (in beiden Richtungen, besser abgetrennt von der Fahrbahn).

Logistik

- Der Lieferverkehr im Quartier soll entsprechend der Anforderung an die B2B- und B2C-Logistik gebündelt und dadurch reduziert werden (Minimierung der infrastrukturellen und verkehrlichen Belastungen durch den KEP-Verkehr).
- Quartiers-Logistik mit Urban Hubs (Springer Fachmedien München GmbH, 2019)

⁴ Seit 2016 gab es fünf Unfälle mit Personenschäden vor dem Kaufland Gebäude in der Carl-Benz-Straße 22 (Statistisches Bundesamt, 2021)

Flächeneffizienz

Flächeneffizienz im Industriegebiet

Die Flächenknappheit von Gewerbeflächen stellen ein Risiko für den Wirtschaftsstandort Konstanz dar, da die Stadt im Vergleich zu anderen Oberzentren in Baden-Württemberg den geringsten Bestand an Gewerbeflächen hat (Stadt Konstanz, 2020). Die Nachfrage nach Gewerbeflächen in Konstanz steigt kontinuierlich. Insgesamt wird in dem Gewerbeflächenkonzept der Stadt von einem Gewerbeflächenbedarf zwischen 20 ha und 38 ha bis 2030 ausgegangen, insbesondere für die Bereiche Lager und Produktion (Stadt Konstanz, 2018). Aber auch Einzelhändler melden zunehmend Bedarf an.

Eine tragfähige Gewerbeflächenentwicklung erfordert für das Quartier:

- das Heben der Innenentwicklungspotenziale,
- die Aktivierung von Brachflächen (in dem Rahmen, in dem Brachflächen vorhanden sind),
- das Steigern der Flächeneffizienz im gesamten Industriegebiet.

Dafür ist die Erhebung von Informationen zu Flächenpotenzialen und möglichen Flächeneffizienzen als wichtiger Baustein für die beiden Schwerpunktgebiete essenziell, um ein transparentes und detailliertes Bild der aktuellen Flächensituation und der tatsächlichen Flächenverfügbarkeit zu bekommen. Der künftige Flächenbedarf im Industriegebiet wird sich allerdings stetig weiter verändern. Neue „hybride“ Geschäftsmodelle mit intelligenten Wertschöpfungsketten, die zunehmende Verzahnung von Produktion und Dienstleistung, neue Anforderungen an die Fläche durch die Entwicklung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien, innerstädtische Logistikhubs und „Neue Arbeitswelten“ erfordern ein flexibles Standort- und Flächenmanagement. Da neue Flächen für gewerbliche Nutzungen nur mittel- bis langfristig in begrenztem Umfang zur Verfügung stehen, kommt dem Erhalt und der Entwicklung der bestehenden Gewerbestandorte eine besondere Bedeutung zu. Zur besseren Steuerung der Flächenentwicklung investiert die Stadt Konstanz in ein digitales Wirtschaftsflächenkataster (Handlungsprogramm Wirtschaft 2030, 2019). Kernelemente sind Informationen über Flächenangebot und Flächennachfrage für private Eigentümer und Unternehmen auf Angebots- und Nachfrageseite.

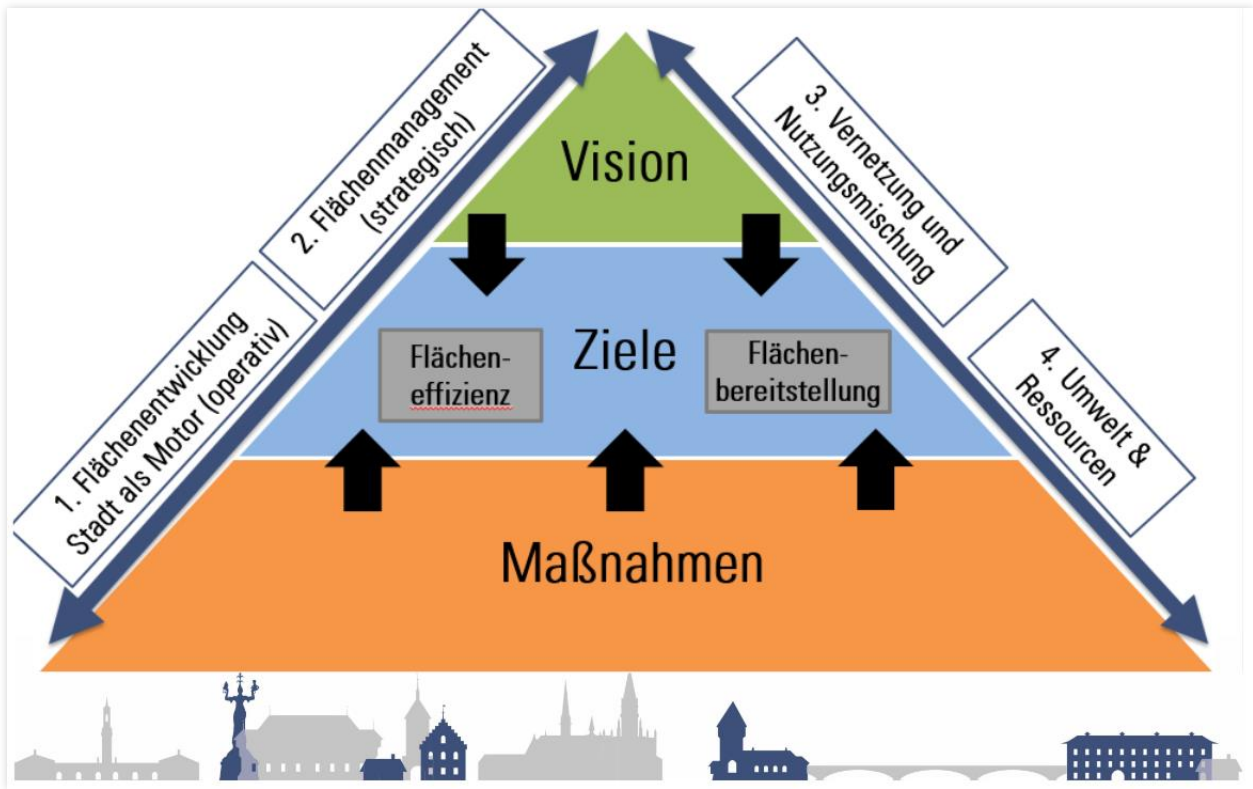


Abbildung 48 Maßnahmen zur Flächeneffizienz aus dem Handlungsprogramm Wirtschaft 2030

Maßnahmen für die Flächeneffizienz

Verkehrsinfrastruktur

- Reduzierung des Verkehrsflächenanteils für den motorisierten Individualverkehr, Vorrang für den nicht-motorisierten Individualverkehr
- Ausschluss offener, ebenerdiger Stellplätze innerhalb der überbaubaren Grundstücksfläche im gesamten Gewerbegebiet – bislang nur ausgeschlossen in Stromeyersdorf und Teilen von Unterlohn (Stadt Konstanz, 2019)
- Wenn Stellplätze nachweislich nicht in ein Gebäude integriert werden können, ist ausnahmsweise die Errichtung möglich, wenn eine Überdachung begrünt wird und/oder als begehbare Aufenthaltsfläche gestaltet wird und/oder Photovoltaik/Solarthermie integriert wird.
- Entwicklung multifunktionaler Verkehrsflächen

Gebäude

Durch Nachverdichtung können Synergien geschaffen und Energie und Ressourcen eingespart sowie Fläche gewonnen werden. Im Kontext der städtebaulichen Nachverdichtung ist die „bauliche Dichte“ relevant. Die Kennziffern der Bebauungsdichte sind die Grundflächenzahl (GRZ), die Geschossflächenzahl (GFZ) und die Baumassenzahl (BMZ). Die Stadt Berlin hat Möglichkeiten und Maßnahmen für

Flächeneffizienzen in Gewerbegebieten erarbeitet. Diese lassen sich auch für das Gewerbegebiet Konstanz anwenden.

Möglichkeiten der Nachverdichtung von Gewerbebeständen:

Möglichkeiten baulicher Nachverdichtung von Gewerbebeständen

- **Aufstocken** Bei niedrigen Gebäuden kommt eine Aufstockung in Frage, sofern die statischen Voraussetzungen gegeben sind.
- **Anbauen** Bestehende Gebäude können durch direkte Anbauten erweitert werden.
- **Lückenschluss** Bei Baulücken bietet sich die Schließung der Lücke durch einen eigenständigen Neubau an.
- **Hinterlandbebauung und Blockinnenbebauung** Das Bauen „in zweiter Reihe“ erfolgt durch die Ergänzung eines selbständigen Gebäudes auf demselben Grundstück. Die ergänzende Bebauung eignet sich insbesondere bei tiefen Grundstückszuschnitten und großen Blockinnenbereichen.
- **Neubau auf un- und untergenutzten Flächen** Brachgefallene Flächen sowie Flächen, die hinsichtlich ihrer baulichen Dichte anderweitig untergenutzt sind, bieten sich für Neubauten an (wie z.B. überdimensionierte, wenig ausgelastete Kfz-Stellplatzanlagen und Lagerplätze).
- **Ersatzneubau** Bei nicht erhaltenswerten Gebäuden kann geprüft werden, ob sich ein Abriss des Bestands und Neubau mit einer höheren Dichte an derselben Stelle realisieren lässt.

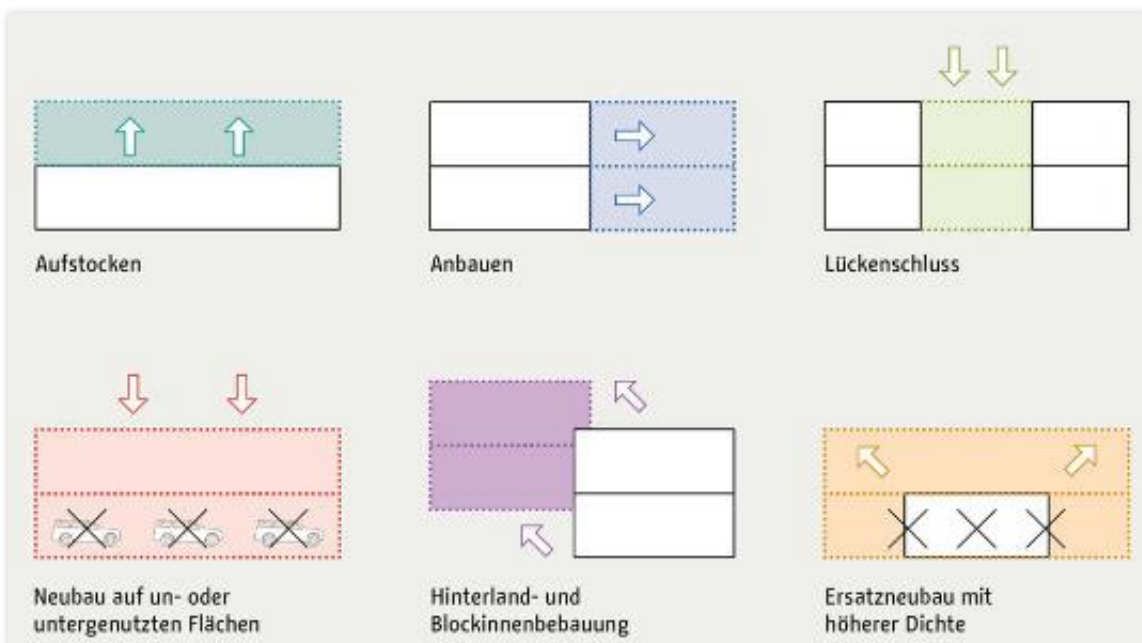


Abbildung 49: Möglichkeiten der Nachverdichtung von Gewerbebeständen ©SenStadtWohn, Berlin

Weitere Maßnahmen für mehr Flächeneffizienz sind:

- Hohe Nutzungsintensität für Neubauten im Sinne der Circular Economy (höhere Nutzeranzahl oder unterschiedliche Nutzungszeiten, z. B. tagsüber Kantine, abends Veranstaltungsraum). Für Bestandsgebäude sollte eine höhere Nutzungsintensität geprüft und unterstützt werden.
- Optimierung der flächenintensiven Nutzung (Logistik, Baustoffe, Extensive Lager- und Abstellflächen) durch Auslagerung und/oder geteilte Nutzung
- Empfehlung für die Berücksichtigung der Ideen einer Kreislaufwirtschaft entsprechend der EU-Abfallhierarchie definiert in fünf Stufen (Leitbild Zero Waste) u. a. zur Reduzierung von Entsorgungsflächen:
 - Vermeidung,
 - Vorbereitung zur Wiederverwendung,
 - Recycling,
 - Sonstige [energetische] Verwertung,
 - Beseitigung (z. B. Deponierung)
- Durch die Bebauung von Flächen gehen wichtige Grünflächen verloren und die Überflutungsgefahr steigt. Die Aufgabe ist es deshalb, zukünftig verschiedene Flächennutzungen nicht nebeneinander zu entwickeln, sondern miteinander zu verknüpfen. Stadtgrün und Überflutungsschutz müssen sich in den multifunktional genutzten Straßenraum einfügen.

Flächeneffizienz in Grubwiesen

Weitere Möglichkeiten zur Verringerung des Flächenverbrauchs im Bestandsgebiet sind:

- Aufstellen mobiler Raumeinheiten (z. B. Containermodule über Lagerflächen) für temporäre Flächenbedarfe (z. B. bei zeitweiser Expansion von Unternehmen oder temporären Angeboten wie Corona-Testzentren)
- Überdachung von Stellplätzen mit Photovoltaik oder Begrünung,
- Effiziente Nutzung von Parkflächen
 - Mehrgeschossige Parkpaletten
 - Leere Hofstellen als Lager oder Logistikflächen
- Verringerung des Flächenverbrauchs im Neubaugebiet durch verdichtete und flächensparende Bauweise
- Neue Nutzungen wie z. B. Urban Farming (horizontal und vertikal)

Flächeneffizienz in Unterlohn

Das Strukturkonzept macht deutlich, dass sowohl ein hohes Potenzial für horizontale Verdichtung (geringe Grundflächenzahl (GRZ) von 0,21-0,4; punktuell 0,4-0,6; Maximalwert 0,73) als auch für vertikale Verdichtung (größtenteils Geschossflächenzahl (GFZ) unter 1,0; Maximalwert 2,0) vorliegt (vgl. Abbildungen 50 und 51).



Abbildung 50: GFZ / GRZ Strukturkonzept Gewerbegebiet Unterlohn, Stadt Konstanz

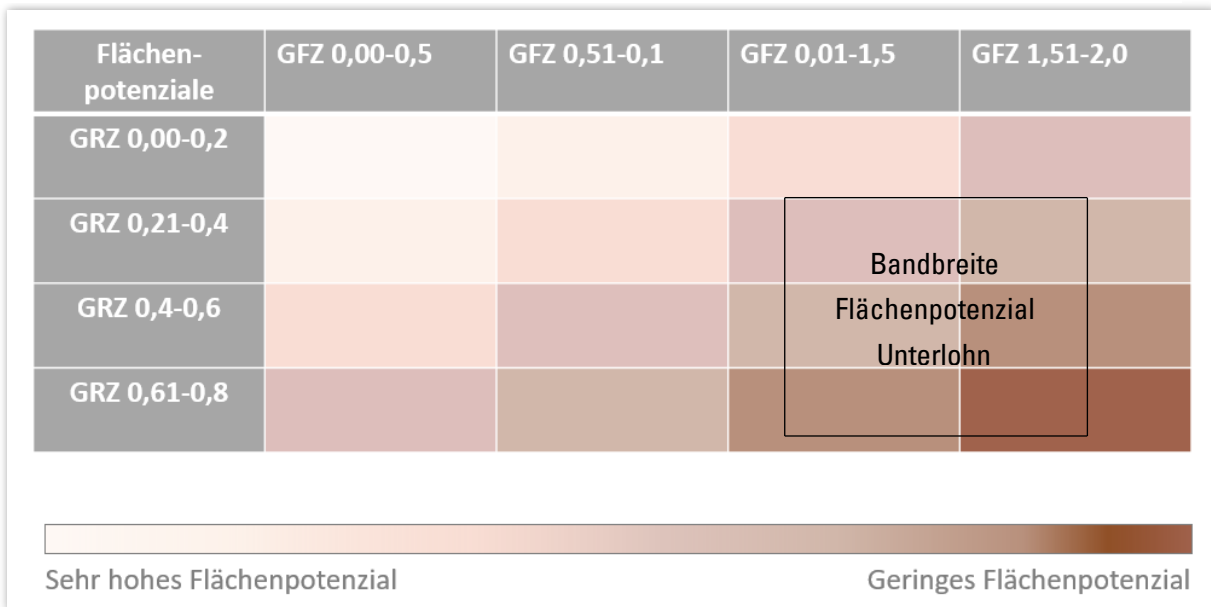


Abbildung 51: Flächenpotenzial Unterlohn im Vergleich

Quelle: Eigene Darstellung

Durch die Umstrukturierung und Neusortierung von Nutzungen können ebenfalls Flächen entstehen, die dem zunehmenden Bedarf an Wohnungsbau zur Verfügung gestellt werden können.

Schaffung hochwertiger und klimawandelangepasster Freiräume

Hochwertige und klimawandelangepasste Freiräume im Industriegebiet

Die Auswirkungen des Klimawandels stellt Konstanz vor vielfältige Herausforderungen. Häufiger auftretende sommerliche Hitzeperioden, Trockenheit und Extremereignisse, wie z. B. Starkniederschläge, beeinträchtigen die Gesundheit und Lebensqualität der Bewohner, sie gefährden das urbane Grün, insbesondere Stadtbäume, und die Biodiversität. Um diesen Beeinträchtigungen entgegenzuwirken und die

Stadt insgesamt resilienter und damit widerstandsfähiger gegenüber den klimatischen Veränderungen zu entwickeln, spielt das Stadtgrün eine entscheidende Rolle. Grüne Freiräume leisten einen bedeutenden Beitrag zur Verbesserung des Stadtklimas. Sie dienen als Frischluftschneisen und Kaltluftentstehungsgebiete, sie unterstützen die Luftreinhaltung und fungieren als Wasserspeicher. Sie tragen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt bei und sichern Lebensräume für bedrohte Tier- und Pflanzenarten (Bundesministerium für Umwelt, 2017).

Das Industriegebiet weist einen hohen Grad an Asphaltierung und Versiegelung durch Parkplätze, LKW-gerechten Straßenraum und Lager- und Produktionsflächen auf. Die geringe Durchgrünung und weitere strukturelle Defizite führen mit zunehmenden Klimawandel zu erheblichen stadtklimatischen, ökologischen und städtebaulichen Problemen. Die Anpassung an die Herausforderungen des Klimawandels und Nachhaltigkeit des Industriegebiets sind wichtige Voraussetzung für die zukünftige Entwicklung des Standorts und die Ansiedlung von Unternehmen und Mitarbeitern.

Maßnahmen für die Schaffung von hochwertigen und klimawandelangepassten Freiräumen und zum Erhalt der Biodiversität:

- Durch Schaffung offener Wasserflächen in den Schwerpunktgebieten (siehe Beispiel Siemens Campus - The Plant) als Wasserspeicher kann der Wärmeinseleffekt durch Verdunstungskühle und Strahlungsreflexion abgemildert und das Stadtklima verbessert werden.
- Retentionsflächen, Dach- und Fassadenbegrünung sowie Baumrigolen sind eine effektive Möglichkeit, Niederschlagswasser dem natürlichen Wasserkreislauf durch Verdunstung wieder zuzuführen.
- Förderung von Grün- und Freiflächen mit hoher Vegetation, wie z. B. das Ried und der Verkehrslandeplatz, die eine günstige lufthygienische und klimatische Wirkung haben, tragen zur Frischluft- und Kaltluftentstehung im Industriegebiet bei (Luftaustauschbahnen).
- Festsetzung von Pflanzstreifen an der straßenseitigen Front aller Gebäude tragen zur Aufwertung sowie zur Verbesserung von Kleinklima, Aufenthaltsqualität und ökologischen Funktionen bei (Stadt Konstanz, 2020) – bereits berücksichtigt im Bebauungsplan Unterlohn (Stadt Konstanz, 2020).
- Besondere Formen der Bepflanzung von Verkehrswegen und Parkflächen mit trockenresistenten, regionalen Bäumen, Sträuchern und Gehölz
- Durchlässiger grüner Stadtraum, ausgewiesene Grünschneisen entlang der Hauptstraßen zwischen dem Naturschutzgebiet Wollmatinger Ried, umliegenden Stadtquartieren und dem Industriegebiet sollen die Gebiete optisch und funktional miteinander verbinden.

Maßnahmen für hochwertige und klimawandelangepasste Freiräume in Grubwiesen

- Eine naturnahe Gestaltung soll bereits im Zuge einer Neubebauung von Teilen des Verkehrslandeplatzes von Anfang an mitgedacht und umgesetzt werden
- Steigerung der Attraktivität von Grünflächen (potenzielle Grünflächen siehe Abbildung 8) sowohl im öffentlichen Bereich als auch an den Unternehmensstandorten z. B. durch artenreiche Wiesen und Duftgärten, heimische, trockenheitsunempfindliche Stauden mit langer Blühzeit (z. B. Geranium, Katzenminze, Sonnenhüte), Blumenzwiebeln und Kleinsträucher (z. B. Flieder, Rosen),

Wiederbelebung alter Obstsorten, Feuchtbiotopen aus Niederschlagswasser mit angrenzendem Sitzplatzbereich zur Pausengestaltung, Totholzstrukturen, Lesesteinhaufen und Trockenmauern, die das Mikroklima und die Biodiversität positiv beeinflussen. Attraktive Begrünung der Verkehrskreisels (z. B. Kreisverkehr Max-Stromeyer-Straße/Byk-Gulden-Straße), Begrünung der Eingangsbereiche der ansässigen Unternehmen sind weitere mögliche Maßnahmen.

- Urban Gardening (z. B. Hochbeete) als Gemeinschaftsaktivität stärkt als Maßnahme den Zusammenhalt der Mitarbeiter, fördert neue Netzwerke und erhöht die Aufenthaltsqualität. Sie wirkt sich positiv auf die psychische und physische Gesundheit aus. Außerdem verbessert sie die Außenwirkung sowie das Betriebsklima und kann zu Kostenersparnissen führen (Niederschlagswasserentgelt, Abb. 52: Beispiel aus England (Incredible Edible Network, 2021).



Abbildung 52: Beispiel Urban Gardening

- Aufwertung bestehender Grünflächen als Blühwiesen z. B. im Westen von Grubwiesen (zwischen Bodenseeradweg, L221 und Byk-Gulden-Straße)
- Regenwasserretention (z. B. Mulden, Rigolensystem, Rückhaltung mit Gründächern, Pflanzenkläranlage). Ausnahmen sind, wenn die Versickerung wegen Altlasten des Gewerbegebiets im Untergrund nicht zulässig ist.

Maßnahmen für hochwertige und klimawandelangepasste Freiräume in Unterlohn

- Steigerung der Attraktivität von Grünflächen, z. B. Pflanzung von Hecken und Duftgärten. Sie dienen als Schutz für Insekten und Wildtiere.
- Begrünung des Quartiers unter Mitwirkung der Bewohner:innen und Gewerbetreibenden, z. B. durch Urban Gardening auf Hausdächern, Brachflächen und an Hauswänden. Als Gemeinschaftsaktivität stärkt die Maßnahme den Zusammenhalt der Bewohner:innen mit den Gewerbetreibenden. Sie integriert vulnerable Gruppen wie ältere oder behinderte Menschen und erhöht die Aufenthaltsqualität zum Beispiel in Kombination mit verschatteten Bänken. Sie wirken sich positiv auf die psychische und physische Gesundheit aus.

- Ideenwettbewerb und gemeinsame Bepflanzungs- und Ernteaktionen: Als Gemeinschaftsaktivität stärkt die Maßnahme den Zusammenhalt der Bewohner:innen mit den Gewerbetreibenden. Sie integriert vulnerable Gruppen wie ältere und beeinträchtigte Menschen und erhöht die Aufenthaltsqualität zum Beispiel in Kombination mit verschatteten Plätzen mit Bänken. Sie wirken sich positiv auf die psychische und physische Gesundheit aus.
- Gegebenenfalls kooperativer Quartiersgarten und Lehr-Bienengarten mit Kinderzoo und Schülerbeteiligung (z. B. Walddorfschule) unweit der Schrebergärten im Süden von Unterlohn
- Regenwasserretention (z. B. Mulden, Rigolensystem, Rückhaltung mit Gründächern, Pflanzenkläranlage) zur Bewässerung. Ausnahme ist, wenn die Versickerung wegen Altlasten des Gewerbegebiets im Untergrund nicht zulässig ist
- Aufwertung der Öffnung zum Wasser durch Grünzug

Schaffung kooperativer Gebietsstrukturen mit gemeinsam genutzten Orten

Schaffung kooperativer Gebietsstrukturen im Industriegebiet

Als Wirtschaftsstandort steht das Industriegebiet mit seinen ansässigen Unternehmen vor ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen. Dabei ergeben sich neue Chancen für nachhaltige Transformationen und Innovationen insbesondere dann, wenn Kooperationen mit anderen Unternehmen im urbanen Umfeld und in Entwicklungspartnerschaften gefördert und entwickelt werden. Der Nutzen von Synergien spielt daher eine immer wichtigere Rolle. Die Zusammenarbeit aller relevanten Akteure im Industriegebiet macht die Orte zu etwas Besonderem. Sie ist heute ein wichtiger Aspekt der Standortattraktivität für Unternehmen – denn sie kreiert Innovation, Kosteneffizienz und ist Voraussetzung für die erfolgreiche Suche nach neuen Fachkräften für die Unternehmen.

Das Unternehmen „Investa“ verwaltet die Campus-Immobilien „THE PLANT“ im Industriegebiet Grubwiesen und integriert erfolgreich New Work-Konzepte in das Management und die Gestaltung ihrer Immobilienstandorte, die Vorbildcharakter für weitere Kooperationen im Industriegebiet haben können. Insbesondere Basisangebote wie Kitas erhöhen die Standortattraktivität für Unternehmen und ihre Fachkräfte.

Der Aufbau kooperativer Gebietsstrukturen soll mit Dienstleistungen unteretzt werden. Die gemeinsame Nutzung führt zu besserer Auslastung und Größenvorteile zur unmittelbaren Kostenreduktion für die Unternehmen:

- Sharing von Büroflächen, Kantinen und Veranstaltungsflächen zur besseren finanziellen und räumlichen Auslastung
- Unternehmensübergreifende Fuhrparkkooperationen und Flottenmanagement zur Kosteneinsparung im Einkauf und zur besseren Fahrzeugauslastung: Somit sind die Fahrzeuge immer auf dem technisch besten, effizientesten und CO₂-sparsamsten Standard der jeweiligen Fahrzeugklasse.
- Gegebenenfalls Konzeption eines grünen Rechenzentrums: Rückgewinnung der Energie zur Wärmegewinnung und Kühlung

- Zwischennutzungen von Gebäudeleerstand für Kunst und Kultur bzw. Künstlerateliers
- Barrierefreie Grünflächen als Verweilorte mit besonderer Ausstattung
 - Sportangebot Basket- oder Volleyballanlage und Tischtennisplatte
 - Verleih- Spiel – und Sportgeräte mit Bewegungsangebote für alle Altersgruppen (siehe Flex Q HUB in Abb. 53, Fraunhofer Institut)
 - Barrierefreie Multifunktionsfläche (grüner, schattiger verkehrsberuhigter Verweilort, z. B. gegliedert mit Pflanzkübeln in urbaner Optik, beidseitig besetzbarer Bank, Hängematten, Parklets aus Holz, z. B. für den Start einer temporären Außengastronomie, Fahrradständer und Abfallbehälter) mit dezenter LED-Beleuchtung
 - Aufstellen von Trinkbrunnen

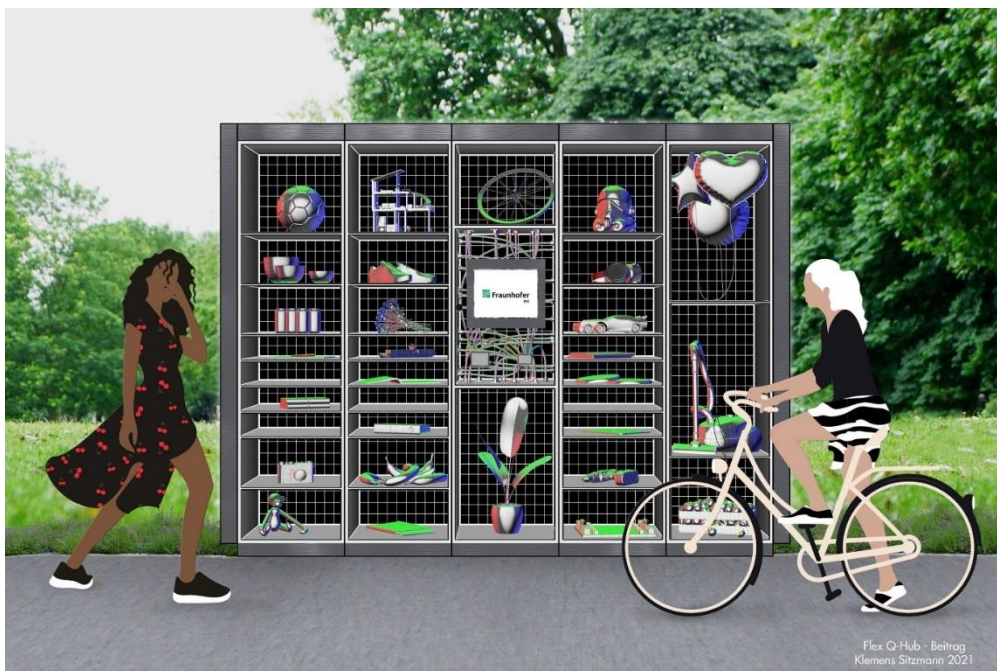


Abbildung 53: Flex Q HUB
Klemens Sitzmann 2021

Maßnahmen zur Schaffung kooperativer Gebietsstrukturen in Grubwiesen

- Gemeinsame Events z. B. in Kooperation mit „THE PLANT“: Eiswagen, Kaffeerösterei Konstanz, Eröffnung Bienenstöcke, Weihnachtsbaumevent, Gesundheitstage (Investa Capital Management GmbH, 2022), z. B. auf dem Gelände des Finanzamtes, das langfristig der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden kann
- Multifunktionale Flächen sollen auf Außengeländen, z. B. auf zukünftigem Parkhausdach, Begegnungen ermöglichen: bei der täglichen Arbeit sowie bei Veranstaltungen, Konzerten, Seminaren und Ausstellungen
- Incentive-Events und Rahmenprogramme, wie z. B. Workshops und Fortbildungen zu den Trendthemen Zukunftsmobilität (mit E-Fahrzeug-Probefahrten), Nachhaltigkeit, Start-up-Ökonomien

- Unternehmensübergreifende Kinderbetreuungsangebote und Unterstützung bei der Betreuung von pflegebedürftigen Senioren
- Entwickeln von Erlebnis-Stationen, z. B. eines Sportparkours entlang des Bodenseeradwegs, und Kunsträume in offenen Gewerbehöfen

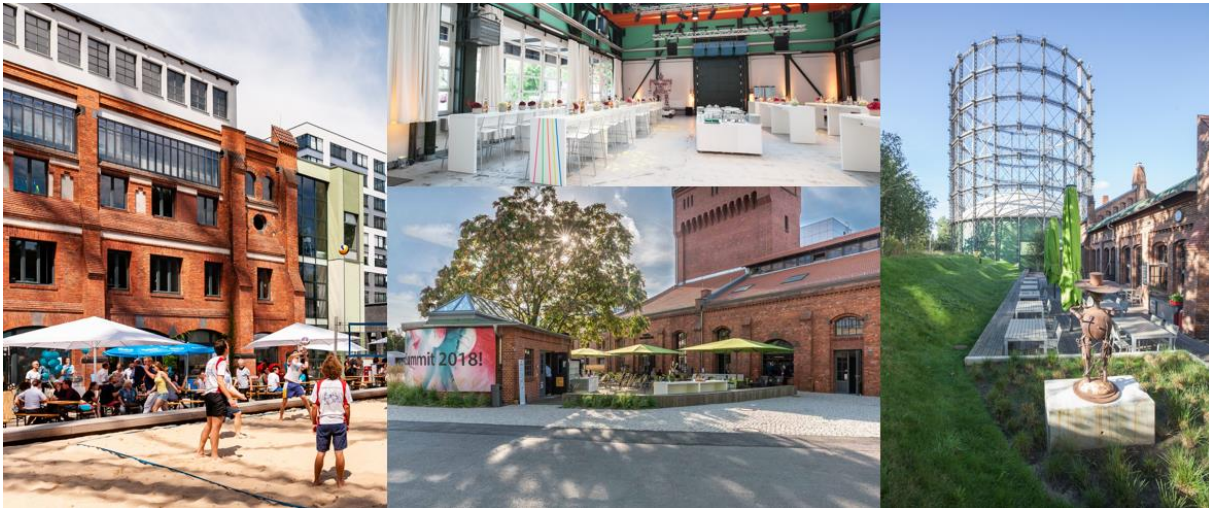


Abbildung 54: Beispiel EUREF-Campus Berlin

Maßnahmen zur Schaffung kooperativer Gebietsstrukturen in Unterlohn

- Gemeinsame Events: Eiswagen, Kaffeerösterei Konstanz, Eröffnung Bienenstöcke, Weihnachtsbaumevent, Gesundheitstage (Investa Capital Management GmbH, 2022) in Kooperation mit Aktivitäten in Grubwiesen.
- Ausbau von Multifunktions-Orten in Zusammenarbeit mit Akteuren vor Ort (z. B. HumorKom Trainingsinstitut)
- Gemeinschaftsgärten mit Kleintierzoo u. a. als Impulse zum gesellschaftlichen Bewusstseinswandel

Geeignete Orte für neue Formen des Arbeitens

Geeignete Orte für neue Formen des Arbeitens im Industriegebiet

Letztlich ist davon auszugehen, dass viele Unternehmen bei der Fachkräftesuche und -sicherung von einem ansprechenden Umfeld profitieren. Die von Experten erwartete Ausweitung des Co-Working-Sektors im Zuge der Flexibilisierung und Entgrenzung der Arbeitswelt kann zukünftig das klassische Bürogebäude infrage stellen. Auch größere Unternehmen lagern Teile ihrer Prozesse in Co-Working-Standorte aus, um ihre Mitarbeiter:innen an der „New Work“-Bewegung teilhaben zu lassen und flexiblere Raumkonfigurationen zu testen.

Durch Digitalisierung, veränderte Werte und neue Wertschöpfung in einer zunehmenden Wissensgesellschaft sind Arbeit und Privatleben nicht mehr räumlich getrennt. Immer mehr Unternehmen entwickeln daher zukunftsweisende Organisationsformen, die über die Erlaubnis von Homeoffice hinausgehen. Neue Formen des Arbeitens sind mittlerweile fester Bestandteil unseres Arbeitsalltags. Der

Begriff „New Work“ geht auf den Sozialphilosophen Frithjof Bergmann (Bergmann, 2004) zurück, der Mitte der Siebzigerjahre das Theoriekonzept der neuen Arbeit entwickelt hatte (drei Säulen: Selbstständigkeit, Freiheit und Teilhabe an der Gemeinschaft). Die Pandemie fordert von Unternehmen eine grundlegende Umgestaltung ihrer Unternehmenskultur. Die Studie „Arbeitswelt nach Corona“ des Bundesverband Digitale Wirtschaft e. V. (BVDW, 2021) zeigt, dass das Zwei-Tage-Modell für Anwesenheit im Büro bei den Befragten der bevölkerungsrepräsentativen Umfrage das beliebteste Arbeitsmodell ist. Daher werden dritte Orte, die Räume des Dazwischen, in Zukunft zu einem aktiven Bestandteil und einer Bereicherung der Wohnkultur (Third Place Living - Zukunftsinstitut, 2020). Die Co-Entwicklung von neuen Formen des Wohnens und Arbeitens im Industriegebiet ist daher für die Zukunftsfähigkeit des Standorts von Relevanz.

Dafür braucht es im Industriegebiet neben der zentralen Lage auch ein attraktives Umfeld mit hoher Aufenthaltsqualität sowie umfangreiche Freizeit-, Erholungs- und Bildungsangebote und in den künftig urbanen Gebieten von Unterlohn neue Wohn- und Arbeitsformen, wie Co-Working und Co-Living, die diese Veränderung widerspiegeln und bezahlbar sind.

Geeignete Orte für neue Formen des Arbeitens in Grubwiesen

- Co-Working-Spaces können unter anderem in das geplante Neubaugebiet entlang des Verkehrslandeplatz integriert werden, zum Beispiel in einem Multifunktionsgebäude.
- Durch Öffnung der Außenflächen des Finanzamts können neue Verweilorte mit grünen, überdachten, schattigen Arbeitsplätzen entstehen (z. B. mit Feuchtgebieten und Biotopen). In der Nähe des Bahnhofs dient dieser Ort der Vernetzung und als übergeordneter Treffpunkt. Ein Café bzw. Restaurant sorgt für die nötige Versorgung.
- Auch die Dachfläche eines neuen Parkhauses kann für einen Co-Working-Raum mit Café und Freizeitangebot sowie Begrünung angedacht werden.

Geeignete Orte für neue Formen des Arbeitens in Unterlohn

Mit dem neuen Bebauungsplan „Unterlohn, 7. Änderung“ (Stadt Konstanz, 2020) soll das Gebiet Unterlohn als Standort für gewerbliche Nutzungen erhalten und durch neue Formen des Arbeitens und Lebens gestärkt werden. Die Stadt sieht die Neugestaltung als große Chance und will auf Basis des vorliegenden Bebauungsplanes in Verbindung mit dem Handlungsprogramm Wirtschaft 2030 neue Formen des Arbeitens in mit Gewerbe und Wohnen gemischten Modellen mit gewerblicher Prägung integrieren.

Das neue Strukturkonzept Unterlohn bildet die Grundlage für die Entwicklung des Gebietes hin zu einem zukunftsfähigen und lebenswerten Stadtquartier mit neuen Formen des Wohnens und Arbeitens. Mit Ausweisung von urbanen Gebieten kann der Standort als Arbeits- und Lebensort zukunftsgerichtet und nachhaltig gestaltet und zu einem vielfältigen Stadtquartier entwickelt werden, entsprechend dem Konzept der „Stadt der kurzen Wege“ des Städteexperten Carlos Moreno. Der Begriff der 15-Minuten-Stadt steht für eine architektonische und urbane Transformation, in der alles was der Mensch benötigt in 15 Minuten zu Fuß oder mit dem Fahrrad von der Wohnung aus erreicht werden kann: den Arbeitsplatz, Erholungsorte, Einkaufsmöglichkeiten, Schulen, Kindergärten, Freizeitaktivitäten und Kultur sowie weitere soziale

Einrichtungen. Die Idee gewinnt insbesondere seit der Corona-Pandemie an Bedeutung, waren doch Menschen vielerorts auf einen engen Bewegungsradius um ihre Häuser beschränkt.

Ein Beispiel für Mehrfunktionsräume ist das vom Land Baden-Württemberg als Leuchtturmprojekt geförderte Bauvorhaben LAUP. Neben der zweigeschossigen Aufstockung mit bezahlbaren Wohnungen für Familien und Singles, befinden sich im Gebäude mehrere sogenannte "Mehrräume", die je nach Tag und Uhrzeit von den Bewohnern und externen Gruppen genutzt werden können. „Gebäude oder Gebiete werden als Räume ausgewiesen, die zeitversetzt unterschiedliche Nutzungen aufnehmen müssen“ (Teamwerk-Architekten, 2021). „Mehrräume“ können unter anderem in geplante Aufstockungen und Anbauten im urbanen Gebiet mit Mischnutzung integriert werden, insbesondere an der Fritz-Arnold-Straße und der nördlichen Carl-Benz-Straße. Begehbare, begrünte Dachterrassen dienen dabei als Gemeinschaftsorte mit Aufenthaltsqualität. Das Potenzial für Co-Working im Industriegebiet wird aktuell als sehr gering eingestuft, da das Schwerpunktgebiet Unterlohn nicht sehr gut durch die öffentlichen Verkehrsmittel erschlossen ist (kein Bahnanschluss).



Abbildung 55: Beispiel für die Aufstockung einer Kita mit Wohnungen und Parallelnutzung, Teamwerk Architekten

Energetische Einsparpotenziale

Energetische Einsparpotenziale im Industriegebiet

Die Effizienz- und Einsparpotenziale für das Gesamtquartier wurden bereits in Kapitel 3.5 beleuchtet. Dabei wurde bereits aufgeschlüsselt, dass die Effizienz- und Einsparmaßnahmen für Wohnhäuser, Industrie und Gewerbe jeweils unterschiedliche Schwerpunkte haben.

Energetische Einsparpotenziale in Grubwiesen

Im Schwerpunktgebiet Grubwiesen befinden sich hauptsächlich Industrie- und Büroflächen. Bei der Industrie liegen die Einsparpotenziale schwerpunktmäßig in den Bereichen Prozesseffizienz, Verbesserung der Energieerzeugungsanlagen und Umrüstung auf LED-Beleuchtung. Die exakten Einsparpotenziale variieren stark je nach Branche, Größe des Unternehmens und Stand der Technik und können deshalb nur im Einzelfall ermittelt werden. Beispielhaft wurden Einsparpotenziale, die bei Vor-Ort-Begehungen von Unternehmen im Quartier ermittelt wurden, darunter auch das in Grubwiesen ansässige Unternehmen Agrana, wie in Kapitel 3.6 beschrieben.

Bei den Büroflächen im Quartier bestehen die Einsparpotenziale hauptsächlich in den Bereichen Beleuchtung (Einsparungen durch Umrüstung auf LED) und den Einsatz von energieeffizienter IKT-Technologie. Auch durch energetische Sanierungen und den Austausch von veralteten Erzeugungsanlagen (laut GEG sollten diese nicht älter als 30 Jahre alt sein) können Einsparpotenziale gehoben werden. Laut Energienutzungsplan Konstanz (Stadt Konstanz, 2018) existieren im Quartier acht Gebäude mit Wohn- oder Wohnmischnutzung. Hier kann das Einsparpotenzial im Strombereich und von energetischen Sanierungen ermittelt werden (siehe Kapitel 3.5). Von den 109 Wohngebäuden im Quartier liegen acht Wohngebäude im Stadtviertel Grubwiesen, das entspricht einem Anteil von 7%. Unter der Annahme, dass das in Kapitel 3.5 berechnete Einsparpotenzial durch Stromeffizienz bei Haushalten zu 7 % im Stadtviertel Grubwiesen realisiert werden kann, können durch Stromeffizienzmaßnahmen bei Haushalten im Stadtviertel Grubwiesen rund 44.000 MWh und 24 t CO_{2Äq} jährlich eingespart werden. Das Einsparpotenzial durch energetische Sanierungen kann mit der in Kapitel 3.5 vorgestellten TABULA-Typologie errechnet werden. Eine Auswertung nach den in der Typologie hinterlegten Werten ergab, dass durch energetische Sanierungen in Grubwiesen bis zu 131 MWh Wärme pro Jahr eingespart werden können.

Energetische Einsparpotenziale in Unterlohn

Das Schwerpunktgebiet Unterlohn ist neben Gewerbe- und Büroflächen durch Wohnbebauung geprägt. Laut den Daten des Energienutzungsplans Konstanz (Stadt Konstanz, 2018) sind 51 % der Gebäude in Unterlohn Wohnhäuser oder Gebäude mit Wohnmischnutzung. Dementsprechend liegen die Einsparpotenziale in dem Schwerpunktgebiet unter anderem im Bereich Stromeinsparungen bei Haushalten und der energetischen Sanierung von Wohnhäusern.

48 % der Wohnhäuser des Quartiers befinden sich im Schwerpunktgebiet Unterlohn. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass ca. 48 % des im Kapitel 3.5 berechneten Einsparpotenzials bei Stromeffizienz bei Haushalten in Unterlohn realisiert werden können. Daraus ergibt sich ein Einsparpotenzial von 287 MWh

und 24 t CO_{2Äq} jährlich. Das Einsparpotenzial durch energetische Sanierungen bei Wohnhäusern beträgt 1,5 GWh Wärme und 382 t CO_{2Äq} jährlich.

Für die Gewerbe- und Büroflächen im Quartier liegen die Einsparpotenziale größtenteils bei den auch im Schwerpunktgebiet Grubwiesen genannten Bereichen. Auch hier sind Einzelfallbetrachtungen zur Ermittlung der Potenziale notwendig.

Wärmeerzeugungsmöglichkeiten

Wärmeerzeugungsmöglichkeiten im Quartier

Perspektivisch ist für das Gesamtquartier, so auch für die Schwerpunktgebiet Grubwiesen und Unterlohn, eine Wärmenetzlösung, die durch erneuerbare Energien gespeist wird, sinnvoll. Hierbei bietet sich laut einer Studie des Rechenzentrums für Versorgungsnetz Wehr GmbH eine Kombination aus thermischer Seewassernutzung, Abwasserwärmenutzung und Biomasse an (König, 2017).

Der Aufbau eines großflächigen Wärmenetzes ist jedoch eher eine langfristige Perspektive. Bis dahin sind dezentrale Wärmeerzeugungslösungen notwendig. Um das Klimaziel der Stadt Konstanz für das Jahr 2035 zu erreichen, müssen sämtliche neuen Wärmeerzeugungsanlagen zwingend erneuerbar und weitestgehend emissionsfrei sein.

Wärmeerzeugungsmöglichkeiten in Grubwiesen

Die Wärmeerzeugungsmöglichkeiten für das Neubaugebiet Grubwiesen und einen Teil des Bestandes werden im Kapitel 4.2 (Energiekonzept Grubwiesen) beleuchtet.

Für die verbleibenden größeren Industrie- und Büroflächen in Grubwiesen eignen sich Großwärmepumpen bei einem niedrigen Temperaturniveau (z. B. Raumwärme mit Fußbodenheizung). Ergänzend dazu sollte Geothermie genutzt werden, wo entsprechende Freiflächen vorhanden sind (siehe Kapitel 3.1). Sind für Prozesswärme und Heizungsanlagen hohe Temperaturniveaus notwendig, so bietet sich eine Wärmeerzeugung mit Biogas oder fester Biomasse (optimaler Weise aus lokalen Quellen) an.

Wärmeerzeugungsmöglichkeiten in Unterlohn

Für das südliche Randgebiet in Unterlohn, das sich am Ufer des Seerheins befindet, sollte mittelfristig ein Wärmenetz unter Nutzung der Seethermie angestrebt werden. Für die verbleibenden Gebäude bieten Wärmepumpen eine ökologische Alternative, optimalerweise in Kombination mit einer Photovoltaikanlage zur Strombereitstellung. Alternativ kann Dachfläche, insbesondere bei Wohnhäusern, auch für Solarthermieanlagen zur Warmwasseraufbereitung genutzt werden. Sind entsprechende Freiflächen in der Nähe der Gebäude vorhanden (siehe Kapitel 3.1), so wird eine Wärmeerzeugung durch Erdsonden und Wärmepumpen empfohlen.

Perspektivisch sollten diese Technologien für Wohn- und Büroflächen ausreichend sein. Werden in Industriegebäuden durch Prozesswärme höhere Temperaturniveaus benötigt, bietet ein BHKW oder Heizkessel mit Biogas oder fester Biomasse eine erneuerbare Alternative.

4.2 Energiekonzept Grubwiesen

Im folgenden Abschnitt soll unter Berücksichtigung der lokalen Energiebedarfe und der verfügbaren lokalen und erneuerbaren Versorgungspotenziale ein nachhaltiges Energiekonzept für das Schwerpunktareal Grubwiesen entwickelt werden.

Bedarfsanalyse

Der Energiebedarf für das Schwerpunktgebiet Grubwiesen setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Der Bedarf des Bestands wurde bereits im Rahmen der Ausgangsanalyse mit

- 31,94 GWh Wärme im Jahr und
- 16,16 GWh Strom im Jahr

ermittelt. Der Wärmebedarf wurde aus den Erdgasbezugsdaten der Stadtwerke Konstanz und öffentlich zugänglichen Kartendaten ermittelt. Es liegen daher keine konkreten Daten vor, wie das Erdgas in Bezug auf Gebäudeheizung, Brauchwarmwasser und Prozesswärme eingesetzt wird. Aus den vorliegenden Daten sowie aus den Vorort-Begehungen und Akteursgesprächen lässt sich ein Anteil von ca. 30 % bzw. ca. 10 GWh im Jahr für Prozesswärme bei über 100 °C (ggf. Dampf) und ein Anteil von ca. 70 % bzw. ca. 27 GWh im Jahr für Gebäudebeheizung, Brauchwarmwasser und Prozesswärme unter 100 °C (Heißwasser) ableiten.

Bei den Vor-Ort-Begehungen und in den Akteursgesprächen konnte außerdem ermittelt werden, dass ca. 52 % bzw. ca. 16,6 GWh des Wärmeverbrauchs im Jahr auf Grund der räumlichen Nähe und ähnlicher Temperaturanforderungen für eine zentrale Versorgung geeignet sind. Diese Bedarfe fallen im Nordwesten des Schwerpunktareals entlang der Lilienthalstraße, Byk-Gulden-Straße und in der Verlängerung in der Max-Stromeyer-Straße an.

Die verbleibenden 48 % bzw. ca. 15,1 GWh im Jahr setzen sich aus den ca. 10 GWh Prozesswärme und ca. 5,1 GWh Gebäudebeheizung im Jahr zusammen. Auf Grund besonderer Temperaturanforderungen bzw. räumlicher Entfernung wird hierfür weiterhin eine dezentrale Wärmeversorgung angenommen.

Im Weiteren wird der Bedarf des Neubauareals auf Teilen des bisherigen Verkehrslandeplatzes ermittelt. Das Gelände des Verkehrslandeplatzes Konstanz soll umgestaltet werden. Um den Bedarf der Stadt an neuen Gewerbeflächen zu decken, wird die Fläche des Verkehrslandesplatzes verkleinert und nach Süden verschoben. Auf den dadurch freiwerdenden Flächen im nördlichen Bereich sollen Gewerbeimmobilien entstehen. Die Ausgestaltung ist im sogenannten „Kompromissvorschlag“ festgehalten. Die neuen Gewerbeflächen umfassen eine Gesamtfläche von ca. 5,6 ha (netto) bzw. ca. 6,4 ha (brutto). Davon liegen ca. 0,8 ha im Hochwasserschutzgebiet. Die bestehende Hecke mit Wassergraben und Biotopen soll verlegt werden.

In dem ersten Entwurf teilen sich die Gewerbeflächen in vier Baublöcke mit 1,3 ha, 1 ha, 1,5 ha und 1,8 ha auf und werden durch eine neue Erschließungsstraße voneinander getrennt (s. hierzu auch Abbildung 56).

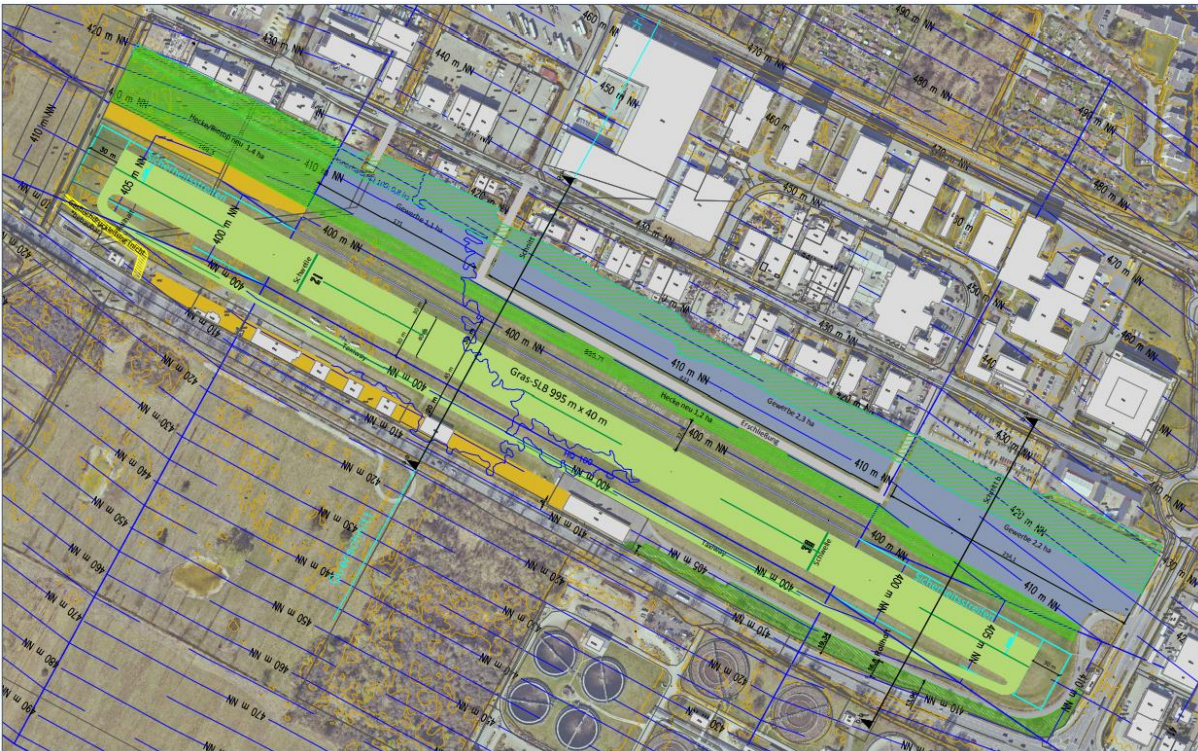


Abbildung 56: Lageplan Gewerbeflächenentwicklung auf dem Landeplatz Konstanz (Stadt Konstanz, 2018)

Die Gebäudehöhen liegen laut Schnitten des Lageplans zwischen 5 und 20 m. Hierfür werden ein bis sechs Stockwerke angenommen. 60 % bis 80 % der Fläche werden als bebaut angenommen. Es ergeben sich somit ca. 108.990 m² bis 145.320 m² bebaute Fläche. Unter Anwendung eines Umrechnungsfaktors von 0,85 bedeutet dies eine Nettogrundfläche bzw. Energiebezugsfläche von 92.620 m² bis 123.500 m².

Die bisherigen Interessensbekundungen für verschiedene potenzielle Nutzungen betreffen u. a. die Branchen

- Produzierendes Gewerbe,
- Produktion von Energietechnik,
- Lagerhallen,
- IT-Dienstleistungen,
- Lebensmittelindustrie,
- Gastronomie und
- Labore.

Für den Energiebedarf der einzelnen Branchen und für die verschiedenen Anwendungsbereiche, wie Heizwärme, Brauchwarmwasser, Klimakälte, Beleuchtung, Informations- und Kommunikationstechnik,

werden statistische, spezifische Kennzahlen⁵⁶ angesetzt. Darüber hinaus werden spezifische Kennzahlen für den Energiebedarf der Produktion (Prozesswärme, -kälte, mechanische Arbeit) basierend auf einer Studie des Fraunhofer ISI⁷ angesetzt.

Die Stadt Konstanz fordert bei größeren Neubauvorhaben, die auf städtischen Flächen und in Verbindung mit städtebaulichen- oder Kaufverträgen entwickelt werden, bereits mindestens den Standard Effizienzhaus 55 zu realisieren. Da dieser Standard 2022 jedoch aus der Förderung fällt, wird im Weiteren von Standard Effizienzhaus 40 ausgegangen, welcher auch gemäß der Klimaschutzstrategie Konstanz der zu erreichende Standard für Neubauten ist. Anders als im Wohnungsbau variiert der Heizwärmebedarf auf Gewerbeflächen nicht nur mit der Fläche bzw. dem Verhältnis aus Hüllfläche zu Volumen, sondern auch mit der Nutzung. Hierbei sind insbesondere innere Lasten, durch z. B. Produktionsanlagen, aber auch geringere Raumtemperaturen bei schwerer Arbeit gegenüber sitzenden Tätigkeiten zu berücksichtigen.

Um die Bandbreite der zukünftig voraussichtlich benötigten Energie abzubilden, werden drei Szenarien Niedrig, Basis und Hoch gebildet, in denen sowohl die bebaute Fläche als auch die Anteile der unterschiedlichen Nutzungsarten variiert werden. Während die drei Szenarien von eher moderaten Bedarfen ausgehen, werden extreme Ausprägungen mit drei weiteren Szenarien „Prozesswärme“, „Kälte“ und „Lüftung & Mechanische Arbeit“ dargestellt (vgl. Abbildung 57).

Für die Entwicklung zentraler Wärmeversorgungsvarianten werden im Weiteren die Bedarfe für Raumheizung und Brauchwarmwasser aus den Szenarien Niedrig bis Hoch berücksichtigt. Diese sind für eine zentrale Bereitstellung gut geeignet, da die Unterschiede über die Szenarien moderat ausfallen, ein gemeinsames Temperaturniveau vorausgesetzt werden kann und die benötigten Energiemengen über Baustandards gut bewertet werden können. Die weiteren Bedarfe wie Prozesswärme, Klimatisierungs- und Prozesskälte sind stark nutzer- und anwendungsspezifisch, sodass sie sich in den einzelnen Szenarien stark unterscheiden. Des Weiteren können sie auf sehr unterschiedlichen Temperatur- und Leistungsniveaus anfallen, so dass hier eine dezentrale und anwendungsspezifische Versorgung empfohlen wird. Sollte sich im weiteren Projektverlauf herausstellen, dass größere Mengen Kältebedarfe, z. B. für Raumklimatisierung, Nahrungsmittelindustrie bzw. Logistik und Rechenzentren anfallen, sollte ergänzend ein Vorzugsgebiet für ein Kältenetz geprüft werden.

⁵ Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte im Nichtwohngebäudebestand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom 15.04.2021

⁶ Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden "gering" vom Bundesinstitut für Bau- und Stadt- und Raumforschung 12/2019

⁷ Studie des Fraunhofer ISI zur "Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Sektoren Industrie und GHD"

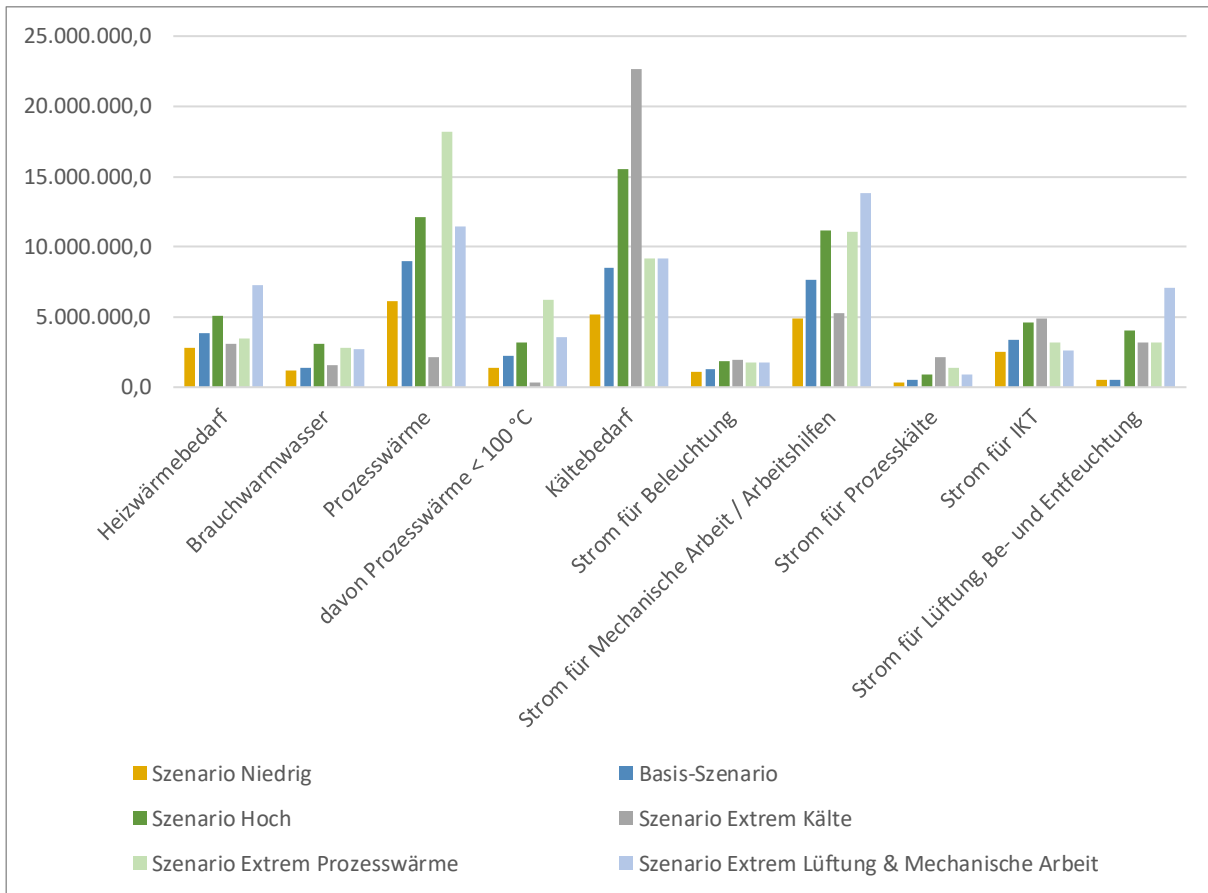


Abbildung 57: Potenzielle Energiebedarfe des Neubauareals Grubwiesen

Für das Schwerpunktgebiet Grubwiesen wird im Weiteren von den folgenden Wärmebedarfen ausgegangen:

- Bestand:
 - Zentrale Versorgung: ca. 21,8 GWh bei ca. 70 °C
 - Dezentrale Versorgung: ca. 15,1 GWh bei ca. 70 bis 110 °C (teilweise Dampf)
- Neubauareal: ca. 5,2 GWh p.a. (Szenario Basis) bei ca. 55 °C

Potenzialanalyse Grubwiesen

Industrielle Abwärme

Das bereits in Kapitel 3.2 bewertete industrielle Abwärmepotenzial stellt eine energetisch und ökologisch sinnvolle Möglichkeit zur Ergänzung der Wärmeversorgung im Schwerpunktareal Grubwiesen dar. Da die Abwärmepotenziale an die Produktion gekoppelt sind, stehen sie nicht unabhängig zur Verfügung und sind daher i. d. R. nicht als alleiniger Versorger geeignet.

Die Agrana Fruit Germany GmbH, die Bedifol GmbH sowie The Plant Konstanz liegen innerhalb des Schwerpunktareals. Die Druckerei Südkurier befindet sich außerhalb, aber direkt angrenzend. Zur Bestimmung des Potenzials wurden, wie in Kapitel 3.4 beschrieben, Vor-Ort-Begehungen durchgeführt,

sodass das Potenzial konkreter abgeschätzt werden kann. Aus erster Einschätzung bestehen folgende Abwärmepotenziale innerhalb von Grubwiesen:

- Agrana Fruit Germany GmbH: > 5,2 GWh auf min. 40 °C (Pasteurisieren und Abkühlen)
- The Plant: > 1 GWh auf ca. 20 °C (Abwärme aus Klimatisierung und Lüftung)
- Südkurier: > 1 GWh auf ca. 20 °C (Druckerpressen)

Für den Einsatz der Abwärme kommen verschiedene Verwendungen in Frage. Die Abwärme könnte auf ca. 70 °C angehoben und für die Versorgung des Bestands bzw. weitere Bereiche der Unternehmen Agrana, The Plant und Südkurier selbst verwendet werden. Hierbei können ggf. teilweise bestehende Wärmenetze genutzt werden.

Alternativ könnte die Abwärme auf ca. 55 °C angehoben und in ein zukünftiges Wärmenetz zur Versorgung des Neubauareals eingespeist werden. Bilanziell übersteigt das Abwärmepotenzial den Wärmebedarf des Neubaugebiets. Da das Potenzial in Abhängigkeit der Produktionsprozesse schwankt, wäre allerdings im Weiteren zu prüfen, welcher Anteil konkret gedeckt werden kann.

Bzgl. der Einbindung der Abwärme des Südkuriers wäre die Querung der Riedstraße zu berücksichtigen. Sollten sich Abnehmer auf deren Ostseite ergeben, wären diese auf Kostengründen voraussichtlich zu präferieren.

Lokale Biomasse

Im Quartier gibt es verschiedene Unternehmen, bei denen Rest- und Altholz anfällt. Hierzu zählen eine Schreinerei, aber auch Logistikunternehmen, die Paletten beim Transport verwenden. Da es sich hierbei i. d. R. um behandeltes und verarbeitetes Holz handelt, kann dieses nicht direkt einer thermischen Nutzung zugeführt werden. Hierfür wäre eine entsprechende Aufbereitung notwendig. Die anfallenden Mengen sind zu gering, um eine lokale Aufbereitungsanlage zu rechtfertigen.

Dezentrale und anwendungsspezifische Potenziale

Nutzer- und anwendungsspezifische Bedarfe hängen stark davon ab, welche Unternehmen und Branchen sich letztlich im Quartier ansiedeln. Die Möglichkeiten der Branchen und Anwendungen sind so zahlreich, dass hier nur ein beispielhafter Überblick gegeben werden kann. Da die branchen- und nutzerspezifischen Bedarfe auf verschiedenen Ebenen (Menge pro Jahr, benötigte Leistung und Temperaturniveau) variabel sind und durch einen späteren Wechsel der Nutzer:innen veränderlich bleiben, werden hier dezentrale Lösungen empfohlen. Ggf. können aber bestimmte, häufig benötigte Bedarfe, wie Raumklimatisierung, Kühlkälte auf moderatem Temperaturniveau oder Druckluft, in bestimmten Vorzugsgebieten des Quartiers für eine teilzentrale Versorgung vorgehalten werden. In diesen Vorzugsgebieten empfiehlt sich dann die Ansiedlung bestimmter Branchen mit den eben genannten Bedarfen, wie z. B. Rechenzentren oder Nahrungsmittelindustrie mit Kühlbedarf.

Nutzerspezifische Bedarfe können in Abhängigkeit von Branchen und Nutzern, wie z. B.

- Verarbeitendes nicht-energieintensives Gewerbe (Nahrungsmittelherstellung, Herstellung von Gummi und Kunststoff, Maschinenbau etc.)

- Verarbeitendes energieintensives Gewerbe (Papierherstellung, Chemie und Pharmazie, Glas und Keramik, Metall- und NE-Metallerzeugung etc.)
- Handel und Logistik (nicht-klimatisiert, beheizt, gekühlt)
- Rechenzentren,

und in Abhängigkeit der eingesetzten Verfahren und Tätigkeiten, wie

- Erhitzen, warmhalten, trocknen und Wärmebehandlungen
- (ab)kühlen
- Mechanische Bearbeitung (Zerkleinern, Formen, Schweißen, Fräsen, Sägen etc.)
- Chemische Bearbeitung (Zerfaserung, Imprägnierung, Einsatz von Prozessgasen)
- Elektrolyse und Induktionsöfen

stark variieren und benötigen entsprechend unterschiedliche Energieeinsätze, wie z. B.

- Elektrische Direktbefuerung
- Prozesswärme in Form von Heißwasser, Dampf, Wärmeträgeröle oder Heißluft
- Prozesskälte zur Tiefkühlung
- Mechanischer Arbeit
- Querschnittstechnologien wie Lüftung, Kälte, Pumpen, Druckluft
- Etc.

Potenziale zur dezentralen Bedarfsdeckung können dann sein:

- Synthetische Brennstoffe
- Feste und gasförmige Biomasse
- Strom aus Photovoltaik und KWK
- Solares Kühlen

Die technisch möglichen Potenziale sind in Bezug auf den Einzelfall und seinen Bedarf hin zu prüfen und zu bewerten.

Versorgungskonzept und Variantenentwicklung

Aus der Bedarfsanalyse ergibt sich, dass wärmeseitig, auf Grund der benötigten Temperaturen und der räumlichen Anordnung, drei unterschiedliche Bereiche zu versorgen sind:

- Zentrale Versorgung des Neubauareals bei ca. 55 °C
- Zentrale Versorgung des Bestands im Nordwesten des Schwerpunktareals bei ca. 70 °C
- Dezentrale Versorgung von Teilen der Gebäudebeheizung im Bestand und Prozesswärme

Abbildung 58 skizziert erste mögliche Trassenverläufe zur zentralen Versorgung sowohl des Neubauareals als auch von bestehenden Gebäuden ausgehend vom potenziellen Ankerkunden-Cluster Agrana-The Plant-Südkurier.

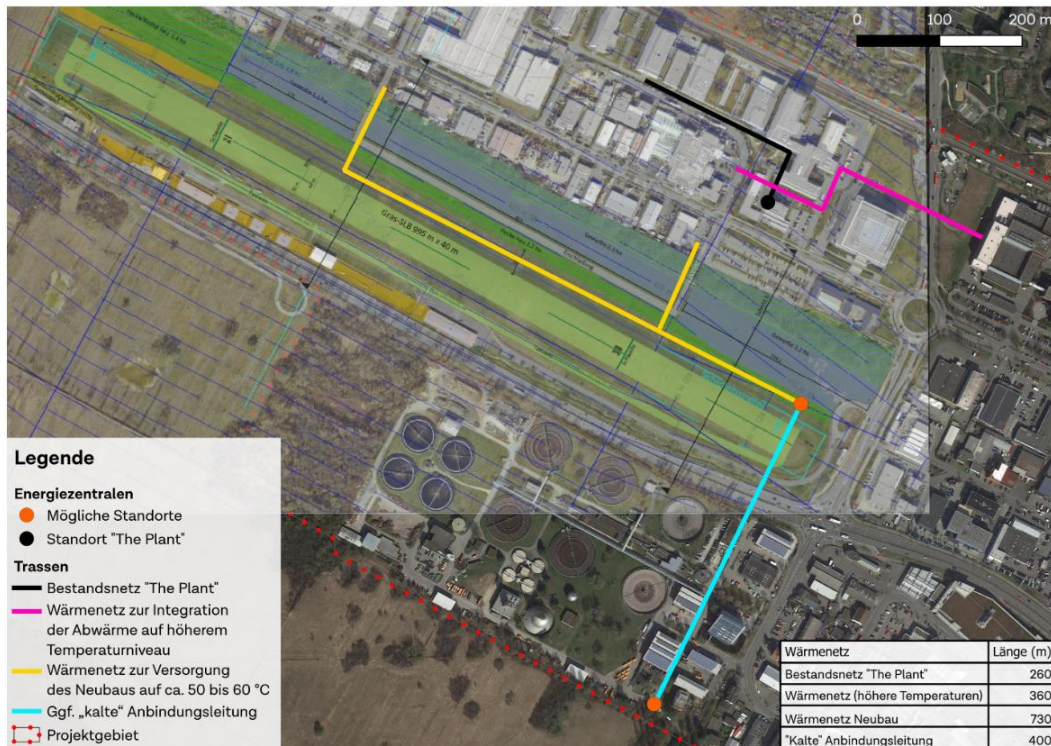


Abbildung 58: Mögliche Trassenverläufe für Neubau und Bestand

Dezentrale Versorgung von Gebäudeheizung und Prozesswärme

Bei der dezentralen Versorgung der Gebäudebeheizung wird davon ausgegangen, dass sich die Gebäudeeigentümer zukünftig für Luft-Wärmepumpen oder Heizkessel, die mit fester Biomasse beheizt werden (Holzhackschnitzel oder Pellets) entscheiden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz von Luft-Wärmepumpen ggf. eine Sanierung der Gebäudehülle sowie der Heizungsverteilung erfordern, um die benötigten Vorlauftemperaturen auf unter 70 °C für eine effiziente Wärmebereitstellung abzusenken.

Die im Schwerpunktareal benötigte Prozesswärme fällt insbesondere in der Lebensmittelindustrie zur Pasteurisierung und somit in Form von Dampf bei ca. 110 °C an. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Erdgaseinsatz im Sinne der Klimaschutzziele zukünftig auf eine elektrische Bereitstellung umgestellt wird. Hierbei kommen sowohl eine direktelektrische Dampfbereitstellung als auch Hochtemperatur-Wärmepumpenlösungen in Betracht. Die elektrische Bereitstellung ist heute i. d. R. nicht wirtschaftlich darstellbar. Hier wird jedoch für die Zukunft im Sinne der Klimaschutzziele teilweise von regulatorischen Anpassungen bzgl. der Stromkosten und insbesondere -abgaben ausgegangen. Alternativ könnte die Prozesswärme auch über Biomasse (fest oder gasförmig) bereitgestellt werden, wobei hier die begrenzten Potenziale und entsprechende Auswirkungen auf das Preisniveau zu berücksichtigen sind.

Zentrale Versorgung des Bestands

Im Nordwesten des Schwerpunktareals bietet sich ausgehend von einigen Ankerkunden wie Agrana, The Plant und Südkurier ein Wärmeverbund unter der Einbeziehung der anfallenden Abwärme aus Produktionsprozessen und Kältebereitstellung an.

Für die zu versorgenden ca. 16,6 GWh im Jahr wird die folgende Erzeugerkombination angenommen:

- Ca. 7 GWh p.a. industrielle Abwärme (> 20 °C)
- Ca. 1,1 GWh p.a. Geothermie
- Ca. 6,8 GWh p.a. Außenluft
- Ca. 1,6 GWh p.a. Biomethan-Spitzenlastkessel (max. 10 %)

Die Energiemengen aus Abwärme, Geothermie und Außenluft erfordern jeweils einen Temperaturhub durch eine Wärmepumpe. Die entsprechenden elektrischen Anteile sind bereits in den angegebenen Energiemengen enthalten. Die industrielle Abwärme steht auf Grund der Produktionsprozesse voraussichtlich ganzjährig als Grundlast zur Verfügung. Es wird daher davon ausgegangen, dass die anfallende Abwärme nicht vollständig genutzt werden kann, da sie im Sommer ggf. den Wärmebedarf übersteigt. Industrielle Abwärme und Geothermie sind auf Grund ihrer vergleichsweise hohen Quelltemperaturen gut geeignet, auch bei kalten Außentemperaturen effizient Wärme zur Verfügung zu stellen. Das angenommene Geothermiepotenzial entspricht dem Flächenangebot der beiden Frei-/Parkplatzflächen ganz im Nordwesten des Schwerpunktareals. Die heutige Nutzung und eine zukünftige Kombination mit einer geothermischen Nutzung wären im Weiteren zu prüfen. Die konkrete Oberflächenbeschaffenheit (Asphalt, Erdboden etc.) konnte anhand des Luftbildes nur bedingt bewertet werden. Es wird daher im Weiteren ein Aufschlag von 30 % auf die Kosten berücksichtigt. Die Luft-Wärmepumpe kommt für einen möglichst effizienten Einsatz vorrangig bei Außentemperaturen über 5 °C zum Einsatz. Die angenommene Wärmemenge der Luft-Wärmepumpe entspricht der Differenz aus Wärmebedarf und den anderen angesetzten Erzeugern.

Zentrale Versorgung des Neubaus

Um sinnvolle Varianten zur Versorgung des Schwerpunktareals Grubwiesen zu entwickeln, werden zunächst die abgeschätzten Wärmebedarfe den ermittelten erneuerbaren und lokalen Potenzialen gegenübergestellt (s. Abbildung 59). Der Bedarf für den Bestand ist bekannt und liegt bei ca. 31 GWh im Jahr. Der Wärmebedarf des Neubauareals ist heute noch unbekannt und wurde in verschiedenen Szenarien mit Werten zwischen ca. 4 und 8 GWh im Jahr ermittelt. Im Mittel ergibt sich ein Gesamtbedarf für Grubwiesen von ca. 37 GWh im Jahr.

Im ersten Block links in der Graphik sind zunächst die mit Unsicherheiten behafteten bzw. nicht ausreichenden Potenziale – industrielle Abwärme, dezentrale Solarthermie, lokale Biomasse, Abwärme aus Abwasserkanälen und Erdkollektoren – zu sehen. Das Potenzial der industriellen Abwärme ist auf Grund vieler Einflussfaktoren relativ schwierig zu quantifizieren und im Weiteren noch konkreter zu bewerten. Darüber hinaus wird das Abwärmepotenzial zur Versorgung der Gebäudebeheizung im Bestand benötigt und steht somit nicht für das Neubauareal zur Verfügung. Das Potenzial der dezentralen Solarthermie lässt sich gut bewerten, ist aber auf Grund jahreszeitlicher Ertragsschwankungen und der Flächenkonkurrenz zur Photovoltaik nicht geeignet, eine eigenständige Versorgung des Schwerpunktareals zu gewährleisten. Es besteht ein geringes Potenzial an lokaler Biomasse, das zur thermischen Nutzung noch aufbereitet werden müsste und nicht ausreichend für einen wirtschaftlichen Einsatz in der zentralen Versorgung ist. Auf Grund der Nähe zur Kläranlage sind die Potenziale der Abwasserkanäle zeitlich beschränkt, da in den kältesten

Monaten des Jahres keine weitere Wärme entzogen werden kann. Das Potenzial von Erdkollektoren allein ist nicht ausreichend, um die Bedarfe des Neubauareals zu decken.

Im mittleren Block sind die ausreichend verfügbaren Potenziale der Abwasserwärme im Ablauf der Kläranlage und geothermische Nutzung durch Erdsonden dargestellt. Das Potenzial des Klärwerks ist ausreichend den Bedarf des Neubaugebiets und ggf. weitere Abnehmer im Schwerpunktareal Grubwiesen zu versorgen. Das Potenzial eines geschlossenen geothermischen Systems ist im Weiteren in Bezug auf seine bestimmenden Parameter zu prüfen, zeigt aber gute Möglichkeiten den Wärmebedarf des Neubauareals zu decken.

Im letzten Block ganz rechts sind die prinzipiell „frei skalierbaren“ Potenziale Seerhein, Außenluft und Kraft-Wärme-Kopplung dargestellt. Hiermit wäre der Gesamtbedarf für das Schwerpunktareal Grubwiesen zu decken. Bei der Versorgung des Bestands mit Großwärmepumpen sind allerdings die notwendigen Vorlauftemperaturen zu berücksichtigen.

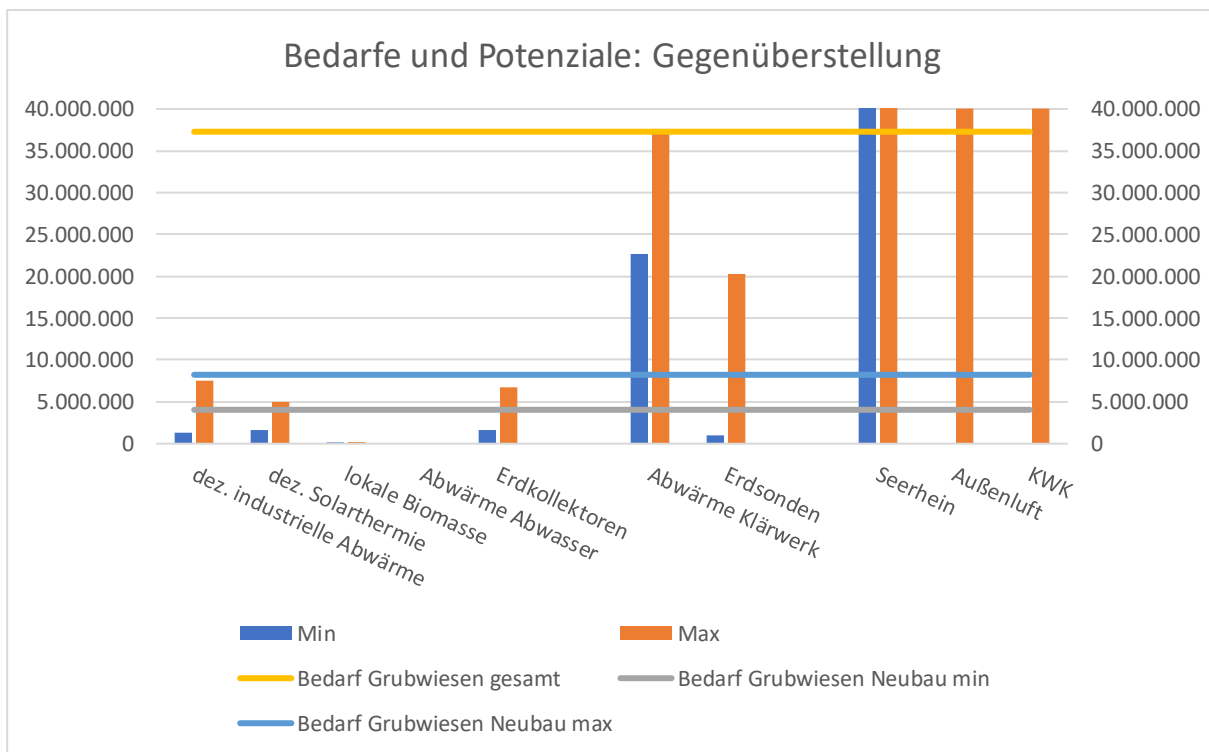


Abbildung 59: Gegenüberstellung Bedarfe und Potenziale

Variantenbetrachtung

Aus den verfügbaren Potenzialen wurden die folgenden drei Varianten entwickelt, die zunächst im Einzelnen vorgestellt werden:

- V1 GEG
- V2 Abwärme Klärwerk
- V3 Oberflächennahe Geothermie

In der ersten Variante V1 GEG wird der Bestand – wie in der heutigen IST-Situation – mit dezentralen Erdgaskesseln versorgt. Der entstehende Neubau wird mit dezentralen Luft-Wärmepumpen versorgt. Diese

Variante entspricht den Anforderungen des GEG, bringt aber keine besonderen Bestrebungen hinsichtlich der Klimaschutzziele der Stadt Konstanz mit sich.

Variante 2 und 3 hingegen haben die weitgehende Klimaneutralität, die in der Stadt Konstanz bis spätestens 2035 erreicht werden soll, zum Ziel. In Variante 2 Abwärme Klärwerk kommt eine Großwärmepumpe zum Einsatz, die als Wärmequelle das gereinigte Abwasser aus dem Ablauf des Klärwerks nutzt. Ergänzt um einen Biomethan-Spitzenlastkessel wird hierdurch der Neubau zentral über ein Wärmenetz mit ca. 55 °C im Vorlauf versorgt. Im Bestand wird zum einen eine Wärmepumpe eingesetzt, welche die im Cluster Agrana-The Plant-Südkurier anfallende Abwärme auf ein für den Bestand nutzbares Temperaturniveau hebt und dem Cluster wiederum über ein zweites Wärmenetz mit ca. 70 °C im Vorlauf zur Verfügung stellt. Weitere Anteile des Wärmebedarfs werden durch eine Geothermie- und eine Luft-Wärmepumpe gedeckt. Ergänzt wird das Cluster durch einen zentralen Biomethan-Spitzenlastkessel, der aber einen Anteil von max. 10 % an der Wärmeversorgung nicht übersteigen soll.

In Variante 3 Geothermie kommt im Neubauareal ebenfalls eine Großwärmepumpe zum Einsatz, die diesmal jedoch die Erdwärme aus Geothermiesonden nutzt. Die Großwärmepumpe stellt ca. 90 % des Bedarfs inkl. ca. 5 % Verteilungsverluste im Netz zur Verfügung. Dies entspricht ca. 4,9 GWh p.a. (inkl. elektrischem Anteil der Wärmepumpe). Hierfür werden bei einer Entzugsleistung von 30 W/m und 100 m Sondentiefe ca. 335 Erdsonden benötigt. Der Platzbedarf hierfür wird vorläufig in Abhängigkeit der beeinflussenden Parameter (z. B. Wärmeleitfähigkeit, Entzugsleistung, Abstände der Sonden, Betriebsstunden) mit ca. 3,4 ha bewertet. Dies lässt sich auf dem Gelände des heutigen Verkehrslandeplatzes bzw. auf dessen nördlichem zukünftig bebauten Bereich realisieren. Ergänzt wird das Erzeugersystem wiederum durch einen Biomethan-Spitzenlastkessel. Der Bestand wird analog zu Variante 2 versorgt.

Abbildung 60 zeigt die jeweiligen Deckungsanteile der einzelnen Wärmeerzeuger. Dabei sind in Variante 2 und 3 jeweils 5 % bzw. 10 % Verluste für das Wärmenetz im Neubau auf ca. 55 °C bzw. das Wärmenetz des Clusters Agrana-The Plant-Südkurier auf ca. 70 °C berücksichtigt, sodass die gesamt bereitgestellte Wärmemenge in Bezug auf die benötigte Wärmemenge 100 % übersteigt.

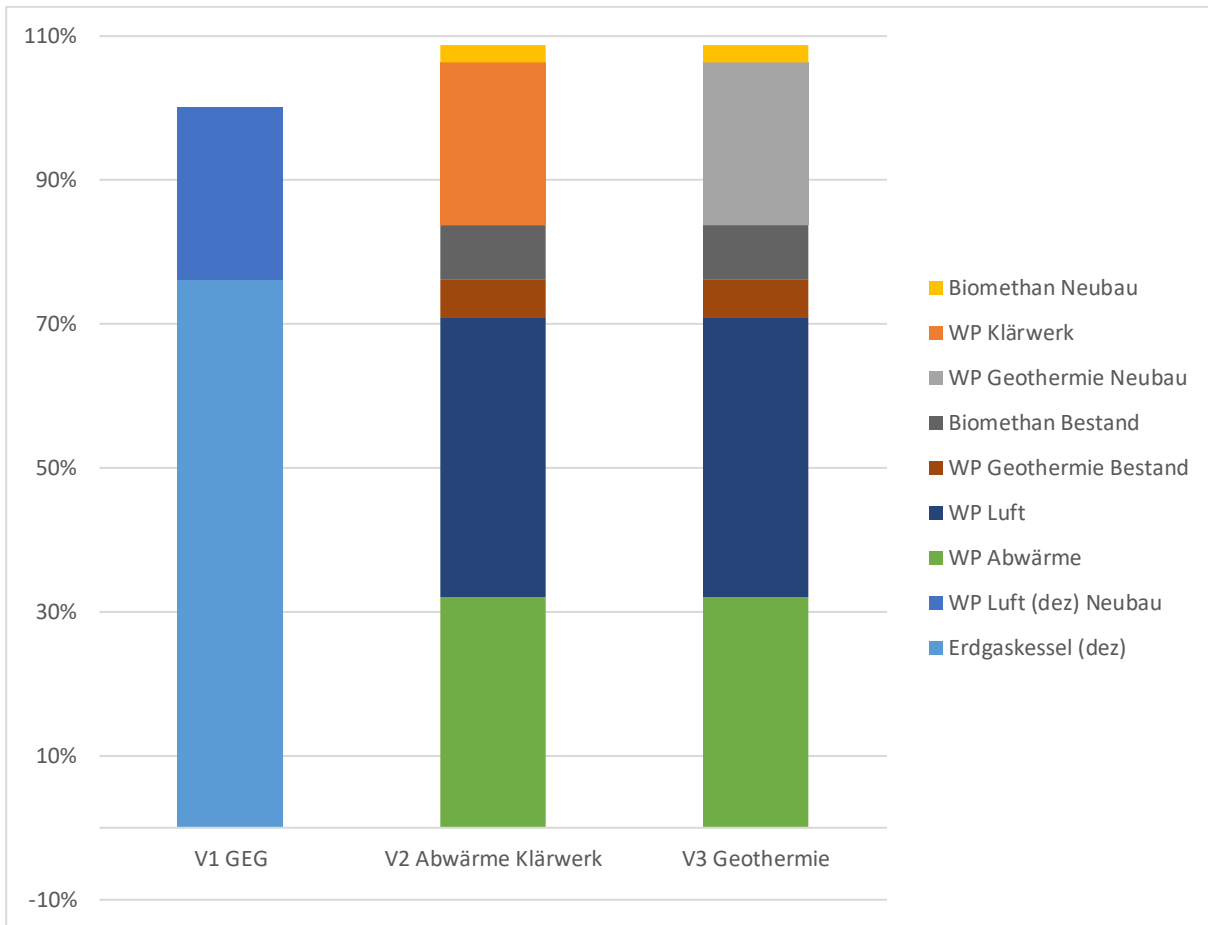


Abbildung 60: Deckungsanteile der jeweiligen Wärmeerzeuger der zentralen Versorgung in Bestand und Neubau

Wirtschaftlicher Variantenvergleich

Im Rahmen des wirtschaftlichen Variantenvergleichs werden die Lebenszykluskosten der verschiedenen Varianten bewertet. Hierbei werden in Anlehnung an die VDI 2067 jeweils Investitionskosten, Betriebskosten für Instandhaltung und Wartung und verbrauchsabhängige Kosten für Brennstoffe und Strom einbezogen. Es werden dabei die folgenden wirtschaftlichen Parameter zu Grunde gelegt:

- Zins: 1,5 %
- Preissteigerung:
 - Allgemein: 3 %
 - Strom: 2,6 % (Prognos, 2020)
 - Erdgas: 5,2 % (Prognos, 2020)
- Betrachtungszeitraum: 30 Jahre
- Nutzungsdauern (Ersatzinvestitionen) und Aufwendungen für Instandsetzung und Wartung nach VDI 2067
- 10 % der Investitionskosten für Unvorhergesehenes
- 20 % der Investitionskosten als Baunebenkosten (Planungsleistungen, Genehmigungen und Gutachten)

- Alle Kosten: netto

Die folgenden Strom- und Brennstoffpreise inkl. CO₂-Kosten werden angesetzt:

- Strompreis:
 - Dezentrale Wärmepumpen: 220 €/MWh
 - Zentrale Wärmepumpen: 160 €/MWh
- Brennstoffpreise
 - Erdgas: 80 €/MWh für Abnehmer bei ca. 100 MWh p.a. (Stadtwerke Konstanz, 2021), CO₂-Bepreisung in Preissteigerung Erdgas enthalten
 - Biomethan: 100 €/MWh, keine CO₂-Kosten

Bei den Wärmepumpen werden folgende Jahresarbeitszahlen (Quotient aus nutzbarer Wärme und eingesetztem Strom) angesetzt:

- V1 GEG
 - Dezentrale Luft-Wärmepumpen: 3
- V2 Abwärme Klärwerk
 - Zentrale Großwärmepumpe Abwärme Klärwerk: 4
 - Wärmepumpe Abwärme: 3,5
 - Zentrale Großwärmepumpe Geothermie Bestand: 3
 - Zentrale Luft-Wärmepumpe: 3
- V3 Geothermie
 - Zentrale Großwärmepumpe Geothermie Neubau: 3,5
 - Wärmepumpe Abwärme: 3,5
 - Zentrale Großwärmepumpe Geothermie Bestand: 3
 - Zentrale Luft-Wärmepumpe: 3

Es werden außerdem die in Tabelle 14 dargestellten Leistungen/Dimensionen und spezifischen Kostenansätze berücksichtigt. Die angenommenen Leistungen und Dimensionen wurden überschlägig im Rahmen des Konzepts ermittelt. Die angenommenen Kosten gehen teilweise auf Richtpreisangebote, teilweise auf Studien sowie auf Erfahrungswerte aus anderen Projekten zurück. Alle Angaben verstehen sich als vorläufige Annahmen im Rahmen eines Konzepts und können im weiteren Projektverlauf entsprechend abweichen.

Den Kosten werden mögliche Fördermittel gegengerechnet. Hierbei werden folgende Förderprogramme berücksichtigt:

- V1 GEG: Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG)
 - 35 % auf die förderfähigen Investitionskosten (dezentrale Luft-Wärmepumpen)
- V2 Abwärme Klärwerk: Bundesförderung Effiziente Wärmenetze (BEW, Entwurf)
 - Investitionsförderung: 40 % auf die förderfähigen Investitionskosten (Erzeugerkomponenten und Wärmenetz)

- Betriebskostenförderung: max. 90 % der Wärmepumpenstromkosten in den ersten 10 Betriebsjahren
- V3 Geothermie: Bundesförderung Effiziente Wärmenetze (Entwurf)
 - Investitionsförderung: 40 % auf die förderfähigen Investitionskosten (Erzeugerkomponenten und Wärmenetz)
 - Betriebskostenförderung: max. 90 % der Wärmepumpenstromkosten in den ersten 10 Betriebsjahren

Die Förderung nach BEG ist abhängig von der Effizienz bzw. Jahresarbeitszahl der jeweiligen Wärmepumpe und bleibt daher im Einzelfall zu prüfen.

Die Förderung für die Wärmenetze wird dabei jeweils für das Netz und seine Komponenten sowohl im Neubau als auch im Bestand berücksichtigt. Voraussetzung für die Förderung ist, dass min. 75 % der Wärme aus erneuerbaren Quellen oder Abwärme stammen und max. 10 % aus fossilen Verbrennungstechnologien ohne Kraft-Wärme-Kopplung. Die Betriebsförderung für Wärmepumpenstrom wird nicht auf Abwärme gewährt und endet nach zehn Betriebsjahren. Die tatsächliche Höhe der Betriebsförderung hängt u. a. von der JAZ der Wärmepumpe und der jeweils aktuellen EEG-Umlage ab und ist jährlich beim Fördermittelgeber nachzuweisen.

Tabelle 14: Leistungen / Dimensionen und Kostenansätze der einzelnen Komponenten

Varinate	V1 GEG	V2 Klärwerk	V3 Geothermie
Neubau			
Dezentrale Luft-Wärmepumpen	30 x 50 kW; 874 €/kW		
Zentrale Wärmepumpe Klärwerk		1.300 kW; 1.120 €/kW	
Zentrale Wärmepumpe Geothermie			1.300 kW; 500 €/kW
Erdsonden			335 x 100 m; 85 €/m
Spitzenlastkessel		1.250 kW; 80 €/kW	1.250 kW; 80 €/kW
Regelungstechnik		50.000 €	50.000 €
Energiezentrale		500.000 €	500.000 €
Wärmenetz		Ca. 1 km; 900 €/m	Ca. 1 km; 900 €/m
Bestand			
Dezentrale Erdgaskessel	48 x 100 kW; 106 €/kW		
Zentrale Wärmepumpe Abwärme		1.200 kW; .970 €/kW	1.200 kW; .970 €/kW
Zentrale Wärmepumpe Geothermie		600 kW; 500 €/kW	600 kW; 500 €/kW
Zentrale Wärmepumpe Luft		2.400 kW; 800 €/kW (inkl. Rückkühlung)	2.400 kW; 800 €/kW (inkl. Rückkühlung)
Erdsonden		160 x 100 m; 85 €/m	160 x 100 m; 111 €/m
Spitzenlastkessel		4.200 kW; 70 €/KW	4.200 kW; 70 €/KW
Regelungstechnik		50.000 €	50.000 €
Wärmenetz		Ca. 1 km; 1.200 €/m	Ca. 1 km; 1.200 €/m

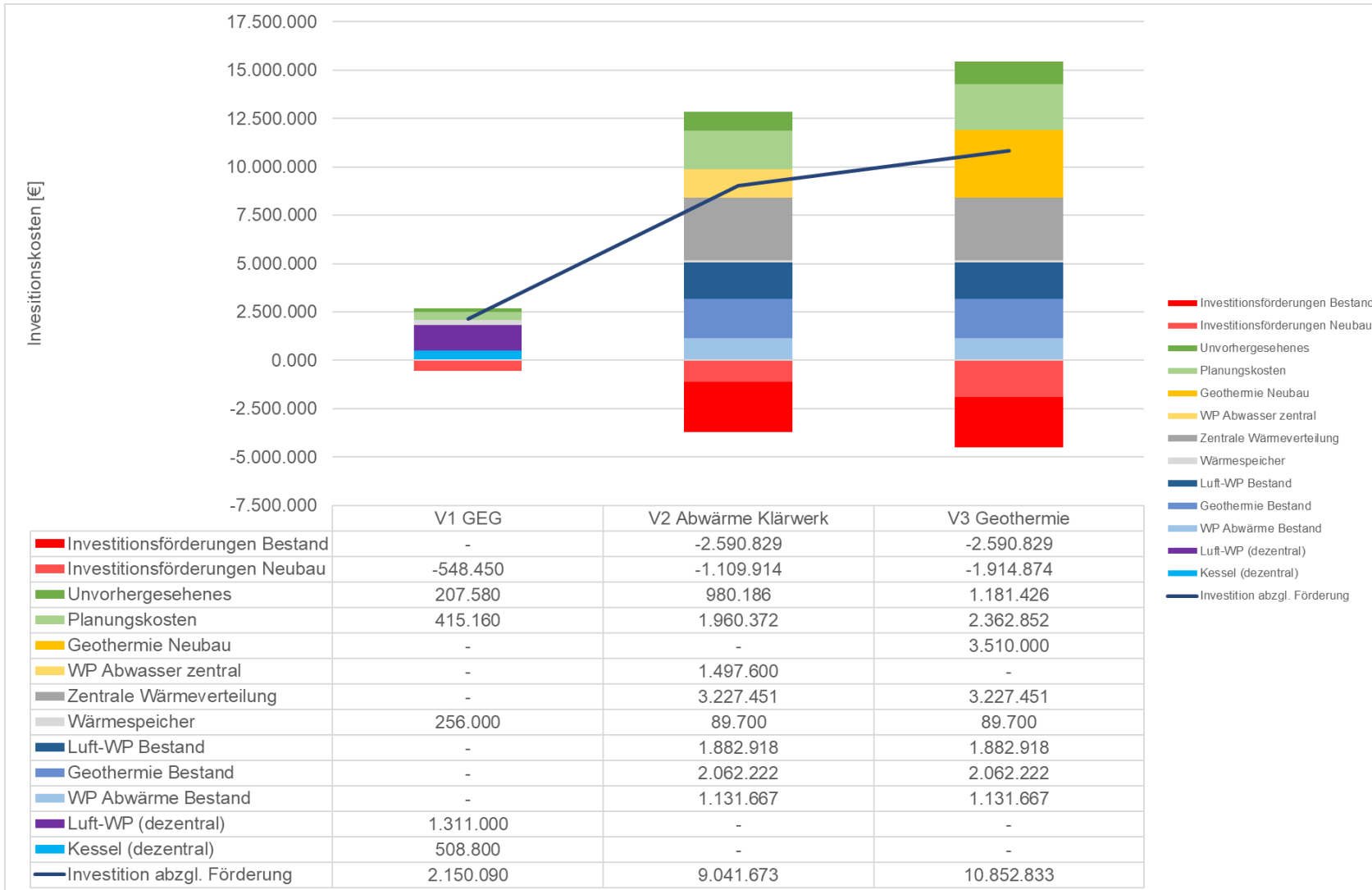


Abbildung 61: Investitionskosten und -förderungen der Varianten

Die geringsten Investitionskosten ergeben sich mit ca. 2,7 Mio. € in Variante 1, wobei ca. 500.000 € für die dezentralen Wärmepumpen ggf. über das Förderprogramm BEG gefördert werden. Die Varianten 2 und 3 sind deutlich investitionskostenintensiver und liegen bei ca. 12,7 bzw. 15,4 Mio. € Investitionskosten. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die zentralen Versorgungsvarianten 2 und 3 neben den Erzeugungsanlagen auch Kosten für Wärmenetze, eine Energiezentrale und Regelungstechnik mehrerer Einspeiser enthalten. Höhere Kosten in den Gebäuden für benötigte dezentrale Technikflächen hingegen liegen außerhalb der Bilanzgrenze und sind nicht berücksichtigt. Für die Varianten 2 und 3 sind jeweils mögliche Investitionsförderungen über das BEW i. H. v. ca. 3,7 bzw. 4,5 Mio. € gegengerechnet. Die Investitionskosten unter Berücksichtigung von Fördermitteln liegen somit bei ca. 2,1 Mio. € in Variante 1, bei ca. 9,0 Mio. € in Variante 2 und bei ca. 10,9 Mio. € in Variante 3.

Abbildung 62 zeigt jedoch, dass die Investitionskosten über den gesamten Lebenszyklus nicht ausschlaggebend sind. Hierbei sind die verbrauchsabhängigen Kosten mit je nach Variante ca. 70 % bis 90 % entscheidend. Hierunter zählen in Variante 1 Kosten für Erdgas und dezentralen Wärmepumpenstrom und in den Varianten 2 und 3 die zentralen Wärmepumpenstromkosten. Somit liegt Variante 1 in den jährlichen Kosten über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren mit ca. 4,2 Mio. € im Jahr deutlich höher als die beiden zentralen Varianten mit ca. 3,1 Mio. € im Jahr. Ausschlaggebend ist hierfür die Entwicklung von zukünftigen Erdgas- und Strompreisen.

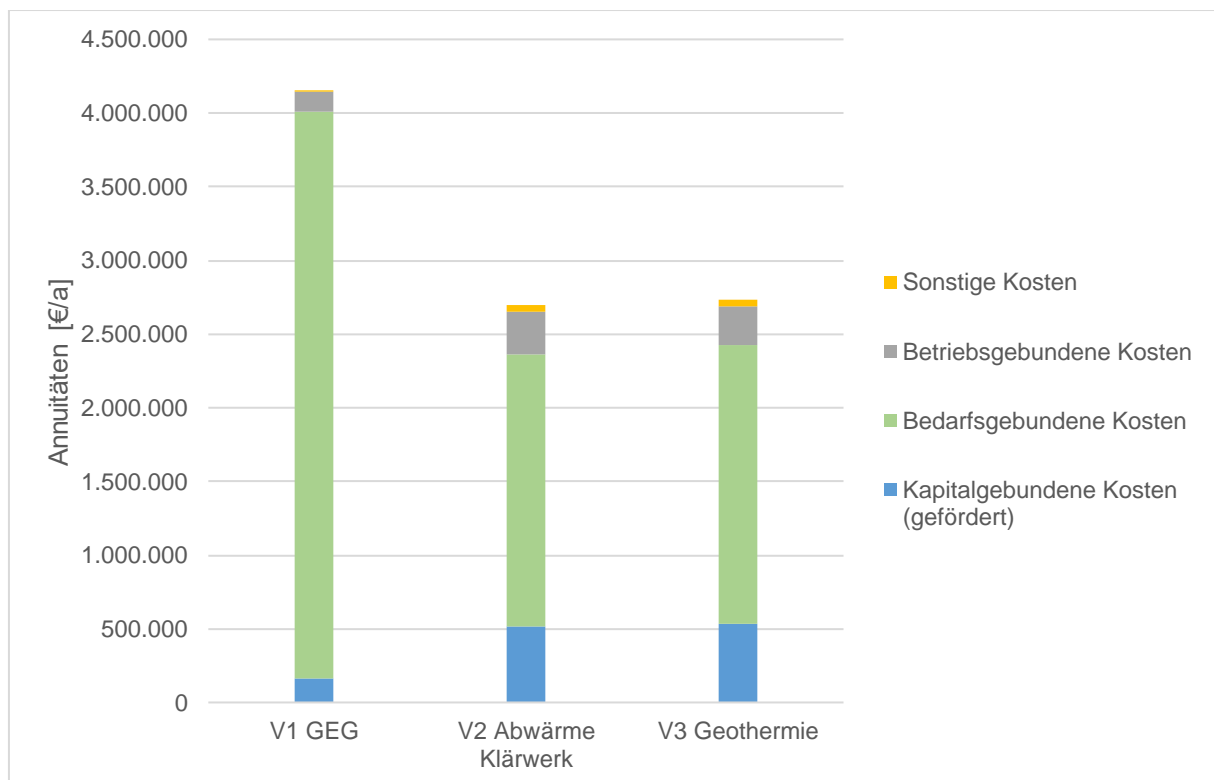


Abbildung 62: Jährliche Kosten der einzelnen Varianten

Abbildung 63 und Abbildung 65 zeigen die jährlichen Kosten aufgeteilt nach Bestand und Neubau und stellen die einzelnen Kostenkomponenten für Brennstoffe und Strom dar. Im Bestand zeigt sich, dass die dezentrale Erdgasversorgung in Variante 1 mit ca. 3,3 Mio. € im Jahr am teuersten ist. Ausschlaggebend sind hier die hohen Brennstoffkosten, die Ende 2021 mit 80 €/MWh auf einem hohen Niveau gegenüber der Vergangenheit liegen. Nimmt man einen durchschnittlich geringeren Erdgaspreis von 60 €/MWh zum

Startzeitpunkt der Betrachtung an, verringern sich die Kosten der Variante 1, liegen aber weiterhin mit ca. 2,5 Mio. € p.a. über den Varianten 2 und 3 (s. Abbildung 64). Diese liegen gleich auf und landen unter Berücksichtigung der BEW-Förderung bei ca. 2,1 Mio. € im Jahr.

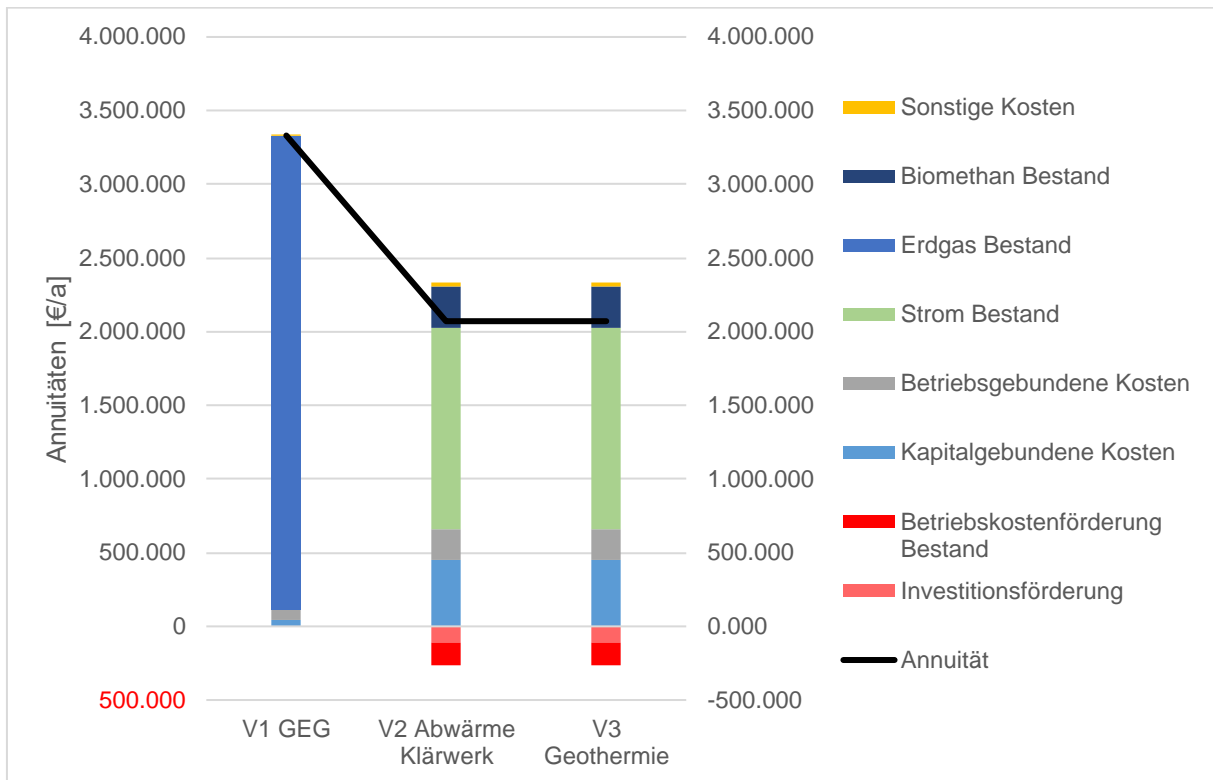


Abbildung 63: Annuität im Bestand (Erdgaspreis: 80 €/MWh in 2021)

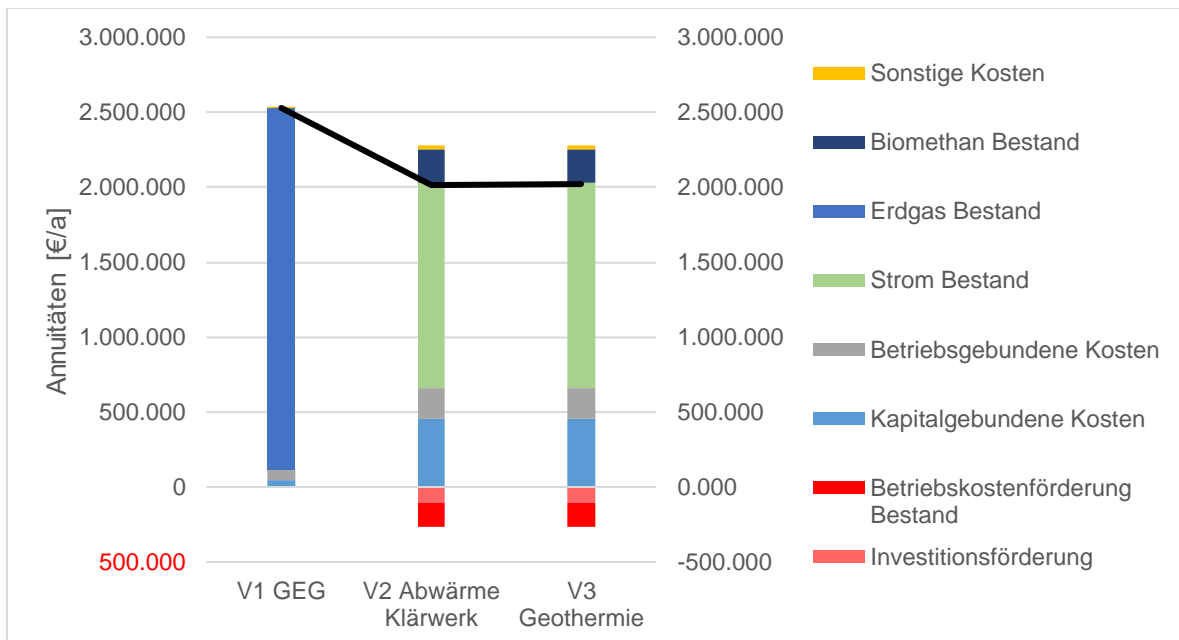


Abbildung 64: Annuität im Bestand (Erdgaspreis: 60 €/MWh in 2021)

Im Neubau liegen die Varianten näher beieinander. Dennoch ist auch hier die dezentrale Variante 1 mit ca. 800.000 € im Jahr am teuersten. Variante 2 ist unter Berücksichtigung der BEW-Förderung auf Grund etwas geringerer Investitions- und verbrauchsabhängiger Kosten mit ca. 600.000 € im Jahr etwas günstiger als Variante 3 mit knapp 700.000 € im Jahr.

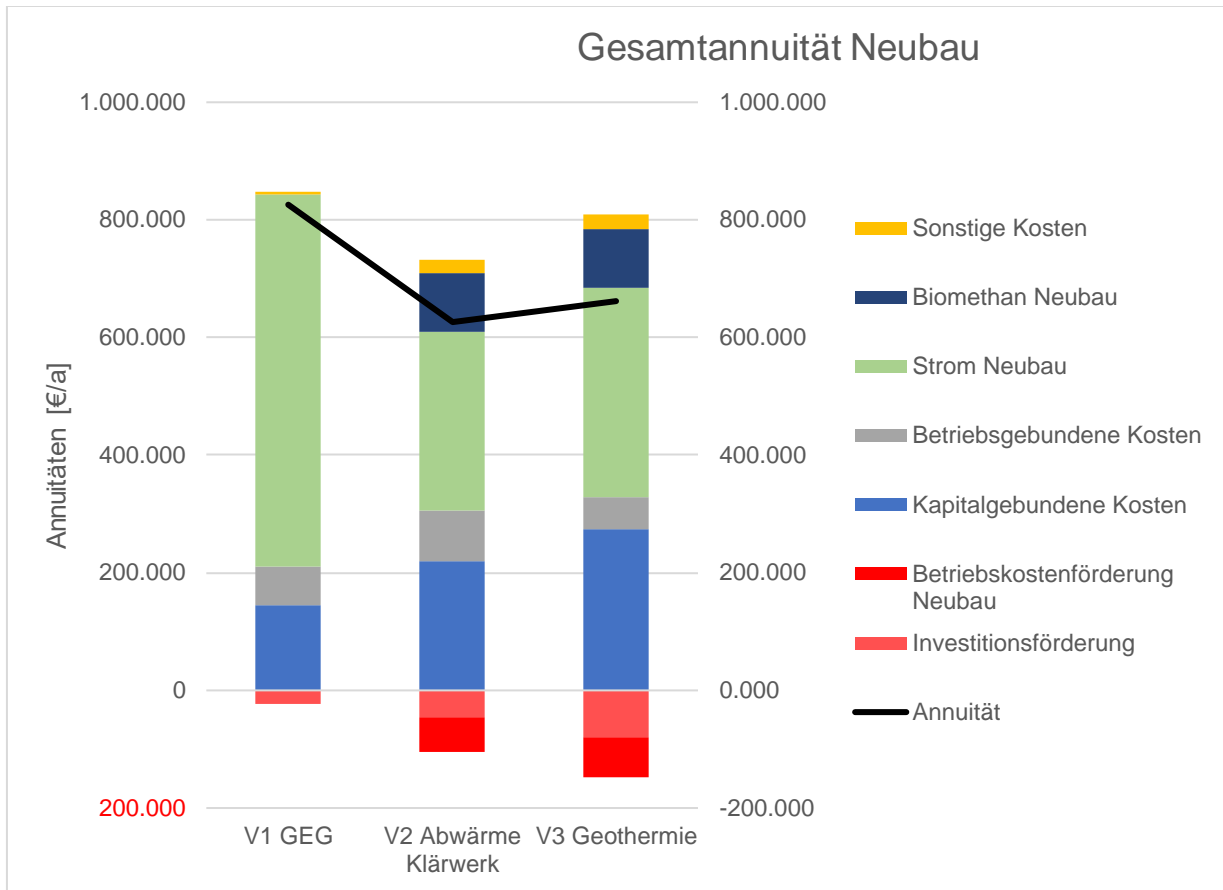


Abbildung 65: Annuität im Neubau

Tabelle 15 zeigt die sich ergebenden Wärmegestehungskosten aufgeteilt nach Bestand und Neubau. Entsprechend der bisherigen Darstellungen ergeben sich die geringsten Wärmegestehungskosten in Variante 2 mit ca. 123 €/MWh (gewichtetes Mittel aus Neubau und Bestand), gefolgt von Variante 3 mit ca. 125 €/MWh und der teuersten Variante 1 mit ca. 190 €/MWh.

Tabelle 15: Wärmegestehungskosten der Varianten

	Gesamt	Bestand	Neubau
V1 GEG	190 €/MWh	200 €/MWh	159 €/MWh
V2 Abwärme Klärwerk	123 €/MWh	124 €/MWh	120 €/MWh
V3 Geothermie	125 €/MWh	125 €/MWh	127 €/MWh

Auch auf die Wärmegestehungskosten haben mögliche Fördermittel einen entscheidenden Einfluss. Tabelle 16 stellt die Wärmegestehungskosten ohne Berücksichtigung von Investitions- und Betriebsförderungen dar. Es zeigt sich, dass auch ohne Förderungen Variante 1 die höchsten Kosten erzeugen würde. Die zentralen Varianten können in den Gestehungskosten durch Fördermittel jeweils um ca. 1,5 bis 2 ct/kWh verbessert werden. Am stärksten fällt der Effekt auf Grund der höchsten förderfähigen Kosten bei Variante 3 mit Geothermie im Neubau aus.

Tabelle 16: Wärmegestehungskosten der Varianten ohne Förderung

	Gesamt	Bestand	Neubau
V1 GEG	191 €/MWh	200 €/MWh	163 €/MWh
V2 Abwärme Klärwerk	140 €/MWh	140 €/MWh	140 €/MWh
V3 Geothermie	144 €/MWh	140 €/MWh	156 €/MWh

Ökologischer Variantenvergleich

Da neben der Wirtschaftlichkeit auch die Nachhaltigkeit sowie der Einfluss der Wärmeerzeugung auf die Treibhausgasemissionen als Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität betrachtet werden sollen, wurden die Treibhausgasemissionen und der Primärenergiefaktor der einzelnen Varianten bewertet. Dabei wurden die folgenden Emissionsfaktoren angesetzt:

- Erdgas: 202 g CO₂/kWh
- Bundesweiter Strommix
 - 2020: 366 g CO₂/kWh
 - 2050: Extrapolation der heutigen Emissionen unter Berücksichtigung der Ziele der Bundesregierung und Koalitionsverhandlungen (80 % EE bis 2030 und klimaneutral bis 2045)
- Biomethan: 0 g CO₂/kWh

Abbildung 66 stellt die CO₂-Emissionen der einzelnen Varianten pro Jahr über einen Betrachtungszeitraum von 2021 bis 2050 dar. Hier weist Variante 1 die mit Abstand höchsten Werte von über 4.000 t CO₂ im Jahr auf Grund des Erdgaseinsatzes auf. Die beiden Varianten 2 und 3 liegen deutlich niedriger bei ca. 1.100 t CO₂ pro Jahr bzw. 1.150 t CO₂ pro Jahr.

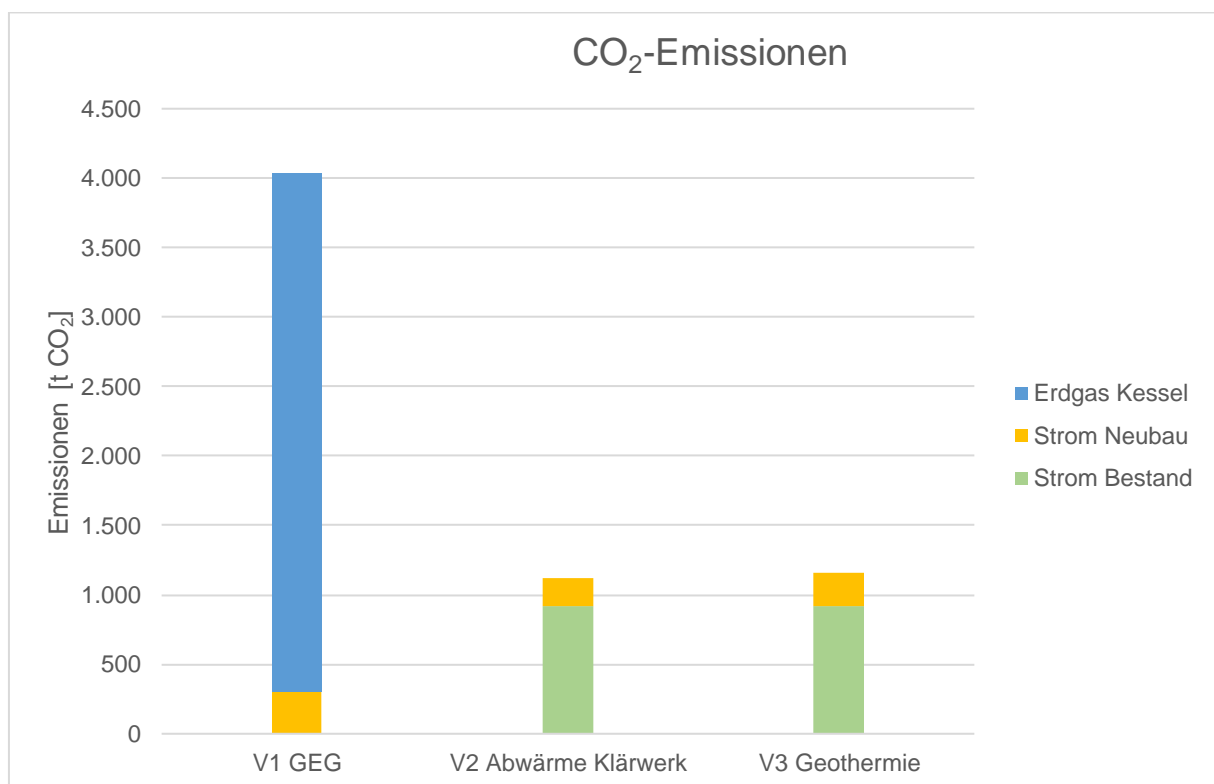


Abbildung 66: CO₂-Emissionen der Varianten über den Betrachtungszeitraum pro Jahr

Bei der Versorgung mit Wärmepumpen ist der Emissionsfaktor des eingesetzten Stroms ausschlaggebend für die CO₂-Emissionen und somit für die ökologische Nachhaltigkeit der Varianten. Bisher wurde hierfür der vollständige Bezug aus dem Netz der öffentlichen Versorgung berücksichtigt. Um die ökologischen Auswirkungen der Varianten zu optimieren, könnten Teile durch lokalen Photovoltaikstrom gedeckt werden. Hierbei ist jedoch die Gegenläufigkeit von hohen Solarerträgen im Sommer und hohem Strombedarf der Wärmepumpen im Winter zu berücksichtigen, sodass i. d. R.

vergleichsweise hohe installierte Photovoltaikleistungen benötigt werden, um einen relevanten solaren Deckungsgrad zu erzielen.

Somit ist aktuell der Emissionsfaktor des bundesweiten Strommixes und seine zukünftige Entwicklung für die CO₂-Emissionen der Varianten ausschlaggebend. Abbildung 67 zeigt, dass Stand 2021 die CO₂-Emissionen bei ca. 4.400 t CO₂ im Jahr in Variante 1, bei ca. 2.400 t CO₂ im Jahr in Variante 2 und ca. 2.500 t CO₂ im Jahr in Variante 3 lägen.

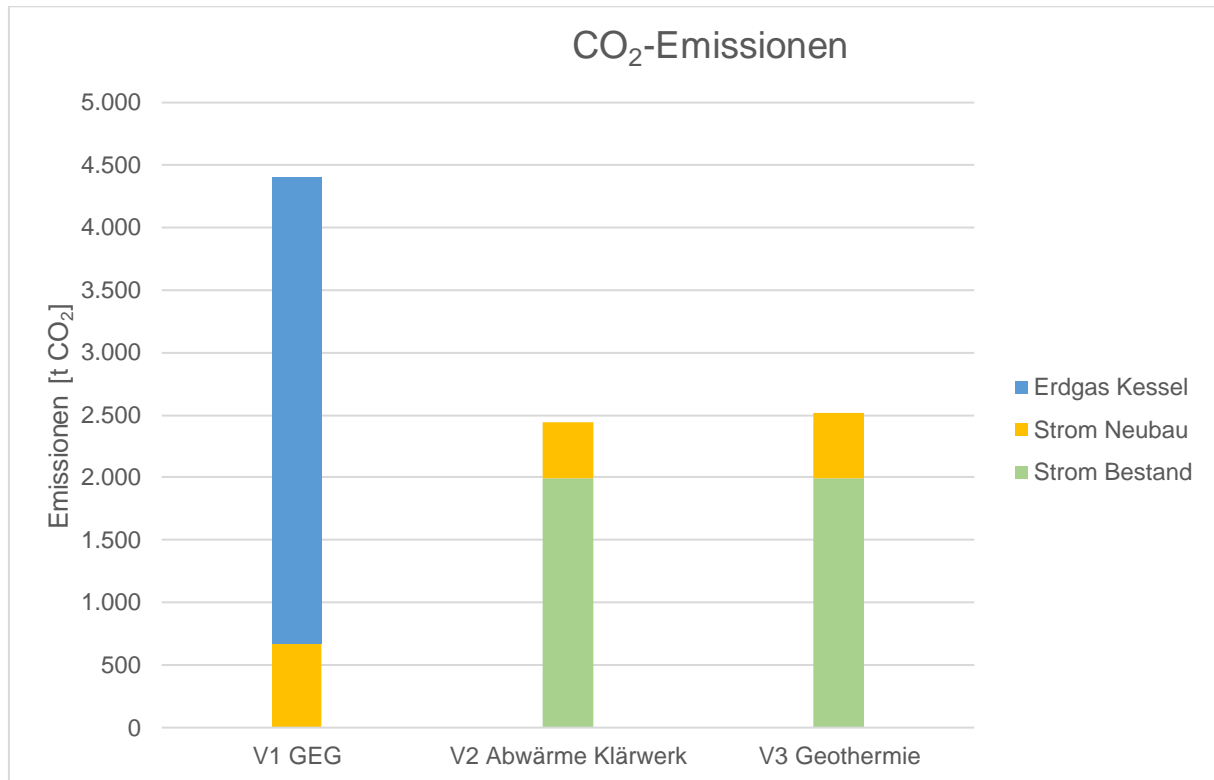


Abbildung 67: CO₂-Emissionen der Varianten im Jahr 2021

Extrapoliert man den Emissionsfaktor für den Bundesweiten Strommix für die Jahre 2021 bis 2050 unter Berücksichtigung der Klimaziele des Bundes (80 % EE-Anteil beim Strom bis 2030 und Klimaneutralität des Netzes bis 2045), würden die Emissionen im Jahr 2035 auf ca. 4.000 t CO₂ im Jahr in Variante 1 bzw. auf ca. 1.000 t CO₂ im Jahr in den Varianten 2 und 3 sinken (siehe Abbildung 68). Es zeigt sich, dass die Varianten stark vom Ausbau der Erneuerbaren im Stromsektor abhängen und dass eine komplette Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2035 mit Netzbezug voraussichtlich nur erreicht werden kann, wenn man den eingesetzten Strom bilanziell aus regenerativen Quellen bezieht und diesen dann mit Null bilanziert. Andernfalls müssten entsprechende Kompensationsmaßnahmen zum Ausgleich von CO₂-Emissionen ergriffen werden, um das Klimaschutzziel der Stadt Konstanz zu erreichen.

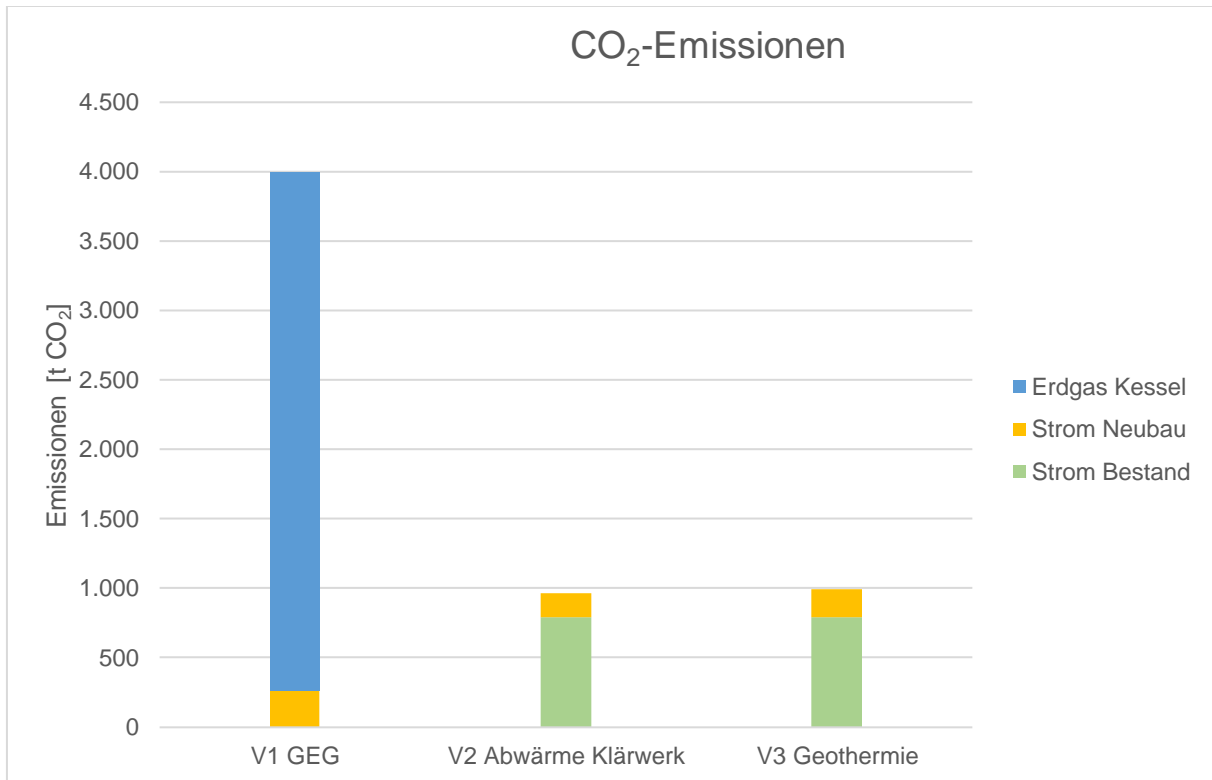


Abbildung 68: CO₂-Emissionen der Varianten im Jahr 2035

Ergänzend wurde auch der Primärenergiefaktor (PEF) nach AGFW Arbeitsblatt FW309-1 für die drei Varianten berechnet. Hierbei werden jeweils die eingesetzten Brennstoff- und Strommengen mit dem jeweiligen PEF verrechnet und in Bezug zur gesamten Wärmemenge gesetzt.

Es wurden die folgenden PEF nach AGFW Arbeitsblatt FW309-1 berücksichtigt:

- Erdgas: 1,1
- Biomethan: 0,7
- Strom: 1,8

Damit ergeben sich die PEF für die verschiedenen Versorgungskonzepte jeweils für Bestand und Neubau wie in Tabelle 17 dargestellt. Die höchsten und somit ökologisch schlechtesten Werte erreicht Variante 1. Den besten Wert im Neubau erreicht Variante 2, gefolgt von Variante 3. Grund hierfür ist der höhere Stromeinsatz einerseits durch eine etwas schlechtere JAZ der Wärmepumpe sowie andererseits durch zusätzlichen Förderpumpenstrom des Erdsondenfeldes.

Tabelle 17: Primärenergiefaktoren der Varianten

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Bestand	1,22	0,72	0,72
Neubau	0,69	0,54	0,62

Um im Neubau den KfW40-Standard zu erreichen bzw. die geforderten Energiebedarfe und Einsparungen einzuhalten, werden gebäudeseitig i. d. R. PEF von < 0,4 gefordert, da andernfalls deutlich höhere Dämmstandards erforderlich werden. Kritisch ist hierbei der aktuell vom Gebäudeenergiegesetz (GEG) vorgegebene Wert für netzbezogenen Strom von 1,8 zu sehen. Studien zeigen, dass der Wert in

Abhängigkeit des EE-Ausbaus bereits in 2020 bei ca. 1,3 und in Szenarien für 2030 bzw. 2050 bei 0,81 bzw. 0,08 liegen müsste. (INAS, 2020)

Setzt man diese Werte bei der Berechnung des PEF an, kommt man bereits zum Startzeitpunkt der Vorgabe von 0,4 im Neubau deutlich näher und kann diese für 2030 und darüber hinaus sogar für den Bestand deutlich unterschreiten (s. Tabelle 18).

Tabelle 18: Projektion Primärenergiefaktoren der Varianten für 2020, 2030 und 2050

2020 (Strom: 1,3)	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Bestand	1,22	0,54	0,54
Neubau	0,50	0,42	0,47
2030 (Strom: 0,81)	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Bestand	1,22	0,37	0,37
Neubau	0,31	0,29	0,33
2050 (Strom: 0,08)	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Bestand	1,22	0,11	0,11
Neubau	0,03	0,11	0,11

Eine weitere Möglichkeit zur Absenkung des PEF wäre wie bereits weiter oben erwähnt die Kombination mit lokalen Photovoltaikanlagen.

Fazit Variantenvergleich

Die zentralen Versorgungsvarianten 2 und 3 liegen sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch vor der dezentralen Versorgung in Variante 1, welche die Klimaschutzziele weit verfehlt. Es wird daher sowohl für den Neubau als auch den Bestand eine zentrale Wärmeversorgung über Wärmenetze empfohlen. Im Neubau sollte dies durch die Errichtung eines Nahwärmenetzes erfolgen. Eine hohe Anschlussquote kann dabei durch wirtschaftlich attraktive Wärmepreise sowie durch entsprechende Festsetzungen im Bebauungsplan oder in Kaufverträgen der Grundstücke erreicht werden. Im Bestand sollte innerhalb des geplanten Anschlussgebiets eine Umstellung der dezentralen zur zentralen Versorgung unter Integration der vorhandenen industriellen Abwärmepotenziale im Gewerbe erfolgen.

Die Varianten 2 und 3 liegen in den verschiedenen Kriterien etwa gleich auf. Wobei Variante 2 etwas geringere Kosten und etwas geringere Emissionen erzeugt. Es wird daher empfohlen zur zentralen Versorgung des Neubaus zunächst das Abwasserwärmepotenzial im Ablauf des Klärwerks weiter zu verfolgen. Sollte sich diese Variante zukünftig als ungeeignet oder nicht umsetzbar herausstellen, bliebe die Versorgung über Geothermie als Rückfalloption.

Die Umsetzbarkeit der Variante der Klärwerks-Abwärme wird zum aktuellen Zeitpunkt als sehr hoch eingestuft. Durch die kommunale Entsorgungsaufgabe ist das Potenzial langfristig verfügbar. Erste Vorgespräche mit den Entsorgungsbetrieben wurden bereits geführt und die Bereitschaft der beteiligten Akteure als positiv bewertet. Messdaten der Entsorgungsbetriebe bzgl. Abflussmengen und Temperaturverlauf liegen vor, sodass eine bilanzielle Deckung des Bedarfs durch das vorhandene Potenzial bestätigt werden konnte. Die Variante bedarf dennoch einer vertiefenden Machbarkeitsprüfung, um das konkrete Versorgungskonzept sowie die einzelnen erforderlichen Komponenten festzulegen und das Potenzial durch eine dynamische Simulation zu bestätigen.

Die Umsetzbarkeit und Genehmigungsfähigkeit einer geothermischen Versorgung wurden zunächst grundlegend geklärt und es konnten bislang keine Kriterien ausgemacht werden, die gegen eine Umsetzbarkeit sprechen. Die Variante unterliegt jedoch noch einigen zu klärenden Punkten, um das konkrete Potenzial genauer zu bewerten. Sollte die Variante weiterverfolgt werden, wären zunächst mit der Genehmigungsbehörde die konkreten Anforderungen der Genehmigungsfähigkeit zu klären und Thermal Response Tests durchzuführen. Hieraus erhält man die tatsächliche Wärmeleitfähigkeit am Standort. Im Rahmen der Genehmigungsplanung wäre eine Modellierung des Untergrunds erforderlich, um die Auswirkungen des Sondenfeldes auf die Umgebung zu prüfen. Hierbei können einerseits genehmigungsrechtliche Restriktionen entstehen, andererseits könnte das technische Potenzial reduziert werden, wenn die tatsächlichen Werte unter den bisherigen Annahmen liegen sollten.

Zur Überprüfung der Machbarkeit und zur Optimierung der Varianten wird ein Antrag im Modul I (Machbarkeitsstudie, Entwurfs- und Genehmigungsplanung) der aktuell noch im Entwurf befindlichen BAFA-Förderung „Bundesförderung Effiziente Wärmenetze“ empfohlen.

Mögliche Betreiberkonzepte

Grundsätzlich sind für das Neubaugebiet Grubwiesen und dessen Versorgung mit Wärme für Heizung und Trinkwarmwasser sowie ggf. Kälte verschiedene Betreibermodelle denkbar. Diese werden im Folgenden erläutert. Zusätzlich werden Vor- und Nachteile eines Anschluss- und Benutzungsgebotes beschrieben.

Kommunaler Eigenbetrieb

Eine Option für den Betrieb des Wärmenetzes ist, dass die notwendigen Investitionen und Baumaßnahmen durch die Stadt Konstanz bzw. einen Eigenbetrieb selbst finanziert und durchgeführt bzw. koordiniert werden. In diesem Fall würden die Anlagen auch durch die Stadt bzw. einen Eigenbetrieb betrieben. Die Energie in Form von Wärme (und Kälte) würde durch die Stadt bzw. einen Eigenbetrieb an die Abnehmer, also vor allem an die sich ansiedelnden Industrie- und Gewerbebetriebe, verkauft werden. Durch die Erlöse würden die Annuitäten der abzuschreibenden Investitionen sowie die laufenden Kosten der Energieversorgung gedeckt werden.

Vorteil dieses Betreibermodells besteht darin, dass sämtliche Gestaltungsmöglichkeiten, sowohl hinsichtlich der technischen Realisierung als auch hinsichtlich der Preismodelle und der Anpassungen der Energieversorgung an die Gebietsentwicklung, bei der Stadt bzw. einem Eigenbetrieb verbleiben. Auf der anderen Seite trägt die Stadt bzw. der Eigenbetrieb auch die Risiken, die sich aus fluktuierender Abnahme und der zukünftigen Gebietsentwicklung ergeben.

Mit den Stadtwerken gibt es einen potenziellen erfahrenen Partner, was den Betrieb von Energieanlagen, aber auch die kaufmännische Abwicklung von Verbrauchsabrechnungen betrifft. Damit eine Direktbeauftragung der Stadtwerke möglich ist, müssten gemäß § 108 Ausnahme der öffentlich-öffentlichen Zusammenarbeit des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen die folgenden Voraussetzungen erfüllt werden:

- Der öffentliche Auftraggeber muss über das zu beauftragende Unternehmen eine ähnliche Kontrolle ausüben wie über seine eigenen Dienststellen.
- Das zu beauftragende Unternehmen muss zu mindestens 80 % für den öffentlichen Auftraggeber tätig sein.
- Am Unternehmen des Auftraggebers darf keine private Kapitalbeteiligung bestehen.

Nach Abstimmung mit Stadt und Stadtwerken werden diese Kriterien jedoch nicht erfüllt. Ein anderer in Frage kommender Eigenbetrieb der Stadt Konstanz ist aktuell nicht bekannt. Daher werden Errichtung und Betrieb des Wärmenetzes voraussichtlich öffentlich ausgeschrieben werden.

Gewerbliche Wärme- und Kältelieferung

Die eben genannte öffentliche Ausschreibung entspricht einem Contracting-Modell, in dem die Erzeugungsanlagen und Netze durch den Contractor errichtet und betrieben werden. Hierbei würde dem Contractor die Konzession zur Wärme- (und Kälte-)Versorgung im Quartier erteilt. Die Kosten zur Erzeugung von Wärme (und Kälte) trägt der Contractor und verkauft im Gegenzug die bereitgestellte Energie an die ansässigen Unternehmen.

Da der kalkulierte Auftragswert für die Konzession zur Wärme- und Kälteversorgung vermutlich die Schwelle von 5.350.000 € überschreitet, ist eine EU-weite Ausschreibung unter Berücksichtigung der Konzessionsvergabeverordnung (KonzVgV) notwendig. Im Rahmen des Konzessionsvergabeverfahrens, das durch einen externen Dienstleister begleitet werden könnte, wird ein Konzessionär ermittelt, der die erforderlichen Anlagen zur Wärme- und ggf. Kälteversorgung errichtet und betreibt. Hierbei ergeben sich für den Konzessionär Schnittstellen zur Stadt Konstanz bzw. zur Wirtschaftsförderung als Entwickler des Neubauareals Grubwiesen sowie weiteren Behörden oder öffentlichen Organen hinsichtlich bauseitiger Leistungen, Wegenutzung und ggf. genehmigungsrechtlichen Themen (z. B. Errichtung von Geothermiesonden).

Um eine Konzessionsvergabe sinnvoll gestalten zu können, muss der Konzessionsgegenstand hinreichend genau bekannt sein. Die zu erwartenden Energiebedarfe sollten daher zumindest insofern präzisiert werden können, als dass eine ausreichende Kalkulationsgrundlage für den Bieter besteht. Ansonsten ist mit hohen Risikoaufschlägen zu rechnen, die die Wirtschaftlichkeit der Angebote deutlich verschlechtern würden. Zwischen Beginn eines Konzessionsvergabeverfahrens und der Aufnahme der Wärmeversorgung liegen inklusive der Vorbereitung der Vergabe üblicherweise mehrere Jahre. Darüber hinaus ist ggf. der Energiebedarf für bestimmte Bauabschnitte für die Bieter präziser zu quantifizieren, sodass eine Konzession zunächst nur für zu realisierende Bauabschnitte vergeben werden könnte. Die weiteren Abschnitte könnten als Erweiterungsgebiete oder Optionen im Vergabeverfahren betrachtet werden.

Eine lange Vertragslaufzeit bietet eine weitere Möglichkeit, das Risiko durch geringen Bedarf im Entwicklungszeitraum für den Konzessionär zu begrenzen. Beispielsweise könnte die Laufzeit an die Entwicklung gekoppelt werden, in dem die Laufzeit bis zur Entwicklung des letzten Grundstücks zuzüglich des abzuschließenden Wärmeliefervertrags festgesetzt wird, ggf. mit einer entsprechenden maximalen Vertragslaufzeit.

Der Ablauf eines Konzessionsvergabeverfahrens gliedert sich grob in die folgenden Schritte:

- Energiekonzept und Vordimensionierung einer Variante
- Verfahrensvorbereitung
- Teilnahmewettbewerb
- Einholung, Prüfung und Bewertung indikativer Angebote und Verhandlungsgespräche
- Einholung, Prüfung und Bewertung verbindlicher Angebote
- Zuschlag und Führen einer Vergabeakte

Der Vorteil einer Konzessionsvergabe besteht darin, dass das finanzielle Risiko der Energieversorgung, zumindest in den vertraglich geregelten Grenzen, auf den Konzessionär übergeht. Planung, Bau, Realisierung und Betrieb erfolgen unter den festgelegten Rahmenbedingungen durch den Konzessionär, sodass Fündigkeitsrisiken, Mehrkosten bei Energieträgern oder Trassenbau in dessen Risikosphäre liegen. Darüber hinaus entsteht durch die Konzessionsvergabe ein Wettbewerb, der die Wahrscheinlichkeit besonders günstiger Angebote erhöht. In einem variantenoffenen Verfahren besteht außerdem die Möglichkeit, dass die technischen Konzepte der Bieter Ansätze und Technologien enthalten, die über das Energiekonzept hinausgehen und somit eine noch bessere Versorgungslösung als in der präferierten Referenzvariante ermöglichen. Auf diese Weise profitiert das Projekt von den Erfahrungen der potenziellen Energielieferanten sowie deren Knowhow und Vernetzungen, unter anderem in Bezug auf Marktkonditionen.

Nachteilig ist zum einen die zusätzliche Dauer, die durch die Durchführung eines Vergabeverfahrens entsteht. Außerdem ist für die erfolgreiche Durchführung eine hinreichend belastbare Kalkulationsgrundlage hinsichtlich Energiebedarfe und technischen Rahmenbedingungen für die Bieter erforderlich.

Betrieb durch eine Infrastrukturgesellschaft der ansässigen Unternehmen

Ein drittes Betreibermodell besteht darin, dass die sich ansiedelnden Unternehmen in die Rolle des Betreibers rücken. Diese könnten sich beispielsweise als Gesellschafter einer „Infrastrukturgesellschaft“ zusammenschließen. Hierbei würden sich zusätzliche Schnittstellen mit dem Standortbetreiber und ggf. weiteren Organen der öffentlichen Hand, bspw. in Hinblick auf Wegenutzung und ggf. zur Verfügung gestellte bauseitige Leistungen, ergeben. Beispiele für bauseitige Leistungen, die ggf. durch den Standortentwickler übernommen werden können, sind die Grünzeichnung der Trassenräume im öffentlichen Bereich oder die Untersuchung auf Kampfmittel.

Vorteile einer solchen Konstellation bestehen darin, dass die Einbindung von industrieller Abwärme besonders niederschwellig erfolgen könnte und der Standortentwickler keinerlei finanziellen Risiken für die Energieversorgung ausgesetzt ist. Für die Unternehmen besteht die Attraktivität einer solchen Variante außerdem darin, dass sie die Energie selbst zu kostendeckenden Preisen ohne Marge für einen Dritten erzeugen können. Nachteilig ist in diesem Betreibermodell die geringe Einflussmöglichkeit auf die Wärmeversorgung des Gebietes. Darüber hinaus ergeben sich mehr Schnittstellen, administrativer Aufwand im Rahmen der Gesellschaft und die Betriebe würden unter Umständen in ihrer Energieversorgung voneinander abhängig. Insbesondere da es sich um ein Gebiet in der Entwicklung handelt, könnte die Beteiligung an einer „Infrastrukturgesellschaft“ für die ersten sich ansiedelnden Unternehmen als Herausforderung und Risiko betrachtet werden, jedoch unter Umständen auch als Chance für ein zusätzliches Geschäftsfeld.

Anschluss- und Benutzungsgebot

Die Realisierung einer Energieversorgung mit Wärmenetzstruktur ist mit viel Aufwand und hohen Investitionskosten verbunden. Dies gilt umso mehr, wenn ein großer Anteil der Energie aus lokalen regenerativen Quellen stammt, die tendenziell hohe Investitionskosten aufweisen. Zusätzliche Unsicherheit entstünde dadurch, wenn den Unternehmen freigestellt ist, sich an das Wärme- und ggf. Kältenetz anzuschließen. Die Unternehmen könnten dann auch eine eigenständige Energieversorgung realisieren. Eine geringere Anschlussquote würde zu höheren spezifischen Kosten der sich

anschließenden Unternehmen und damit ggf. zu einer abnehmenden Attraktivität eines Anschlusses führen. Um dieses Risiko einer Abwärtsspirale auszuschließen, kann im Rahmen von Bebauungsplänen oder Rechtsverordnungen für Neubauten ein Anschluss- und Benutzungsgebot für das Quartier festgelegt werden, infolgedessen sich die Abnehmer für die Energieversorgung an ein Wärme- und Kältenetz anschließen müssen. Weiterhin können Regelungen in Grundstückskaufverträge aufgenommen werden. Auf der einen Seite würde eine solche Regelung das mit einer zentralen Lösung verbundene Risiko senken und den Leuchtturmcharakter der grünen Versorgung des Quartiers herausstellen. Auf der anderen Seite würden die Unternehmen bei der Mitsprache ihrer eigenen Energieversorgung begrenzt, was den Standort möglicherweise in seiner Attraktivität verringert. Insbesondere die Nutzung von anfallender industrieller Abwärme sollte mitgedacht und gefördert werden, da ein Verfall dieses Potenzials aufgrund eines Anschluss- und Benutzungsgebotes nicht im Interesse einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung sein kann.

Da eine zentrale Lösung ohne Anschluss- und Benutzungsgebot immer mit dem Risiko verbunden ist, dass sich Unternehmen, aus welchen Gründen auch immer, für eine dezentrale Lösung entscheiden, ist, sofern eine zentrale Lösung gewünscht wird, eine entsprechende Festsetzung für ein Anschluss- und Benutzungsgebot zu empfehlen. Alternativ kann eine Fernwärmesatzung in die Kaufverträge aufgenommen werden. Ansonsten wäre die Kalkulationsgrundlage für eine investitionsintensive Versorgungslösung in ihrer Belastbarkeit vermutlich nicht ausreichend. Ein Mittelweg könnte in Vorgaben an die Wärmeversorgung bestehen, beispielsweise in Hinblick auf den Anteil erneuerbarer Energien ohne Abwärme, die durch dezentrale Lösungen nur schwer zu erreichen sind. Berücksichtigt werden sollte hierbei auch das Klimaschutzziel der Stadt Konstanz „Klimaneutral bis 2035“ und somit die Anforderung einer klimaneutralen Energieversorgung an das Neubaugebiet, um keine zusätzlichen Emissionen zu erzeugen.

5. Maßnahmenkatalog

Aus den im Bericht beschriebenen Betrachtungen im Quartierskonzept wurde ein Maßnahmenkatalog für Klimaschutz- und Stadtentwicklungsmaßnahmen im betrachteten Quartier abgeleitet.

Die im Katalog aufgeführten Maßnahmen wurden durch eine Vielzahl von Analysen und Gesprächen mit lokalen Akteuren erarbeitet. Abbildung 69 zeigt in einer beispielhaften Übersicht, welche Quellen und Aktivitäten zu der Entwicklung der jeweiligen Maßnahmen geführt haben. Da zwischen den verschiedenen Quellen auch jeweils Austausch und Ergänzungen gegeben hat, ist die Übersicht als beispielhafter Auszug zu verstehen.

Quelle für Maßnahmen	Aktivitäten	Beispiel für entwickelte Maßnahmen
Ausgangs- und Potenzialanalyse	<ul style="list-style-type: none"> Ermittlung Potenziale erneuerbarer Energien (Solar, Biomasse, Wärmepumpen, etc.) – Kapitel 3.1 Ermittlung Potenziale für Abwärme, KWK und Kälte – Kapitel 3.2 – 3.4 Ermittlung Effizienzpotenziale für Haushalte – Kapitel 3.5 	<ul style="list-style-type: none"> Dachflächennutzung durch PV-Anlagen Austausch alter Kessel Thermische Nutzung Seerhein Energieverbund und Abwärmenutzung Energetische Sanierung und Stromeffizienz Haushalte
Vorschläge von lokalen Akteuren	<ul style="list-style-type: none"> Zukunftswerkstatt und digitales Beteiligungstool - Kapitel 7 Vor-Ort-Begehungen der Unternehmen – Kapitel 3.6 Gespräche mit Arbeitnehmer:innen und Anwohner:innen vor Ort 	<ul style="list-style-type: none"> Effizienzpotenziale Gewerbe- und Industrie Maßnahmen für Unternehmen (siehe Kapitel 3.6) Konkrete Vorschläge für Radwege (siehe Kapitel 3.5 und 4.1) Maßnahmen zur Stadtentwicklung
Vorschläge aus Detailkonzepten	<ul style="list-style-type: none"> Vor-Ort-Begehungen des Quartiers und Ideen aus anderen Quartieren zur Stadtentwicklung (Qualitäts- und Entwicklungskonzept - Kapitel 4.1) Gespräche mit Stadtwerken und Entsorgungsbetrieben Konstanz (Energiekonzept Grubwiesen – Kapitel 4.2) 	<ul style="list-style-type: none"> Maßnahmen für Neubau Verkehrslandeplatz
Vorschläge aus Lenkungsreis	<ul style="list-style-type: none"> Regelmäßige Gespräche mit der Stadtverwaltung Konstanz, den Stadtwerke Konstanz, Tilia GmbH, Averdung Ingenieure und Berater und HIC Hamburg Institut Consulting 	<ul style="list-style-type: none"> Einstellung Sanierungsmanager
Analyse politischer Entwicklungen	<ul style="list-style-type: none"> Auswertung von Medienberichten und Dokumenten der Stadtverwaltung Konstanz Auswertung von Berichte über die Gesamtstadt 	<ul style="list-style-type: none"> Austausch fossiler Energieversorgung Flächendeckendes Wärmenetz Umstieg auf umweltfreundliche Mobilität, alternative Kraftstoffe

Maßnahmenkatalog

Abbildung 69: Übersicht über Quellen für entwickelte Maßnahmen

Im folgenden Abschnitt werden die Maßnahmen in einzelnen Maßnahmenblättern aufgeführt. In den Maßnahmenblättern werden die Maßnahmen beschrieben und deren Effekte sowie Akteure und Hindernisse benannt. Die verschiedenen Kategorien des Maßnahmenblatts und deren Beschreibung ist in Tabelle 19 zu finden.

Tabelle 19: Beschreibung Maßnahmenblatt

Titel der Maßnahme	Kurztitel		
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	<i>Vorschläge für Startzeitpunkt der Umsetzung: 1- Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren 2- Start der Umsetzung mittelfristig innerhalb von 10 Jahren 3- Start der Umsetzung langfristig innerhalb von 15 Jahren</i>		
Beschreibung der Maßnahme	<i>Kurzbeschreibung der Maßnahme, inkl. Ziel, Verweis und Berechnungsmethoden und Schritten zur Umsetzung</i>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	<i>Gewonnene Fläche</i>	Energieeinsparungen	<i>Jährliche Einsparungen an Nutzenergie und Primärenergie</i>
Kosten	<i>Abgeschätzte Investitionskosten</i>	Finanzierungsmöglichkeiten	<i>Mögliche Förderprogramme und Finanzierungsquellen</i>
CO₂-Vermeidungskosten	<i>(Investitionskosten + höhere Kosten Betriebsführung) / reduzierte Tonnen CO₂ in €/t</i>	Reduzierung Treibhausgasausstoß	<i>Durch die Maßnahme reduzierter Treibhausgasausstoß</i>
Zeithorizont für Umsetzung	<i>Empfehlung Zeithorizont mit Zwischenschritten</i>	Verantwortliche Akteure	<i>Mögliche Akteure zur Umsetzung der Maßnahme</i>
Regulatorische Rahmenbedingungen	<i>Notwendige / unterstützende Änderung von Gesetzen oder Rahmenbedingungen auf EU, Bundes- oder Landesebene</i>	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	<i>Auswirkung auf andere Maßnahmen des Maßnahmenkatalogs</i>
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	<i>Konkrete Schritte für Stadt und Stadtwerke zur Umsetzung / zum Anstoßen der Maßnahme</i>	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	<i>Risiken und Hemmnisse, wenn möglich mit Gegenmaßnahmen</i>

Die in dem folgendem Maßnahmenkatalog aufgeführten Maßnahmen wurden, analog zum Bericht, in verschiedene Abschnitte unterteilt. Dabei handelt es sich zum Teil um allgemeine, übergeordnete Maßnahmen (Überschrift grün hinterlegt) als auch um konkrete Maßnahmenvorschläge (Überschriften grau hinterlegt):

5.1 Maßnahmen zur Nutzung von erneuerbaren Energien

Maßnahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien im Strombereich:

- Allgemein: Dachflächennutzung durch Photovoltaikanlagen
 - Beispiel: Nutzung von Photovoltaikanlagen auf den 10 größten Dachflächen im Quartier
- Solarcarports zur Mehrfachnutzung von Parkplatzflächen

Maßnahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien im Wärmebereich:

Allgemein: Austausch fossiler Wärmeerzeugung

- Beispiel für Umrüstung dezentraler Wärmeerzeugungsanlagen:
 - Austausch alter Heizkessel gegen Wärmepumpen mit Umweltwärme
- Beispiele für den Bau von zentralen Wärmeerzeugungsanlagen:

Allgemein: Flächendeckender Ausbau erneuerbar betriebenes Nahwärmenetz im Quartier

Beispiele:

- Thermische Nutzung des Seerheins
- Energieverbund und Abwärmenutzung entlang der Achse Max-Stromeyer-Straße und Byk-Gulden-Straße

5.2 Maßnahmen zur Realisierung von Effizienz- und Einsparpotenzialen

Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs bei privaten Haushalten:

- Energetische Sanierungen von Wohngebäuden
- Senkung Stromverbrauch bei Haushalten

Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs bei Industrie und Gewerbe:

- Heben von Einsparpotenzialen bei Industrie und Gewerbe

5.3 Maßnahmen für umweltfreundliche Mobilität

Maßnahmen zur Senkung des motorisierten Individualverkehrs:

Allgemein: Umstieg auf Verkehrsmittel des Umweltverbundes

- Maßnahmen zur Optimierung der Infrastruktur:
 - Ausbau öffentlicher Nahverkehr
 - Ausbau Radwegenetz

Maßnahmen zur Reduzierung fossiler Brennstoffe:

- Maßnahme zur Optimierung der Infrastruktur: Ausbau Ladeinfrastruktur E-Mobilität
- Beispiel für Umrüstung auf elektrische Antriebe: Flottenumrüstung kommunaler Fuhrpark und Einbindung Elektromobilität in bestehendes Gewerbe
- Beispiel für Alternativen zu elektrischen Antrieben: Nutzung von erneuerbaren Kraftstoffen

Maßnahmen zur Reduzierung des Verkehrs bei Industrie und Gewerbe:

- Fördern von Fahrgemeinschaften für Unternehmen
- Ausbau von Urban Hubs in der Logistik
- Ausbau multimodaler Mobilität / Mobility as a Service

5.4 Maßnahmen zur Stadtentwicklung

- Ausbau der Grüngestaltung, „grünes“ Industriegebiet
- Flächenentsiegelung und Regenwasserversickerung
- Flächenmanagement, Schaffung von „Mehrräumen“

5.5 Maßnahmen für Entwicklung Verkehrslandeplatz

- Photovoltaik auf Dachflächen und an Fassaden
- Abwasserwärmenutzung Klärwerk

5.6 Organisatorische Maßnahmen

- Etablierung eines Sanierungsmanagements

5.1 Maßnahmen zur Nutzung von erneuerbaren Energien

Maßnahmen zum Ausbau von erneuerbaren Energien im Strombereich

Titel der Maßnahme	Dachflächennutzung durch Photovoltaikanlagen		
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	1- Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Bei der Reduzierung von Treibhausgasemissionen bei der Stromerzeugung spielen Photovoltaikanlagen im innerstädtischen Bereich eine zentrale Rolle. Unter der Annahme, dass jede für Solarenergie geeignete Dachfläche belegt werden kann, können bis zu 20 % des Stromverbrauchs im Quartier gedeckt werden. Aktuell liegt der Anteil der Stromerzeugung von Photovoltaikanlagen am Gesamtstromverbrauch im Quartier bei 4 %.</p> <p>Um den Anteil an Photovoltaikanlagen im Quartier zu erhöhen, wird eine Beratungsoffensive empfohlen, bei der gezielt auf Gebäudebesitzer zugegangen wird und die Vorteile von Photovoltaikanlagen erläutert werden.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Dachflächen werden effizient genutzt	Energieeinsparungen	–
Kosten	Ca. 1.400 €/kWp (Scon-Marketing GmbH, 2021); 9.371 kWp ungenutztes Potenzial; Investitionen von ca. 13 Mio. €	Finanzierungsmöglichkeiten	Vergütung für Einspeisung, Finanzierung durch vermiedene Stromkosten
CO₂-Vermeidungskosten	Ca. 4.100 €/t CO ₂ Äq	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Ca. 3.200 t CO ₂ pro Jahr
Zeithorizont für Umsetzung	Start Beratungen und Installationen mit sofortiger Wirkung, kontinuierliche Fortführung für ca. 10 Jahre (für komplette Nutzung des Potenzials in 10 Jahren, Zubau von 25.000 kWp pro Jahr erforderlich)	Verantwortliche Akteure	<p><i>Beratung:</i> Stadtwerke Konstanz, in Kooperation mit der Stadt Konstanz und der Energieagentur LK Konstanz</p> <p><i>Umsetzung:</i> Unternehmen, Gebäudeeigentümer</p>
Regulatorische Rahmenbedingungen	Vereinfachung der Regularien und Umlagen für Eigenstromnutzung, Vorgabe für Bestandsgebäude	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Photovoltaikanlagen auf Dachflächen stehen in Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungen, wie z. B. reine Gründächer, Dachgärten
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Beratungsangebote und Informationskampagne zum Thema Photovoltaik	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Akteure haben mehrmals die Blendwirkung des Verkehrslandeplatzes als Grund gegen Solaranlagen genannt. Hier sollte Klarheit geschaffen werden, welche Regelungen auf Grund dessen gelten.

Beispiel für Dachflächennutzung durch Photovoltaikanlagen:

Titel der Maßnahme		Nutzung von Photovoltaikanlagen auf 10 größten Dachflächen im Quartier	
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	1- Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Die zehn größten, geeigneten Dachflächen im Quartier bieten eine effiziente Möglichkeit, Strom aus Photovoltaikanlagen auf Dachflächen zu produzieren. Anhand von öffentlich zugänglichen Kartenmaterial wurden die 10 größten Dachflächen im Quartier bestimmt. Eine Auflistung der identifizierten Dachflächen sowie die Annahmen für die Bestimmung des Potenzials wurden im Kapitel 3.1 aufgeführt.</p> <p>In einem nächsten Schritt wird empfohlen, auf die Gebäudebesitzer der entsprechenden Dachflächen gezielt zuzugehen und auf das Potenzial hinzuweisen. Im Anschluss muss eine Einzelfallprüfung für die Belegung mit Photovoltaikanlagen erfolgen, bevor das entsprechende Anlagensystem geplant und installiert werden kann.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Dachflächen werden effizient genutzt	Energieeinsparungen	-
Kosten	Ca. 1.400 €/kWp (Scon-Marketing GmbH, 2021); 2.347 kWp ungenutztes Potenzial; Investitionen von ca. 3 Mio. €	Finanzierungsmöglichkeiten	Vergütung für Einspeisung, Finanzierung durch vermiedene Stromkosten
CO₂-Vermeidungskosten	Ca. 4.200 €/t CO _{2Äq}	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Ca. 800 t CO _{2Äq} pro Jahr
Zeithorizont für Umsetzung	Start von Beratung und Installation mit sofortiger Wirkung, komplette Umsetzung innerhalb von max. 5 Jahren empfohlen	Verantwortliche Akteure	<i>Beratung:</i> Stadtwerke Konstanz, in Kooperation mit der Stadt Konstanz und der Energieagentur LK Konstanz <i>Umsetzung:</i> Unternehmen, Gebäudeeigentümer
Regulatorische Rahmenbedingungen	Vereinfachung der Regularien und Umlagen für Eigenstromnutzung, Vorgaben für Bestandsgebäude	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Photovoltaikanlagen auf Dachflächen stehen in Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungen, wie z. B. Gründächern
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Gezielte Ansprache der entsprechenden Gebäudeeigentümer	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Akteure haben mehrmals die Blendwirkung des Verkehrslandeplatzes als Grund gegen Solaranlagen genannt. Hier sollte Klarheit geschaffen werden, welche Regelungen auf Grund dessen gelten.

Titel der Maßnahme	Solarcarports zur Mehrfachnutzung von Parkplatzflächen		
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	1- Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden die PV-Potenziale für heutige Parkplatzflächen bewertet. Auf Grund hoher Strombedarfe in Gewerbe und Industrie sowie steigender Strombedarfe im Verkehrssektor (durch den Ausbau der Elektromobilität) und im Wärmesektor (durch elektrische Wärmeerzeugungsoptionen) ist ein möglichst hoher Anteil erneuerbarer Stromerzeugung im Quartier anzustreben.</p> <p>Das PV-Potenzial liegt für Solarcarports bei ca. 4.500 kWp installierbarer Leistung auf ca. 25.600 m² ermittelter Nutzfläche und ca. 4.200 MWh Strom p.a. (s. auch Kapitel 3.1). Die Investitionskosten liegen bei ca. 10.000.000 € (Carporkonstruktion und Photovoltaikanlagen).</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Solarcarports bieten die Möglichkeit, die knappe Ressource Fläche multicodiert und somit mehrfach zu nutzen.	Einsparungen	Ca. 4.200 MWh Strombezug aus dem Netz
Kosten	Ca. 10.000.000 €	Finanzierungsmöglichkeiten	EEG-Vergütung in Abhängigkeit der Anlagengröße und Vermeidung von Stromkosten für Netzbezug
CO₂-Vermeidungskosten	6.670 €/t CO _{2Äq}	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Ca. 1.500 t CO ₂
Zeithorizont für Umsetzung	Erste Installationen können ab sofort erfolgen, komplette Umsetzung nach und nach, Umsetzung max. innerhalb von 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	<i>Rahmen:</i> B-Plan-Festsetzungen und Auflagen bei Vergabe durch die Stadt, <i>Beratung:</i> Stadtwerke und Stadt, <i>Umsetzung:</i> Einzelne Gebäudeeigentümer
Regulatorische Rahmenbedingungen	Bereits Pflicht in Baden-Württemberg für neue Parkplätze mit über 35 Plätzen (KEA BW, 2022), Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch Förderungen möglich	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	PV-Anlagen stehen in Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungen auf Parkplätzen, wie z. B. reine Gründächer .
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Die Stadt hat bereits ebenerdige, offene Stellplätze für Neubauten in einigen Gebieten im Quartier ausgeschlossen. Dies könnte für weitere Bereiche und den Bestand erweitert werden.	Hemmnisse/Umsetzungsrisiken	Photovoltaikanlagen sind oft nur im Eigenverbrauch wirtschaftlich. Deshalb sollte die PV-Anlage vorrangig für das Laden unternehmenseigener Elektrofahrzeuge genutzt werden.

Maßnahmen zum Ausbau von erneuerbaren Energien im Wärmebereich

Titel der Maßnahme	Austausch fossiler Wärmeerzeugung		
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	1 – Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Trotz Preissteigerungen stellt Erdgas nach wie vor den beliebtesten Brennstoff in der Wärmeerzeugung im Quartier dar (siehe Kapitel 2.1). Auch in der Stromerzeugung stammen in Baden-Württemberg noch knapp 30 % aus fossilen Energieträgern (Erdgas Südwest, 2021).</p> <p>In Baden-Württemberg müssen bei einer neuen Wärmeerzeugungsanlage mindestens 15 % erneuerbare Energien genutzt werden, alternativ ein Wärmenetz oder ein Sanierungsfahrplan (Estatika GmbH, 2021). Um das angestrebte Klima-Plus Szenario der Klimaschutzstrategie zu erreichen, dürfen jedoch keine weiteren fossilen Energieerzeuger hinzukommen und die bestehenden Erzeugungsanlagen müssen sukzessive durch erneuerbare bzw. emissionsarme Erzeugungsanlagen ausgetauscht werden.</p> <p>Um dies zu fördern, gibt es mehrere Optionen auf verschiedenen Ebenen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein Verbot zum Einbau fossiler Energieerzeugungsanlagen müsste auf Bundes- oder Landesebene beschlossen werden. Weiterhin könnte auf Bundesebene die Attraktivität für den Einsatz von erneuerbaren Energien in Kooperation mit gewerblichen Wärmelieferanten bei Bestandsmietshäusern gestärkt werden, in dem eine Umlage auf die Mieter über die aktuellen Betriebskosten hinaus möglich wäre (Deckelung der umlegbaren Kosten laut § 556c). • Die Stadt Konstanz kann mit Beratungen und Informationskampagnen ein Bewusstsein für die ökologischen Auswirkungen schaffen. • Die Stadtwerke Konstanz können ebenfalls mit Beratungen und mit attraktiven Angeboten von Erzeugungsanlagen auf Basis erneuerbaren Energien die Entscheidung in Richtung erneuerbare Energien fördern. 		
Beitrag zur Flächeneffizienz	-	Energieeinsparungen	Keine
Kosten	Abhängig von Einzelfall und Baukostenschwankungen	Finanzierungsmöglichkeiten	Bundesförderung für effiziente Gebäude – BEG (BAFA, 2021)
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Potenziell alle Treibhausgase des Wärmebereichs
Zeithorizont für Umsetzung	Start Beratung und Installationen mit sofortiger Wirkung, Umsetzung bis max. 2035	Verantwortliche Akteure	<i>Beratung:</i> Stadt und Stadtwerke Konstanz, Energieagentur LK Konstanz, Schornsteinfeger, <i>Umsetzung:</i> Gebäudeeigentümer
Regulatorische Rahmenbedingungen	Überarbeitung der Deckelung der umlegbaren Kosten laut §556c BGB, Verbot Einbau von fossilen Erzeugungsanlagen, Förderungen	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Ergänzung der Maßnahmen zu den Wärmenetzen, übergeordnete Maßnahme zu Austausch alter Heizkessel zu Wärmepumpen mit Umweltwärme
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Beratungsangebote und Informationskampagnen	Hemmnisse/Umsetzungsrisiken	Gebäudebesitzer müssen durch entsprechende Informationen und Wirtschaftlichkeit überzeugt werden.

Beispiel für Umrüstung von dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen

Titel der Maßnahme			
Austausch alter Heizkessel gegen Wärmepumpen mit Umweltwärme			
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	1- Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	Mit fossilen Brennstoffen betriebene Heizungsanlagen, wie Erdgas- oder Ölkessel, sollten durch effiziente und nachhaltige Wärmepumpen ersetzt werden, wenn keine Alternativen (CO ₂ -arme Fernwärme o.ä.) zur Verfügung stehen. Als Umweltwärmequelle stehen z. B. Geothermie, Außenluft oder auch Abwasser zur Verfügung. Voraussetzung für den Einsatz von Wärmepumpen sind niedrigere Wärmebedarfe und Vorlauftemperaturen. Im Bestand erfordert dies i. d. R. eine Sanierung sowohl der Gebäudehülle als auch der Heizungsverteilung. Der Austausch von Gaskesseln gegen Wärmepumpen ist damit in Einklang mit den Maßnahmen der Gebäudesanierung zu sehen und soll durch begleitende Beratung sowie Begleitung der Planung und Umsetzung unterstützt werden. Für die Maßnahme wird angenommen, dass etwa ein Viertel der Bestandskessel durch Luft-Wärmepumpen mit einer JAZ von 3 ersetzt werden.		
Beitrag zur Flächeneffizienz		Einsparungen	Statt bisher ca. 25 GWh Erdgas werden ca. 7,5 GWh Strom benötigt.
Kosten	Je Luft-WP mit ca. 100 kW: ca. 65.000 € Ersatz von ca. 6,5 MW Erdgaskessel durch WP: ca. 4,2 Mio. € (abzgl. ca. 650.000 € für Ersatzinvestition Kessel) Kosten für notwendige Sanierungen sind nicht berücksichtigt	Finanzierungsmöglichkeiten	“Bundesförderung für effiziente Gebäude” – BEG (BAFA, 2021)
CO₂-Vermeidungskosten	Ca. 1.500 €/t CO ₂ Äq	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Ca. 2.300 t CO ₂ Äq (mit bundesweitem Strommix von 2020, 366 g/kWh)
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start für Beratungen und Installationen, Umsetzung bis max. 2035	Verantwortliche Akteure	<i>Beratung:</i> Stadt und Stadtwerke, <i>Umsetzung:</i> Einzelne Gebäudeeigentümer
Regulatorische Rahmenbedingungen	Steuerliche Vorteile für Wärmepumpenstrom, Überarbeitung Umlagefähigkeit (§556c BGB)	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Energetische Sanierungen mindern den Wärmebedarf und damit das Potenzial des Einsatzes von Wärmepumpen.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Beratungsangebote und Informationskampagnen	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Wärmepumpen sind effizienter bei geringen Temperaturbedarf. Hier ist in vielen Fällen eine Umrüstung des Heizungssystems zur Nutzung notwendig. Zum Betrieb der Wärmepumpe sollte Strom aus PV-Anlagen verwendet werden, um durch den Stromverbrauch keine zusätzlichen Emissionen zu verursachen.

Beispiele für den Bau von zentralen Wärmeerzeugungsanlagen

Titel der Maßnahme	Flächendeckender Ausbau erneuerbar betriebenes Nahwärmenetz im Quartier		
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	1- Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Da eine dezentrale Wärmeerzeugung mit erneuerbaren Energien in vielen Fällen mit hohen Investitionskosten verbunden und technisch aufwendig ist (CO2Online, 2021) wird die Verlegung eines flächendeckendes Wärmenetzes im Quartier empfohlen. Das Netz sollte aus emissionsarmen Energien, wie z. B. industrielle Abwärme, Heizkessel auf Biomasse und Seethermie, gespeist werden (König, 2017). So kann es eine energetisch, ökologisch und wirtschaftlich effiziente Alternative zu einer dezentralen Wärmeversorgung bieten und somit bedeutend zur Klimaneutralität beitragen.</p> <p>Ein erster Schritt könnte der Aufbau eines Nahwärmenetzes an der Max-Stromeyer-Straße/Byk-Gulden-Straße sein (siehe vorherige Maßnahme), das sukzessive durch weitere Gebiete Erzeugungsanlagen erweitert werden könnte.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	-	Energieeinsparungen	Abhängig von Abnehmerzahl
Kosten	Abhängig von Einzelfall und Baukostenschwankungen	Finanzierungsmöglichkeiten	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze – BEW (AGFW, 2021)
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Abhängig von Abnehmerzahl
Zeithorizont für Umsetzung	Start Planung sofort, erste Umsetzung innerhalb von max. 5 Jahren, flächendeckend bis max. 2035	Verantwortliche Akteure	<i>Planung und Betrieb:</i> Stadtwerke, <i>Umrüstung und Anschluss:</i> Gebäudeeigentümer
Regulatorische Rahmenbedingungen	Förderungen, Überarbeitung Umlagefähigkeit (§556c BGB)	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Energetische Sanierungen mindern den Wärmebedarf und damit das Potenzial des Wärmenetzes.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	B-Plan-Anpassungen bzgl. zentraler Versorgung, Ansprache von Abnehmern und Initiierung eines Wärmenetzes	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Die Abnehmer müssen entweder durch entsprechende Gesetze oder ökologische und wirtschaftliche Gründe zu einem Anschluss an das Netz bewegt werden.

Titel der Maßnahme	Thermische Nutzung des Seerheins		
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	2 – Start der Umsetzung mittelfristig innerhalb von 10 Jahren, Planungs- und Genehmigungsprozesse sollten sofort gestartet werden		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Das in der Potenzialanalyse ermittelte Wärmepotenzial des Seerheins übersteigt den Wärmebedarf des Industriegebiets bilanziell deutlich. Da eine zentrale Versorgung durch eine Großwärmepumpe und dem Seerhein als Wärmequelle ein Wärmenetz und - zur Vermeidung von Erschließungskosten - eine direkte Nähe zum Seerhein erforderlich macht, wird ein Vorzugsgebiet in der Nähe der Schänzlebrücke gewählt. In dem betrachteten Gebiet besteht ein Wärmebedarf von ca. 6,6 GWh/a, welcher über die Wasser-Wasser-Wärmepumpe und ein zentrales Wärmenetz gedeckt werden kann. Bei einer Anschlussquote von 80 % könnten ca. 5,8 GWh p.a. Erdgas ersetzt werden.</p> <p>Für Wärmepumpe und Wärmetauscher werden bei ca. 1,6 MW Leistung ca. 1.250 €/kW angesetzt. Für ein Wärmenetz im Bestand von ca. 2 km Längen werden 1.200 €/m angesetzt.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Durch eine gemeinsame Energiezentrale kann i. d. R. Platzbedarf gegenüber einer Vielzahl kleiner Energiezentralen / Technikräume eingespart werden.	Einsparungen	Es können ca. 5,8 GWh p.a. Erdgas eingespart werden. Großwärmepumpennutzung ca. 1,7 GWh p.a. Strombedarf.
Kosten	Investition GWP und Netz: 4.400.000 €	Finanzierungsmöglichkeiten	Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)
CO₂-Vermeidungskosten	7.600 €/tCO _{2Äq}	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Erdgas: ca. 1.200 tCO _{2Äq} /a Wärmepumpenstrom: ca. 620 tCO ₂ /a Einsparung: ca. 580 tCO _{2Äq} /a
Zeithorizont für Umsetzung	Start von Planungs- und Genehmigungsprozessen sofort, Umsetzung max. innerhalb der nächsten 10 Jahre	Verantwortliche Akteure	<i>Planung und Bau:</i> Wärmenetzbetreiber, <i>Umrüstungen und Anschluss:</i> einzelne Gebäudeeigentümer
Regulatorische Rahmenbedingungen	Förderungen, Steuervorteile für genutzten Strom, Überarbeitung Umlagefähigkeit (§556c BGB)	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Energetische Sanierungen mindern den Wärmebedarf und damit das Potenzial für thermische Seewassernutzung.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	B-Plan-Anpassungen bzgl. zentraler Versorgung, Ansprache von Abnehmern und Initiierung eines Wärmenetzes	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	In vielen Fällen ist eine Umrüstung des Heizungssystems zur Nutzung notwendig (siehe vorherige Maßnahmen). Zum Betrieb der Wärmepumpe sollte Strom aus erneuerbaren Energien verwendet werden, um keine zusätzlichen Emissionen zu verursachen.

Titel der Maßnahme	Energieverbund und Abwärmenutzung entlang der Achse Max-Stromeyer-Straße und Byk-Gulden-Straße		
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	1- Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Entlang beider Straßen grenzen Gebäude mit hohem Energieverbrauch an. Aufgrund der hohen Wärmedichte ist ein wirtschaftlicher Betrieb eines Energieverbundes durch ein Wärmenetz wahrscheinlich. Zur Abschätzung der Implikationen wurden folgende Annahmen getroffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anschlussquote an das Wärmenetz: 80% - 50% des Wärmebedarfs entfallen produktionsbedingt und lassen sich nicht reduzieren - 50% des Wärmebedarfs lassen sich bis 2035 durch energetische Sanierungen um 30% reduzieren - Erzeugungsmix der Wärmeversorgung: <ul style="list-style-type: none"> - 50% Luftwärmepumpe - 30% Abwärme - 10% Geothermie - 10% Biomethan 		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Durch eine gemeinsame Energiezentrale kann i. d. R. Platzbedarf gegenüber einer Vielzahl kleiner Energiezentralen / Technikräume eingespart werden.	Einsparungen	Primärenergie: 78.000 MWh Endenergie: 17.000 MWh Annahmen für 2035: PEF Strom = 0,1
Kosten	ca. 44 Mio. €	Finanzierungsmöglichkeiten	Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)
CO₂-Vermeidungskosten	87 €/t CO ₂ Äq	Reduzierung Treibhausgasausstoß	CO ₂ -Einsparung (absolut): 12.665 t CO ₂ Äq CO ₂ -Einsparung (relativ): 87%
Zeithorizont für Umsetzung	Start Planung sofort, Start Umsetzung innerhalb von max. 5 Jahren	Verantwortliche Akteure	<i>Beratung:</i> Stadt Konstanz, Wirtschaftsförderung (Kontaktaufnahme), Stadtwerke, Energieagentur LK Konstanz, <i>Umsetzung:</i> Stadtwerke Konstanz, betroffene Unternehmen und Eigentümer
Regulatorische Rahmenbedingungen	Förderungen, Überarbeitung Umlagefähigkeit (§556c BGB)	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Energetische Sanierungen mindern den Wärmebedarf und damit das Potenzial des Wärmenetzes.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	B-Plan-Anpassungen bzgl. zentraler Versorgung, Ansprache von Abnehmern und Initiierung eines Wärmenetzes	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Die Umsetzung ist abhängig von einer Vielzahl von Akteuren. Hier sollte frühzeitig das Gespräch gesucht werden und verbindliche Vereinbarungen getroffen werden.

5.2 Maßnahmen zur Realisierung von Effizienz- und Einsparpotenzialen

Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs bei privaten Haushalten

Titel der Maßnahme			
Energetische Sanierung von Wohngebäuden			
Priorität für den Start der Maßnahmen-umsetzung	1 – Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Durch die energetische Sanierung von Wohngebäuden kann, je nach Baualter und Sanierungszustand, bis über 50 % des Wärmeverbrauchs eingespart werden (Stadt Konstanz, 2018). Da die Wohngebäude im Quartier fast ausschließlich mit fossilen Brennstoffen beheizt werden (siehe Kapitel 2.1), korreliert die Reduzierung des Wärmeverbrauchs auch direkt mit einer Senkung der Treibhausgasemissionen.</p> <p>Um die Potenziale zu heben, sollten Gebäudebesitzer von Wohnhäusern gezielt angesprochen und über die Einsparpotenziale ihrer Gebäude informiert werden.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	-	Energieeinsparungen	3,6 GWh Wärme pro Jahr (Primärenergie 4 GWh pro Jahr)
Kosten	Abhängig von Einzelfall und Baukostenschwankungen	Finanzierungsmöglichkeiten	Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) (KfW, 2021), Investitionszuschuss L-Bank Baden-Württemberg (Land Baden-Württemberg, 2021)
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	935 t CO _{2äq} pro Jahr
Zeithorizont für Umsetzung	Start Beratung und erste Sanierungen sofort, Umsetzung innerhalb von max. 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	<i>Beratung:</i> Stadt, Energieagentur LK Konstanz, Schornsteinfeger <i>Umsetzung:</i> Gebäudeeigentümer von Wohnhäusern
Regulatorische Rahmenbedingungen	Finanzierung gezielter Informations- und Beratungskampagnen, Förderungen, Beteiligung Vermieter an Einsparungen	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Durch die Einsparungen von energetischen Sanierungen wird das Potenzial von erneuerbaren Energien im Wärmebereich beeinflusst.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Gezielte Informations- und Beratungskampagnen	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Wirtschaftlichkeit bei energetischen Sanierungen oft nur bei Maßnahmen gegeben, die im Zuge von anderen Baumaßnahmen durchgeführt werden. Gebäudeeigentümern bei Mietshäusern profitieren nicht von den Einsparungen.

Titel der Maßnahme		Senkung Stromverbrauch bei Haushalten	
Priorität für den Start der Maßnahmen-umsetzung	1 – Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Bei Haushalten können durch energieeffiziente Geräte und Verhaltensänderungen Strom und damit auch Treibhausgasemissionen eingespart werden. In Kapitel 3.5 wird aufgezeigt, durch welche Maßnahmen Stromeinsparungen bei Haushalten realisiert werden können und welches Einsparpotenzial existiert.</p> <p>Um dieses Potenzial zu nutzen, sollten gezielt Informationen zum Stromsparen bei Haushalten bereitgestellt werden. Hierfür eignen sich verschiedene Kanäle, wie zum Beispiel Presse, Social Media oder persönliche Beratungen.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	-	Energieeinsparungen	Ca. 603 MWh Strom pro Jahr (Primärenergie 1.1086 MWh/a)
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Finanzierung über vermiedene Stromkosten, Förderungen von verschiedenen Energieversorgern und Caritas (co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH, 2021)
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	320 t CO _{2äq} pro Jahr
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortige Umsetzung erster Maßnahmen empfohlen, komplette Umsetzung innerhalb von max. 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	<i>Beratung:</i> Stadt, Stadtwerke, <i>Umsetzung:</i> Einwohner:innen des Quartiers
Regulatorische Rahmenbedingungen	Finanzierung gezielter Informationskampagnen, Förderungen von energieeffizienten Geräten	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Durch die Einsparungen der Stromeffizienz bei Haushalten wird das Potenzial von erneuerbaren Energien im Strombereich beeinflusst.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Gezielte Informations- und Beratungskampagnen	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Energieeffiziente Geräte sind häufig teurer in der Anschaffung. Hier könnten gezielte Förderungen die Anreize erhöhen.

Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs bei Industrie und Gewerbe

Titel der Maßnahme	Hebung von Einsparpotenzialen von Industrie und Gewerbe		
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	1 – Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Im Rahmen des Quartierskonzeptes konnten die Einsparpotenziale nicht für jedes Unternehmen individuell ermittelt werden. Deshalb wurden im Kapitel 3.5 allgemeine branchenübergreifende Einsparpotenziale für verschiedene Technologien und Maßnahmen für Einsparpotenziale genannt. Weiterhin wurden bei Vor-Ort-Begehungen bei den entsprechenden Unternehmen Einsparmaßnahmen erarbeitet (siehe Kapitel 3.6) und den Unternehmen, auch mit Details über den Bericht hinaus, zur Verfügung gestellt.</p> <p>Um den Energieverbrauch im Quartier und damit auch die Treibhausgasemissionen zu senken, müssen die Einsparpotenziale von Industrie und Gewerbe gehoben werden. Hier besteht ein hohes Potenzial, das jedoch im Rahmen des Quartierskonzeptes nicht belastbar quantifiziert werden kann. Diese Vor-Ort-Begehungen sollten weiterhin, z. B. durch das Sanierungsmanagement, fortgeführt werden.</p> <p>Ein erster wichtiger Schritt zur Hebung der Potenziale ist, dass die Kompetenzstelle Energieeffizienz Hochrhein-Bodensee mit dem Energieeffizienzmoderator kostenfreie Beratungsmöglichkeiten für Unternehmen geschaffen hat. Diese sollten vermehrt genutzt und die Empfehlungen entsprechend umgesetzt werden.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	-	Energieeinsparungen	Abhängig vom Einzelfall
Kosten	Abhängig von Einzelfall und Baukosten-schwankungen	Finanzierungsmöglichkeiten	Finanzierung Beratungen: Energieberatung Mittelstand (BAFA, 2021), KEFF Effizienzmoderator
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Abhängig vom Einzelfall
Zeithorizont für Umsetzung	Start Beratung und Umsetzung erster Maßnahmen sofort, Umsetzung innerhalb von max. 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	Unternehmen in Kooperation mit Beratungsstellen der Energieagentur LK Konstanz, ggf. Unterstützung durch Wirtschaftsförderung
Regulatorische Rahmenbedingungen	Verpflichtende Aufstellung und Einhaltung von Energieeffizienzzielen, Förderungen	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Die Senkung des Energieverbrauchs senkt das Potenzial zum Einsatz erneuerbarer Energien zum Teil.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Gezielte Ansprache von Großverbrauchern	Hemmnisse/Umsetzungsrisiken	Die ökologisch signifikanten Einsparpotenziale sind teilweise nicht die mit der höchsten Wirtschaftlichkeit. Hier helfen Förderungen und ökologische Sensibilisierung.

5.3 Maßnahmen für umweltfreundliche Mobilität

Maßnahmen zur Senkung des motorisierten Individualverkehrs

Titel der Maßnahme		Umstieg auf Verkehrsmittel des Umweltverbunds	
Priorität für den Start der Maßnahmen-umsetzung	1 – Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Als Umweltverbund werden die klimafreundlichen Mobilitätsformen „zu Fuß, Fahrrad, öffentliche Verkehrsmittel, Carsharing und Mitfahrzentralen“ sowie die Kombination der genannten Mobilitätsformen bezeichnet (Bundesministerium für digitales und Verkehr, 2021). Für eine Senkung der Emissionen im Verkehrsbereich des Quartiers ist es zwingend notwendig, dass die Wege im Quartier auf die Mobilitätsformen des Umweltverbundes verlagert werden.</p> <p>Die Stadt und die Stadtwerke können hier Anreize durch den Ausbau entsprechender Infrastruktur schaffen (siehe folgende Maßnahmen), Verbote und finanzielle Anreize für den Umstieg sind in den meisten Fällen auf Bund- oder Länderebene notwendig.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Straßeninfrastruktur kann perspektivisch reduziert werden	Energieeinsparungen	Siehe folgende Maßnahmen
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Siehe folgende Maßnahmen
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Siehe folgende Maßnahmen
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start empfohlen, Umsetzung innerhalb von max. 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	<i>Anreize/Ausbau:</i> Stadt und Stadtwerke, <i>Umsetzung:</i> Im Quartier arbeitende Bevölkerung und Unternehmen
Regulatorische Rahmenbedingungen	Finanzielle Anreize für Umstieg, Verbot motorisierter Individualverkehr in bestimmten Bereichen	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Durch die Maßnahme wird das Potenzial für elektrische Antriebe und alternative Kraftstoffe beeinflusst.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Ausbau der Infrastruktur des Umweltverbundes, Schaffung von preislich und logistisch attraktiven Angeboten	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Häufig hindert Gewohnheit und Bequemlichkeit von Personen an der Änderung des Mobilitätsverhaltens. Hier helfen attraktive Angebote und ökologische Sensibilisierung.

Maßnahmen zur Optimierung der Infrastruktur

Titel der Maßnahme	Ausbau öffentlicher Nahverkehr		
Priorität	1- kurzfristige Umsetzung unter 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Durch den Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs werden Anreize gesetzt, sodass ein Teil der Bevölkerung weniger Wege mit dem motorisierten Individualverkehr zurücklegt, sondern Bahn oder Bus nutzt. Dies unterstützt sowohl die Reduzierung von Treibhausgasemissionen als auch den Flächenverbrauch von Straßeninfrastruktur für motorisierte Fahrzeuge.</p> <p>Es wird für das Quartier davon ausgegangen, dass durch einen Ausbau der ÖPNV-Infrastruktur ca. 19 % des motorisierten Individualverkehrs auf den öffentlichen Nahverkehr umsteigen würden (siehe Kapitel 3.5). Um den Ausbau des ÖPNV strategisch zu begleiten, sollten die Ergebnisse der ÖV-Studie der Stadtverwaltung Konstanz ausgewertet und spezifische Befragungen zum Bedarf durchgeführt werden. Um kurzfristig neue Infrastrukturen zu schaffen, wird die Einrichtung von neuen Buslinien empfohlen.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Straßeninfrastruktur kann perspektivisch reduziert werden	Energieeinsparungen	Ca. 3.400 MWh Endenergie pro Jahr (ca. 4.800 MWh/a Primärenergie)
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Finanzierung über erhöhtes Fahrgastaufkommen, städtische Finanzierung
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Ca. 1.000 t CO ₂ Äq pro Jahr
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start empfohlen, Umsetzung innerhalb von max. 5 Jahren	Verantwortliche Akteure	Stadt Konstanz, Stadtwerke Konstanz
Regulatorische Rahmenbedingungen	Verstärkte Subventionierung des Bahnbetriebs, Steuervorteile für ÖPNV	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Durch die Maßnahme wird das Potenzial für alternative Antriebe beeinflusst.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Schaffung von Infrastruktur und attraktiven Preisen im ÖPNV	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Häufig hindern Gewohnheit und Bequemlichkeit den Umstieg auf ÖPNV. Hier helfen attraktive Angebote und ökologische Sensibilisierung.

Titel der Maßnahme		Ausbau Radwegenetz	
Priorität für den Start der Maßnahme	1- Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Der Ausbau von Radinfrastruktur setzt Anreize für im Quartier arbeitenden Personen und Einwohner:innen, Wege vermehrt mit dem Fahrrad zurückzulegen. Ziel ist auch hier die Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs, um Treibhausgasemissionen zu senken.</p> <p>Ein guter Anhaltspunkt zur Planung neuer Radwege bietet die Unfallstatistik für des statistischen Landesamtes für Radfahrer (Statistisches Bundesamt, 2021). Hier können Gefahrenpunkte gezielt identifiziert werden.</p> <p>Annahmen zur Wirkung von den Anreizen der Radinfrastruktur können Kapitel 3.5 entnommen werden.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Straßeninfrastruktur kann perspektivisch reduziert werden	Energieeinsparungen	Ca. 2.200 MWh Endenergie pro Jahr (ca. 3.000 MWh/a Primärenergie)
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Zuschüsse durch Bundesgelder und das Land Baden-Württemberg möglich (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021) (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2022)
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Ca. 630 t CO ₂ Äq pro Jahr
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start empfohlen, Umsetzung bis max. 2035	Verantwortliche Akteure	Stadt Konstanz
Regulatorische Rahmenbedingungen	Vereinfachung der Gesetzgebung bei der Ausweisung von Fahrradwegen	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Durch die Maßnahme wird das Potenzial für elektrische Antriebe und alternative Kraftstoffe beeinflusst.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Schaffung von Infrastruktur, Priorisierung von Fahrradverkehr bei der Stadtplanung	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Zielkonflikt mit anderen Flächennutzungen, insbesondere Straßen für motorisierten Verkehr: Hier müssen entsprechende Abwägungen getroffen werden.

Maßnahmen zur Reduzierung fossiler Brennstoffe

Maßnahme zur Optimierung der Infrastruktur

Titel der Maßnahme		Ausbau Ladeinfrastruktur für elektrische Antriebe	
Priorität für den Start der Maßnahmen-umsetzung	1 – Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Elektromobilität ist bereits eine etablierte Technologie und eine bewährte Alternative zu fossilen Brennstoffen. Trotzdem beträgt der Anteil an Elektrofahrzeugen in Deutschland unter einem Prozent (Statista GmbH, 2021). Um die Treibhausgasemissionen im Industriegebiet im Verkehrsbereich zu reduzieren, muss unter anderem der Anteil elektrisch betriebener Fahrzeuge steigen.</p> <p>Anreize hierzu können in erster Linie über einen Ausbau der Ladeinfrastruktur gesetzt werden. Annahmen zur Entwicklung der Elektromobilität können Kapitel 3.5 entnommen werden.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	-	Energieeinsparungen	Einsparung von ca. 9.000 MWh fossiler Endenergie pro Jahr (ca. 12.200 MWh/a Primärenergie)
Kosten	Schnellladesäule ca. 60.000 €, AC-Ladesäule ca. 3.000 € plus Installationskosten (TEAG, 2021)	Finanzierungsmöglichkeiten	Zuschüsse durch Bundesgelder möglich (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021)
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall und Kostenentwicklung Elektroautos	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Ca. 1.700 t CO ₂ pro Jahr
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start empfohlen, Umsetzung innerhalb von max. 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	Stadt Konstanz, Stadtwerke Konstanz, Unternehmen
Regulatorische Rahmenbedingungen	Förderungen, Verpflichtungen für das Aufstellen von Ladeinfrastruktur	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Der Anteil elektrischer Antriebe beeinflusst das Potenzial alternativer Kraftstoffe.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Festsetzung von Orten für Ladesäulen in Bebauungsplänen, gezielte Ansprache von Akteuren, Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur der Stadtwerke	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Gegenseitige Abhängigkeit zwischen der Zunahme an Nutzern von Elektrofahrzeugen und der Investition in Ladeinfrastruktur: Im besten Fall erfolgt die Investition von Fahrzeugen und Infrastruktur zeitgleich.

Beispiel für Umrüstung auf elektrische Antriebe

Flottenumrüstung kommunaler Fuhrpark und Einbindung der Elektromobilität in bestehendes Gewerbe			
Titel der Maßnahme			
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	1 - Start der Maßnahmenumsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>1. Die Aufgaben kommunaler Fahrzeuge sind vielfältig und anspruchsvoll: Entsorgung von Hausmüll und Wertstoffen, Kanalreinigung, Straßenreinigung und Winterdienst. Für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen sollte der Anteil der Elektrofahrzeuge innerhalb der kommunalen Fuhrparks erhöht werden. Annahmen für Einsparungen: aktuell Fahrzeuge mit Dieselantrieb, 20 Fahrzeuge werden ersetzt</p> <p>2. Der Anteil der Elektrofahrzeuge innerhalb des Fuhrparks der ansässigen Unternehmen sollte signifikant erhöht werden Annahme für Einsparungen: aktuell Fahrzeuge Dieselantrieb, 200 Fahrzeuge werden durch elektrisch betriebene Fahrzeuge ersetzt</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	-	Energieeinsparungen	ca. 2.200 MWh fossile Endenergie pro Jahr (ca. 2.800 MWh Primärenergie pro Jahr)
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Zuschuss Land Baden-Württemberg relevanten Bundesministerien
CO₂-Vermeidungskosten		Reduzierung Treibhausgasausstoß	Ca. 640 t CO _{2Äq} pro Jahr
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start empfohlen, vollst. Umrüstung innerhalb von max. 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	Stadt Konstanz, kommunale Unternehmen, im Quartier ansässige Unternehmen
Regulatorische Rahmenbedingungen	Förderung von Elektromobilität über Zuschüsse	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Ladeinfrastruktur
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur, Informations- und Beratungsangebote	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Elektrofahrzeuge sind in vielen Fällen teurer in der Anschaffung und aufwändiger im Betrieb (ADAC, 2021). Hier wirken Zuschüsse des Bundes und eine attraktive Ladeinfrastruktur dagegen.

Beispiel für Alternativen zu elektrischen Antrieben

Titel der Maßnahme		Nutzung erneuerbarer Kraftstoffe	
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	2 – Start der Umsetzung der Maßnahme mittelfristig innerhalb von 10 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Der Teil der Nutzer:innen des motorisierten Individualverkehrs, der nicht auf ÖPNV, Fahrrad, zu Fuß oder elektrische Antriebe umsteigt, sollte aus Klimaschutzgründen emissionsfreie Kraftstoffe nutzen. Hierfür werden die Annahmen aus der Klimaschutzstrategie übernommen, in der davon ausgegangen wird, dass 25 % der Kraftstoffe aus Biokraftstoffen und 75 % aus strombasierten Kraftstoffen auf Ökostrombasis bestehen (Details siehe Kapitel 3.5).</p> <p>Emissionsfreie Kraftstoffe haben momentan noch einen recht geringen Marktanteil (Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe, 2021). Um diese Entwicklung zu fördern, sollten auf allen Ebenen Forschungsvorhaben und Infrastruktur für emissionsfreie Kraftstoffe gefördert werden.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	-	Energieeinsparungen	ca. 3.711 MWh fossile Endenergie pro Jahr (ca. 5.181 MWh Primärenergie pro Jahr)
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Zuschuss Land Baden-Württemberg, relevante Bundesministerien
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig von Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Ca. 2.000 t CO ₂ Äq pro Jahr
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start für Planung und Aufbau Infrastruktur, vollst. Umsetzung bis max. 2035	Verantwortliche Akteure	Nutzer:innen des motorisierten Individualverkehrs, politische Ebenen für Forschung und Infrastruktur
Regulatorische Rahmenbedingungen	Förderung von Forschung und Infrastruktur über Zuschüsse	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Beeinflusst Potenzial zu Umstieg auf Umweltverbund sowie Maßnahmen zu elektrischen Antrieben
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Gezielte Schaffung von Infrastruktur für alternative Antriebe	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Die Produktion von Biokraftstoffen steht in Flächenkonkurrenz zum Anbau von Nahrungsmitteln und Futterpflanzen (HWI, 2021). Aus diesem Grund sollten ausschließlich landwirtschaftliche Reststoffe zur Herstellung verwendet werden.

Maßnahmen zur Reduzierung des Verkehrs bei Industrie und Gewerbe

Titel der Maßnahme		Fördern von Fahrgemeinschaften für Unternehmen	
Priorität für den Start der Maßnahmen-umsetzung	3 – Start der Umsetzung langfristig innerhalb von 15 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Moderne Arbeitgeber:innen übernehmen soziale und ökologische Verantwortung für ihr betriebliches Handeln. Innovative Mobilität ist Kernbestandteil der Verpflichtung zur gesellschaftlichen Unternehmensverantwortung und nachhaltigem Wachstum. Mit Hilfe einer Pooling-Plattform können stadtteil- und unternehmensweite Mitfahrgelegenheiten für Unternehmen organisiert werden. Kolleg:innen fahren gemeinsam zum Kunden, zu Events oder teilen sich den Arbeitsweg. Mitarbeitende, Kolleg:innen oder Interessierte reduzieren so gemeinsam den CO₂-Ausstoß. Gleichzeitig rücken die Teams enger zusammen, lernen neue Kolleg:innen kennen und tauschen sich über Privates und Dienstliches aus. Auf langen Fahrten haben Fahrer und Mitfahrer die Möglichkeit den Platz zu tauschen und sich die Fahrtzeit zu teilen. Ebenfalls können kostenfreie "Mitfahrbänke" im Quartier eingeplant werden.</p> <p>Im Rahmen des Projektes „Smart Green City Konstanz“ wird momentan die Umsetzung einer Mitfahrgelegenheit mit Elektroautos geplant. Die sollte als Pilotprojekt genutzt werden, damit Mitfahrgelegenheiten im Industriegebiet großflächig genutzt werden können. Weitere Anbieter sind z. B. <i>Comovee</i> (www.comovee.com).</p> <p>Für die Berechnung der Einsparungen wurde angenommen, dass 100 Fahrgemeinschaften einen Arbeitsweg von 17 km pro Strecke an 220 Tagen im Jahr zurücklegen.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	-	Energieeinsparungen	<ul style="list-style-type: none"> • 260 MWh/a Nutzenergie • 312 MWh/a Primärenergie
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Zuschuss Land Baden-Württemberg, relevante Bundesministerien
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	64 t CO ₂ Äq pro Jahr
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start für Planung und Aufbau Infrastruktur, Umsetzung innerhalb von max. 15 Jahren	Verantwortliche Akteure	Unternehmen
Regulatorische Rahmenbedingungen	Modelle für Fahrgemeinschaften mit Dienstwagen bei Unternehmen fördern	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Ladeinfrastruktur
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Gezielte Ansprache von Akteuren, Bereitstellung von Infrastruktur (Software, Orte) für Fahrgemeinschaften	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Momentan können Mitfahrgelegenheiten nicht über das Dienstwagenprivileg steuerlich abgesetzt werden. Hier könnten weitere Anreize auf Bundesebene gesetzt werden.

Titel der Maßnahme	Ausbau der multimodalen Mobilität / Mobility as a Service		
Priorität für den Start der Maßnahmen-umsetzung	3 – Start der Maßnahmenumsetzung innerhalb von 15 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Der Ausbau der multimodalen, nachhaltiger Mobilität im Industriegebiet ist zentraler Bestandteil der Verkehrswende im Industriegebiet. Dazu zählt der Ausbau des stationären und free-floating Carsharings, Bike- und E-Roller-Sharings sowie der Ausbau der entsprechenden Infrastrukturen (Dienstleistung, Ladeinfrastruktur). Die verschiedenen Mobilitätsdienstleistungen (wie ÖPNV, Ridesharing, Carsharing, Bikesharing, Scootersharing, Taxi, Autovermietung usw.) sollen in einem einzigen, digitalen Angebot integriert und vermarktet werden (Mobility-as-a-Service (MaaS)).</p> <p>Der maßgeschneiderte Service schlägt jeweils die beste Mobilitätslösung basierend auf den Bedürfnissen der Kund:innen vor. MaaS ist jederzeit verfügbar und bietet in integrierter Form Planung, Buchung, Bezahlung und Echtzeit-Informationen an, um ein Leben ohne eigenes Auto zu ermöglichen.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Straßeninfrastruktur kann perspektivisch reduziert werden	Energieeinsparungen	Abhängig vom Einzelfall
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Zuschüsse durch Bundesgelder möglich (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021)
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Abhängig vom Einzelfall
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start für Planung und Aufbau Infrastruktur, Umsetzung bis max. 2035	Verantwortliche Akteure	Stadt Konstanz Dienstleister, Unternehmen mit Mobilitätsangeboten
Regulatorische Rahmenbedingungen	Vereinfachung von Abrechnungsprozessen zwischen Mobilitätsunternehmen	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Durch die Maßnahme wird das Potenzial für ÖPNV, Radinfrastruktur und elektrische Antriebe beeinflusst.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Bereitstellung von Infrastruktur (Software) für Mobility-as-a-Service, Integrierte Mobilitätsplanung	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Die Einbindung der verschiedenen Akteure ist sehr komplex. Hier bedarf es sorgfältiger Planung.

Titel der Maßnahme	Ausbau von Urban-Hubs und Nutzung non (e)-Lastenrädern und Elektro-Kleinstfahrzeugen in der Logistik		
Priorität für den Start der Maßnahmen-umsetzung	2 – Start der Umsetzung mittelfristig innerhalb von 10 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	Eine Möglichkeit nachhaltiger Entwicklung im Industriegebiet bieten Micro-Hubs, d. h. neue, zusätzliche mobile oder stationäre Knotenpunkte, die als Umschlagsbasis und Verteilerzentren dienen und kooperativ genutzt werden können. Sie unterteilen die letzte Meile, indem stadtverträgliche Transportmittel, wie beispielsweise Lastenräder oder Elektro-Kleinstfahrzeuge, und zukünftig auch automatisierte Fahrzeuge eingesetzt werden, die ausgehend vom Micro-Hub die Verteilung und Sammlung von Sendungen weitgehend übernehmen. Voraussetzung ist Verfügbarkeit und Bereitstellung der Flächen. Empfohlener max. Zustellradius pro Micro-Hub: 800-1.000 m.		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Straßeninfrastruktur kann reduziert werden, flexible Navigation, reduzierter Parksuchverkehr, Reduzierung des Mengenwachstum des E-Commerce	Energieeinsparungen	Abhängig von Einzelfall
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Zuschüsse durch Bundesgelder möglich (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021)
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Abhängig vom Einzelfall
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start der Planung empfohlen, Umsetzung innerhalb von max. 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	Stadtwerke Konstanz, Stadt Konstanz, Dienstleister (z. B. Südkurier CityLogistik)
Regulatorische Rahmenbedingungen	Förderungen	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Durch die Maßnahme wird das Potenzial für elektrische Antriebe und für den Radverkehr beeinflusst.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Bereitstellung von Orten für entsprechende Hubs, gezielte Ansprache von Akteuren	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Aufbau des Logistiknetzwerkes ist sehr komplex: Hier sollte auf erfahrene Partner zurückgegriffen werden.

5.4 Maßnahmen zur Stadtentwicklung

Titel der Maßnahme	Ausbau der Grüngestaltung, „Grünes“ Industriegebiet		
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	2- Start der Umsetzung mittelfristig innerhalb von 10 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	Das Industriegebiet wurde vom Institut für Klima- und Energiekonzepte (INKEK) in die höchste Kategorie als „Starke Überwärmung“ eingeordnet. Ziel ist es, das Mikroklima im Industriegebiet zu verbessern. Wertvolle Maßnahmen sind multifunktionale Verkehrsflächen, Straßenbegleitgrün, Entsiegelung, Retentionsflächen, bepflanzte Dächer und Fassaden sowie schattige, grüne Plätze, Naschgarten/Urban Gardening, z. B. auf dem Dach für die Mitarbeiter:innen und Bewohner.		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Entsiegelung und Nutzung vorhandener Flächenpotenziale	Energieeinsparungen	-
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	-
Zeithorizont für Umsetzung	Umsetzung innerhalb von max. 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	Unternehmen, Gebäudeeigentümer, Stadt Konstanz
Regulatorische Rahmenbedingungen	Förderungen	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Durch die Maßnahme werden über die Flächennutzung die weiteren Maßnahmen zur Stadtentwicklung beeinflusst.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Gezielte Vorgaben bei Bebauungsplänen, Aufnahme bei Stadtentwicklungsvorhaben	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Grünflächen stehen in Flächenkonkurrenz zu anderen Flächennutzungen. Hier müssen Abwägungen getroffen werden.

Titel der Maßnahme		Flächenentsiegelung und Regenwasserversickerung	
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	2 – mittelfristige Umsetzung innerhalb von 10 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	Um die öffentlichen Abwasserkanäle und -anlagen bei Regenfällen oder Hochwasser zu entlasten und bei Starkregen Über- und Rückstauer-scheinungen zu vermeiden, ist die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung durch Unternehmen zunehmend notwendig. Dazu gehören das Speichern des Niederschlagswassers, das Versickern oder die Nutzung, z. B. zur Gartenbewässerung oder für die WC-Spülung. Durch den Bau von Anlagen zum Rückhalt- bzw. zur Versickerung von Niederschlagswasser können Unternehmen mit stark versiegelten Betriebsflächen und unbegrüntem Dachflächen mit geringeren Abwassergebühren rechnen. Auf weniger befahrenen Bereichen können versickerungsfähige Beläge, wie zum Beispiel Rasengitter, aufgebracht werden.		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Entsiegelung und Nutzung vorhandener Flächenpotenziale	Energieeinsparungen	-
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Zuschüsse durch Bundesgelder möglich (Bundesumweltministerium, 2021)
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	-
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortige Berücksichtigung bei Planungen, Umsetzung innerhalb von max. 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	Stadt Konstanz und Unternehmen
Regulatorische Rahmenbedingungen	Anpassung Regionalplanung auf Länderebene, naturschutzrechtliche Gesetzgebung	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Durch die Maßnahme werden über die Flächennutzung die weiteren Maßnahmen zur Stadtentwicklung beeinflusst.
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Gezielte Ausweisung von Retentionsflächen in Bebauungsplänen, Vorgaben für Unternehmen	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Retentionsflächen stehen in Flächenkonkurrenz zu anderen Flächennutzungen. Hier müssen Abwägungen getroffen werden.

Titel der Maßnahme		Flächenmanagement, Schaffung von „Mehrräumen“	
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	2- Start der Umsetzung mittelfristig innerhalb von 10 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	Um Projekte mit dem Schwerpunkt Innenentwicklung im Quartier umzusetzen, kann das im Quartier geplante Sanierungsmanagement (siehe Maßnahme unter 5.6) die Stadtverwaltung beim Thema Flächenmanagement unterstützen. Durch kostenlose Beratung für Eigentümer können diese aktiviert werden, neue Möglichkeiten und Ideen für Bebauungs- und Nutzungsmöglichkeiten für vorhandene Baulücken oder untergenutzte Wohn- oder Gewerbeimmobilien zu entwickeln und umzusetzen. Darüber hinaus erfolgen Beratungen zu finanziellen Fördermöglichkeiten und entsprechenden Antragstellungen.		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Flächenverbrauch kann perspektivisch reduziert werden	Energieeinsparungen	Abhängig vom Einzelfall
Kosten	Abhängig von Einzelfall	Finanzierungsmöglichkeiten	Land Baden-Württemberg, Förderprogramm (Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, 2021) Bund-Länder-Programm Lebendige Zentren (LZP)
CO₂-Vermeidungskosten	Abhängig vom Einzelfall	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Abhängig vom Einzelfall
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortiger Start der Planungen, Umsetzung innerhalb von max. 10 Jahren	Verantwortliche Akteure	Stadt Konstanz
Regulatorische Rahmenbedingungen	-	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Durch die Maßnahme werden über die Flächennutzung die weiteren Maßnahmen zur Stadtentwicklung beeinflusst
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Priorisierung der Nutzungssteigerung von Gebäuden und Flächen bei der Stadtentwicklung, Anpassung Bebauungspläne	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Eine Verdichtung der Bebauung steht im Konflikt mit Freiflächen für Grünflächen und Regenwasserretention. Hier müssen sorgfältige Abwägungen getroffen werden

5.5 Maßnahmen für Entwicklung Verkehrslandeplatz

Titel der Maßnahme	Photovoltaik auf Dachflächen und an Fassaden im Neubau		
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	2 – Start der Umsetzung mittelfristig innerhalb von 10 Jahren (in Abhängigkeit der Entwicklung des Neubauareals)		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden die PV-Potenziale für den Neubau bewertet. Auf Grund hoher zu erwartender Strombedarfe in Gewerbe und Industrie ist ein hoher Anteil erneuerbarer Stromerzeugung im Quartier insbesondere im Neubau anzustreben, da hier zusätzliche Bedarfe entstehen und die Anforderungen (Statik, Dachdurchdringungen, etc.) der technischen Anlagen direkt in der Planung miteinbezogen werden können.</p> <p>Das PV-Potenzial des Neubauareals laut Potenzialanalyse liegt für Aufdach-Anlagen bei ca. 1.760 kWp installierbarer Leistung und ca. 1.635 MWh Strom p.a. Die Investitionskosten liegen bei ca. 1.000 €/kW.</p> <p>Das Fassaden-Potenzial im Neubauareal liegt bei ca. 905 kWp installierbare Leistung und ca. 590 MWh p.a. Die Investitionskosten liegen hier mit ca. 2.200 €/kWp noch deutlich höher.</p> <p>Ab 01.01.2022 gilt in Baden-Württemberg eine Solarpflicht auf Nicht-Wohngebäuden. Bisher werden dort allerdings keine konkreten Vorgaben zur Größe der Anlage oder zur Ausgestaltung der Dächer gemacht.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	PV-Anlagen stehen in Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungen. Durch die Kombination mit Gründächern können die Dächer jedoch multikodiert und mehrfach genutzt werden.	Einsparungen	Es können ca. 2.220 MWh Strombezug p.a. aus dem öffentlichen Netz eingespart werden.
Kosten	3.751.000 €	Finanzierungsmöglichkeiten	EEG-Vergütung in Abhängigkeit der Anlagengröße und Vermeidung von Stromkosten für Netzbezug
CO₂-Vermeidungskosten	4.600 €/t CO ₂ Äq	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Bei Berücksichtigung des bundesweiten Strommix (Statista GmbH, 2021) von 366 g/kWh in 2020 können 812,5 t CO ₂ Äq eingespart werden.
Zeithorizont für Umsetzung	Im Rahmen der Entwicklung des Neubauareals	Verantwortliche Akteure	Einzelne Gebäudeeigentümer, B-Plan-Festsetzungen oder vertragliche Vereinbarungen durch die Stadt
Regulatorische Rahmenbedingungen	Vereinfachung der Regularien und Umlagen für Eigenstromnutzung	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	PV-Anlagen stehen in Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungen (Gründächer, etc.).
Handlungsempfehlung Stadt/ Stadtwerke	B-Plan-Festsetzungen	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungen

Titel der Maßnahme		Abwasserwärmenutzung Klärwerk für Neubau Grubwiesen	
Priorität für den Start der Maßnahmenumsetzung	2 – Start der Umsetzung mittelfristig innerhalb von 10 Jahren (in Abhängigkeit der Entwicklung des Neubauareals)		
Beschreibung der Maßnahme	Dem Wasser im Ablauf der Kläranlage kann mittels Wärmetauscher Wärme entzogen und über eine Großwärmepumpe auf ein zur zentralen Wärmeversorgung nutzbares Temperaturniveau gebracht werden. Hierüber kann ein relevanter Anteil der Wärmeversorgung im Neubauareal Grubwiesen gedeckt werden. Das Potenzial wurde im Rahmen des Variantenvergleichs auf ca. 90 % des Wärmebedarfs im Neubauareal festgelegt und beträgt somit ca. 4,7 GWh p.a. Im weiteren Verlauf ist die Machbarkeit zur Abwärmenutzung und deren Auskopplung zu prüfen.		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Durch eine gemeinsame Energiezentrale der zentralen Versorgung kann i. d. R. Platzbedarf gegenüber einer Vielzahl kleiner Energiezentralen / Technikräume eingespart werden.	Einsparungen	Durch das Neubauareal entsteht gegenüber der IST-Situation zusätzlicher Endenergiebedarf i. H. v. ca. 5,2 GWh p.a. Durch eine Großwärmepumpenlösung und unter Annahme einer JAZ von 4 entsteht ein zusätzlicher Primärenergiebedarf i. H. v. 1,2 GWh Strom p.a.
Kosten	Investition GWP und Netz: ca. 5.000.000 € (abzgl. ca. 1,4 Mio. € für dezentrale Erdgaskessel als Alternative)	Finanzierungsmöglichkeiten	Bundesförderung effiziente Wärmenetz (Machbarkeitsstudie und Umsetzung)
CO₂-Vermeidungskosten	3.000 €/t CO ₂ Äq	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Unter Berücksichtigung von Ökostrom entsteht kein zusätzlicher Treibhausgasausstoß. Bei einer alternativen Versorgung über dezentrale Erdgaskessel würden 1.200 t CO ₂ Äq p.a. emittiert.
Zeithorizont für Umsetzung	Im Rahmen der Entwicklung des Neubauareals	Verantwortliche Akteure	Entsorgungsbetriebe Konstanz, Wärmeversorger Neubauareal
Regulatorische Rahmenbedingungen	Verbrennungsverbot fossiler Brennstoffe für Raumheizungen	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	In Abwägung zu den weiteren Varianten der Wärmeerzeugung
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	B-Plan-Festsetzungen und/oder Regelungen in Kaufverträgen	Hemmnisse/Umsetzungsrisiken	Es muss ein geeigneter Standort für die Erzeugungsanlage gefunden werden und eine enge Abstimmung mit der EBK erfolgen.

Alternativ zur Abwasserwärmenutzung kann auf die Variante V3 – Versorgung des Neubaus mit Geothermie zurückgegriffen werden. Die beschriebene Variante zur Abwasserwärmenutzung wird jedoch aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen empfohlen (siehe Kapitel 4.2).

5.6 Organisatorische Maßnahmen

Titel der Maßnahme		Etablierung eines Sanierungsmanagements	
Priorität für den Start der Maßnahmen-umsetzung	1- Start der Umsetzung kurzfristig innerhalb von 5 Jahren		
Beschreibung der Maßnahme	<p>Um die aufgeführten Maßnahmen umzusetzen, ist die Etablierung eines Sanierungsmanagements in der Verwaltung der Stadt Konstanz ein wichtiger Projektbaustein. Das Sanierungsmanagement wird ebenfalls von der KfW gefördert und kann aus einer Person oder einer Personengruppe einer Organisation entstehen.</p> <p>Das Sanierungsmanagement hat die Aufgabe, die Maßnahmen im Quartier anzustoßen, deren Umsetzung zu begleiten und deren Erfolg zu überprüfen. Es wird empfohlen, zeitnah nach Abschluss des Quartierskonzeptes ein entsprechendes Sanierungsmanagement bei der Stadtverwaltung einzustellen. Die für den Antrag notwendigen Informationen wurden im Rahmen des Projektes in einem internen Dokument für die Stadt Konstanz aufbereitet.</p>		
Beitrag zur Flächeneffizienz	Entsprechend der umgesetzten Maßnahmen	Energieeinsparungen	Entsprechend der umgesetzten Maßnahmen
Kosten	Personalkosten	Finanzierungsmöglichkeiten	KfW Programm Nr. 432 (Förderung über 3 Jahre, Verlängerung auf 5 Jahre möglich)
CO₂-Vermeidungskosten	Entsprechend der umgesetzten Maßnahmen	Reduzierung Treibhausgasausstoß	Entsprechend der umgesetzten Maßnahmen
Zeithorizont für Umsetzung	Sofortige Antragstellung empfohlen, Beschäftigung Sanierungsmanager für max. 5 Jahre	Verantwortliche Akteure	Stadt Konstanz
Regulatorische Rahmenbedingungen	Durch Förderung bereits vorhanden	Querverbindungen und Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen	Beeinflusst die Umsetzung aller Maßnahmen
Handlungsempfehlung Stadt/Stadtwerke	Einstellung des Sanierungsmanagements zeitnah nach Abschluss des Quartierskonzeptes	Hemmnisse/ Umsetzungsrisiken	In dem Bereich herrscht in der Region Konstanz ein Fachkräftemangel. Es wird empfohlen die Stellenausschreibung breit zu streuen, um geeignete Bewerber zu finden.

5.7 Gesamtbewertung der Maßnahmen

Um eine Gesamtbewertung der Maßnahmen vornehmen zu können, werden die errechneten Reduzierungen der Treibhausgasemissionen durch Klimaschutzmaßnahmen den Treibhausgasemissionen des IST-Zustandes gegenübergestellt. Die Kennzahlen der Treibhausgasemission ist in diesem Falle die einzige Größe, die zur Gesamtbewertung aller Maßnahmen herangezogen wird. Grund ist dafür ist zum einen, dass diese Größe transparent für alle quantifizierbaren Klimaschutzmaßnahmen berechnet werden kann, zum anderen, weil es das relevante Kriterium zum Erreichen der Klimaschutzziele der Stadt Konstanz ist. Die ökologischen Effekte der Maßnahmen können jedoch nicht unabhängig voneinander betrachtet werden, sondern weisen Querverbindungen und Wechselwirkungen untereinander auf. So wird zum Beispiel das Potenzial für erneuerbare Energien im Wärmebereich niedriger, wenn mehr energetische Sanierungen durchgeführt werden. Aus diesem Grund wird das errechnete Potenzial zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen nicht aufsummiert, sondern die Effekte der Maßnahmen nebeneinander dargestellt.

Abbildung 70 stellt die Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch einzelne Maßnahmen (Werte sind in den Maßnahmenblättern und im Anhang 1 zu finden) den aktuellen Treibhausgasemissionen (Berechnung siehe Kapitel 2.1) des jeweiligen Bereichs gegenüber. Dabei werden für jeden Bereich zuerst die aktuellen Treibhausgasemissionen ausgewiesen (grauer Balken). Darunter sind die einzelnen quantifizierbaren Maßnahmen des entsprechenden Bereichs eingefügt und das Potenzial zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen der einzelnen Maßnahmen mit einem grünen Balken gekennzeichnet. Neben der jeweiligen Maßnahme ist als Prozentzahl der Anteil der reduzierten Treibhausgasemissionen durch die entsprechende Maßnahme an den Gesamttreibhausgasemissionen des Bereichs aufgeführt (Beispiel: Durch die Maßnahme „Austausch alter Heizkessel gegen Wärmepumpen mit Umweltwärme (hier: „Austausch durch Wärmepumpen“) können 10 % der Treibhausgasemissionen im Wärmebereich reduziert werden).

Eine Besonderheit ergibt sich durch die Gesamtbewertung der Maßnahmen im Strombereich. Es wird davon ausgegangen, dass durch den bundesweit verstärkten Ausbau von erneuerbaren Energien der Emissionsfaktor für den Bundestrommix sinken wird. Auf Grund der Tatsache, dass sich bei den Maßnahmen im Strombereich die reduzierten Treibhausgasemissionen aus dem Emissionsfaktor im Bundestrommix errechnen, beeinflusst die Senkung des Emissionsfaktors die reduzierten Treibhausgasemissionen im Strombereich. Um diese Absenkung zu modellieren, wird die Annahme der Klimaschutzstrategie Konstanz übernommen, dass der Emissionsfaktor für den Bundestrommix von 0,366 kg/kWh (2020) auf 0,045 kg/kWh im Jahr 2035 sinkt (ifeu, 2021). In der Abbildung 70 sind deshalb die reduzierten Treibhausgasemissionen im Strombereich mit einem zweigeteilten Balken dargestellt. Der dunkelgrüne Teil zeigt die reduzierten Treibhausgasemissionen mit dem Emissionsfaktor von 2035; der hellgrüne Teil addiert mit dem dunkelgrünen Teil zeigt, welche Treibhausgasemissionen bei der Anwendung des Emissionsfaktors von 2020 reduziert werden.

In der Abbildung ist zu sehen, dass im Bereich Wärme im Wesentlichen die industrielle Abwärmenutzung die entscheidende Maßnahme zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen ist. Im Bereich Strom liegen die relevanten Maßnahmen in der Ausschöpfung des bislang ungenutzten Solarpotenzials im Quartier. Bei den Treibhausgasemissionen im Bereich Verkehr, verzeichnet der Umstieg auf elektrische Antriebe und alternative Kraftstoffe die höchsten Potenziale zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen.

Übersicht Reduzierung Treibhausgasemissionen

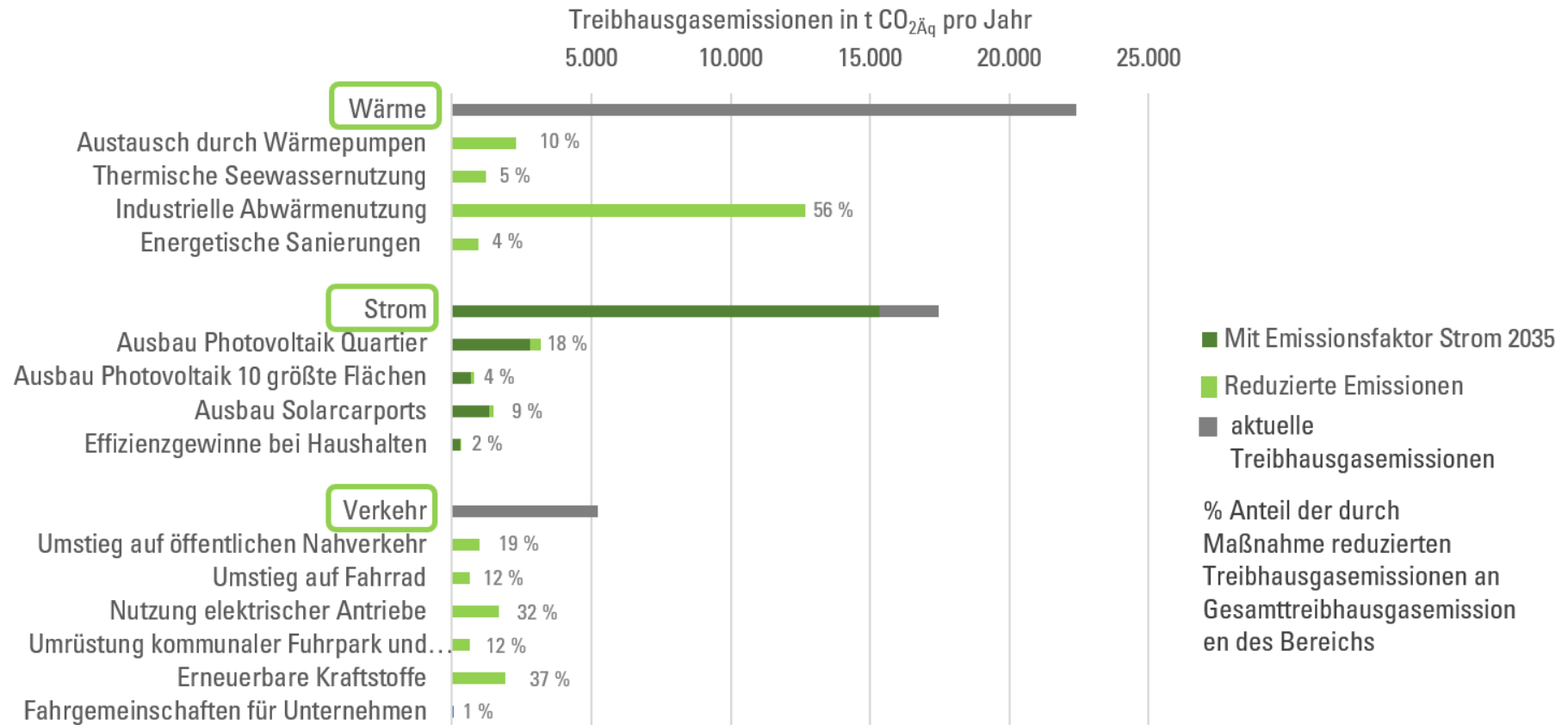


Abbildung 70: Übersicht Reduzierung Treibhausgasemissionen durch Maßnahmenvorschläge

5.8 Abgleich der Maßnahmen mit den Klimaschutzzielen der Stadt Konstanz

Die Treibhausgasemissionen, die durch die in Abbildung 70 aufgeführten Maßnahmen reduziert werden können, ergeben bei einer Aufsummierung (die auf Grund von Wechselwirkungen nicht ganz ausgeschöpft werden kann) 63 % der aktuellen Treibhausgasemissionen im Quartier. Werden die Wechselwirkungen zwischen den Maßnahmen berücksichtigt⁸, so beträgt das Potenzial zur Reduzierung der Treibhausgase durch die auf der vorherigen Seite aufgeführten Maßnahmen etwa 58 % der aktuellen Treibhausgasemissionen im Quartier. Unter der aus der Klimaschutzstrategie Konstanz übernommenen Annahme der Senkung des Stromemissionsfaktors auf 0,045 kg CO_{2Äq}/kWh bis 2035 (gegenüber 0,366 kg CO_{2Äq}/kWh im Jahr 2020) sinken die Gesamtemissionen im Quartier zusätzlich bilanziell. Das Potenzial zur Reduzierung der Treibhausgase durch die Maßnahmen steigt durch die Senkung des Stromemissionsfaktors auf 73 % bis 2035. Um das beschlossene „Klima-Plus-Szenario“ aus der Klimaschutzstrategie Konstanz zu erreichen, müssen die Treibhausgasemissionen im Quartier jedoch bis spätestens 2030 um 75 % sinken, bis 2035 um 91 % und bis 2050 um 94 % (ifeu, 2021).

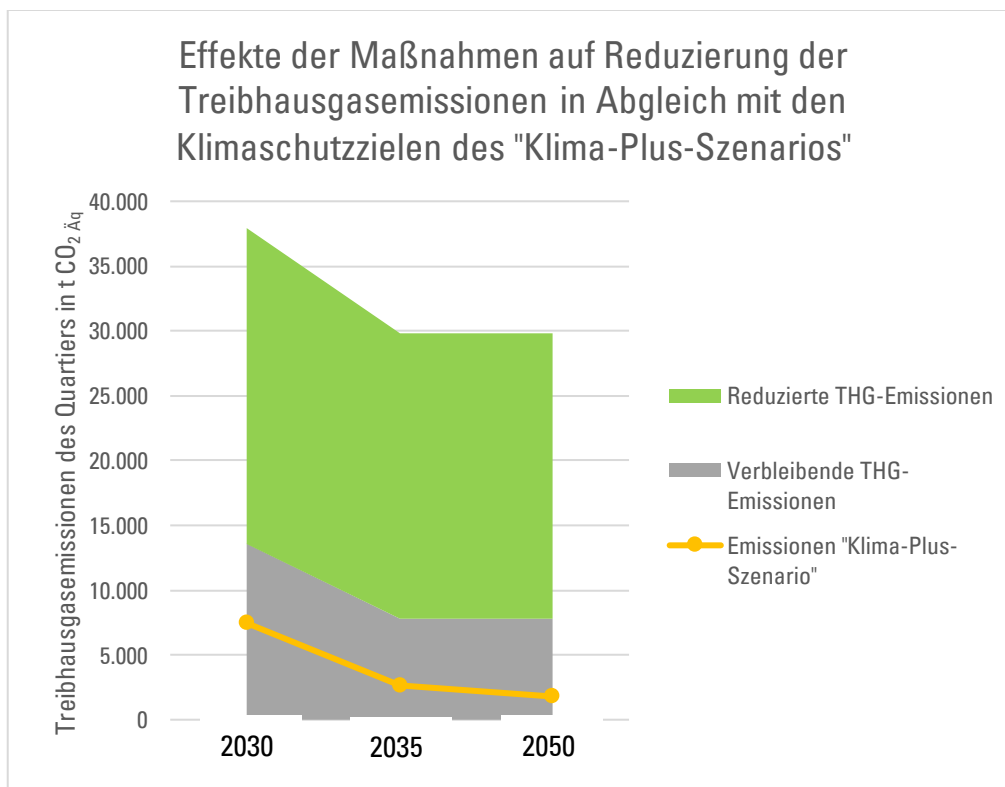


Abbildung 71: Effekte der Maßnahmen auf Reduzierung der Treibhausgasemissionen in Abgleich mit Klimaschutzzielen des "Klima-Plus-Szenarios"

Abbildung 71 zeigt die Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch die auf der vorherigen Seite aufgeführten Maßnahmen sowie die nach Maßnahmenumsetzung verbleibenden Treibhausgasemissionen im Quartier. Die Absenkung der beiden Größen bis 2050 ergibt sich durch die aus der Klimaschutzstrategie Konstanz übernommene Annahme des sinkenden Stromemissionsfaktors (bis 2030 Senkung auf 0,215 kg CO_{2Äq}/kWh, bis 2035 auf 0,045 kg CO_{2Äq}/kWh, bis 2050 auf diesem Niveau

⁸ Herausgerechnet wurden auf Grund von Wechselwirkungen folgende Maßnahmen: Energetische Sanierung von Wohngebäuden, Nutzung von Photovoltaik auf den 10 größten Dachflächen, Umrüstung kommunaler Fuhrpark und Gewerbe, Fahrgemeinschaften für Unternehmen

verbleibend). Die durch die Maßnahmen reduzierten und verbleibenden Treibhausgasemissionen im Quartier werden in der Abbildung ins Verhältnis zu den auf das Quartier heruntergebrochenen Zielen des „Klima-Plus-Szenarios“ gesetzt.

Durch die Abbildung 71 wird deutlich, dass zum Erreichen des „Klima-Plus-Szenarios“ im Quartier noch Entwicklungen vorangetrieben werden müssen, die über die in der vorherigen Abbildung aufgeführten Maßnahmen hinausgehen. Dies betrifft vor allem Maßnahmen, die im Rahmen des Quartierskonzeptes nicht belastbar quantifiziert werden konnten. Dazu zählen z. B. folgende Maßnahmen:

- Austausch fossiler Energieerzeugung
- Flächendeckendes Nahwärmenetz
- Heben von Einsparpotenzialen bei Industrie und Gewerbe

Des Weiteren wurde auf den Maßnahmenblättern bereits herausgestellt, dass auch auf EU-, Bundes und Landesebene regulatorische Rahmenbedingungen angepasst werden müssen, um die angestrebte Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu erreichen. Da die Rahmenbedingungen nur stichpunkthaft in den Maßnahmenblättern aufgeführt wurden, sollen die wichtigsten Rahmenbedingungen zum Erreichen der Klimaschutzziele der Stadt Konstanz im Folgenden erläutert werden:

Bereich Wärme

Bei Austausch von Energieerzeugungsanlagen muss zur Erreichung der Klimaschutzziele verpflichtend auf fossile Brennstoffe verzichtet werden. Bei Laufzeiten von Wärmeerzeugungsanlagen von 20-30 Jahren werden die heute gebauten Anlagen mit fossilen Brennstoffen auch 2035 noch Emissionen verursachen. Eine entsprechende Verpflichtung müsste hier auf Bundes- oder Landesebene erlassen oder durch einen hohen Preis für Treibhausgasemissionen implizit erwirkt werden. Um Unternehmen und Haushalte nicht zu stark zu belasten, sollte dies mit entsprechenden Förderungen und Beratungen untermauert werden.

Ein weiteres Hemmnis für die Umrüstung auf erneuerbare Energien ist nach Aussage mehrerer Betreiber von Wärmeerzeugungsanlagen die Vorgabe der Kostenneutralität laut §556c BGB. In dem Paragraphen wird festgelegt, dass sich bei einem Umstieg auf eine gewerbliche Wärmelieferung keine Betriebskostensteigerung auf die Mieter umgelegt werden darf. Dies schränkt die Attraktivität von erneuerbaren Wärmeerzeugungsanlagen von gewerblichen Wärmelieferanten für Gebäudebesitzer stark ein, da die Kosten für Investition und Betrieb erneuerbarer Wärmeerzeugungsanlagen in den meisten Fällen über die bestehenden Betriebskosten hinausgehen. Es verbleibt für Gebäudebesitzer nur die Option selbst als Wärmelieferant aufzutreten oder die Differenz für die bestehenden Betriebskosten für die Mieter zu übernehmen.

Die Stadt und die Stadtwerke Konstanz können hier unterstützend tätig sein, in dem sie attraktive Optionen für erneuerbare Wärmeversorgung schaffen, zum einen über effiziente und flächendeckende Wärmenetze, zum anderen über Produktangebote für dezentrale erneuerbare Erzeugungsanlagen.

Bereich Strom

Die Möglichkeiten zum Ausbau von erneuerbarer Stromerzeugung innerhalb des Quartiers sind begrenzt. Deshalb ist es essenziell, dass erneuerbarer Strom auf Flächen außerhalb des Quartiers produziert wird, um emissionsfreien Strom für Prozesse im Quartier zur Verfügung zu stellen. Die Stadt Konstanz hat hier mit einer Pflicht für Photovoltaik auf Neubauten (Stadt Konstanz, 2019) und einer Prüfung der Flächen von städtischen Gebäuden für Photovoltaik (Stadt Konstanz, 2021) schon wichtige Maßnahmen umgesetzt. Weiteres Potenzial kann durch die Installation von Photovoltaikanlagen auf Dachflächen von privaten Bestandsgebäuden gehoben werden. Außerdem sind bei der erneuerbaren Stromerzeugung Akteure mit entsprechenden Flächenverfügbarkeiten außerhalb des Quartiers, hauptsächlich im ländlichen Raum, gefragt. Anreize und Rahmenbedingungen müssen hier entsprechend von Bund und Ländern gesetzt werden.

Bereich Verkehr

Neben dem in den Maßnahmen erwähnten Individualverkehr muss auch der Güterverkehr auf klimafreundliche Alternativen umgestellt werden, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Die energie- und ressourceneffizienteste Lösung ist dabei die Verlagerung auf die Schiene. Hier bedarf es eines komplexen Netzwerkes aus Unternehmen, Schienennetzbetreibern, Logistikunternehmen und der Stadt, das perspektivisch eine entsprechende Infrastruktur bereitstellt. Eine weniger ressourcenschonende, aber bilanziell ebenfalls ökologische Alternative ist der Umstieg auf elektrische Antriebe im Güterverkehr. Hier ist jedoch Entwicklungsbedarf notwendig, damit diese flächendeckend eingesetzt werden können. Entsprechende Projekte befinden sich momentan in der Forschungsphase (Volkswagen, 2021). Ebenso sind für die Entwicklung und den Einsatz alternativer Kraftstoffe Forschungsprojekte und Infrastrukturaufbau nötig, der auf überregionaler Ebene vorangetrieben werden muss.

Wie dieser kurze Einblick zeigt, muss zur Erreichung der Klimaschutzziele die Reduzierung von Treibhausgasemissionen parallel von verschiedenen gesellschaftlichen Akteuren und politischen Ebenen angegangen werden. Tabelle 20 bietet eine Übersicht über die möglichen Maßnahmen, Vorgaben und Anreize der verschiedenen Akteure und politischen Ebenen. Dabei werden die Gebäudebesitzer im Quartier nicht als einzelne Akteure aufgezählt, sondern jeweils dem Sektor zugerechnet, für den ihr jeweiliger Gebäudebestand genutzt wird.

Die Übersicht verdeutlicht, dass die verpflichtenden Vorgaben von EU, Bund und Ländern kommen und hauptsächlich von Unternehmen (zum kleineren Teil von Haushalten und öffentlichen Gebäuden) im Industriegebiet umgesetzt werden müssen. Die Stadt Konstanz und die Stadtwerke Konstanz können über die bestehenden Vorgaben hinaus durch attraktive Infrastrukturen zusätzliche Anreize und Sensibilisierung schaffen, damit die entsprechenden Maßnahmen von Unternehmen und Haushalten umgesetzt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die im Quartierskonzept vorgeschlagenen Maßnahmen allein nicht ausreichen, um die Klimaschutzziele der Stadt Konstanz bis 2035 zu erreichen. Um die angestrebte Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu erreichen, bedarf es Vorgaben, Anreize und Initiativen, die auf allen politischen Ebenen und von Akteuren verfolgt werden müssen. Diese wurden in diesem Abschnitt überblicksartig angerissen und sind in der Klimaschutzstrategie der Stadt Konstanz (ifeu, 2021) noch einmal detaillierter aufgeführt.

Tabelle 20: Übersicht Maßnahmen der verschiedenen Akteure

Bereich	Akteur	Maßnahmen zur direkten Reduzierung von Treibhausgasemissionen	Anteil an Gesamt-emissionen	Mögliche Vorgaben	Mögliche Anreize	Informationen, Sensibilisierung
Wärme	Haushalte	Umstieg auf erneuerbare Wärmeerzeugung, dezentral oder über Anschluss an ein Wärmenetz, Einsparungen durch Verhaltensänderungen und energetische Sanierungen	6%	Bund/Länder/EU: Verpflichtung zu erneuerbaren Energien für Wärmeerzeugung	Bund/Länder/EU: Höherer CO ₂ -Preis, Förderungen Stadt Konstanz/SWK: Attraktive Angebote in Betreibermodellen und Infrastruktur zur Nutzung von erneuerbaren Energien bei der Wärmeerzeugung	Alle: Beratungs- und Informationsangebote
	Unternehmen	Umstieg auf erneuerbare Wärmeerzeugung, dezentral oder über ein Wärmenetz, Einsparung durch Prozesseffizienz und Umstellungen Produktionsprozesse	39%			
	Öffentliche Gebäude	Umstieg auf erneuerbare Wärmeerzeugung, Einsparungen durch energetische Sanierungen	4%			
Strom	Haushalte	Einsparungen durch energieeffiziente Geräte, ggf. Nutzung von Flächen zur Stromerzeugung	3%	Bund/Länder/EU: Verpflichtung zur Bereitstellung von Flächen zur Stromerzeugung	Bund/Länder/EU: Höherer CO ₂ -Preis, Reduzierung von Steuern und Abgaben auf Strom aus erneuerbaren Energien, Förderungen	Alle: Beratungs- und Informationsangebote
	Unternehmen	Einsparungen durch Prozesseffizienz, Nutzung von Flächen zur Stromerzeugung	31%			
	Öffentliche Gebäude	Einsparungen durch energieeffiziente Geräte, Nutzung von Flächen zu Stromerzeugung	4%			
Verkehr	Haushalte	Umstieg auf klimafreundliche Mobilität, elektrische Antriebe und alternative Kraftstoffe	12%	Bund/Länder/EU: Begrenzung der Zulassung von Fahrzeugen mit fossilen Antrieben	Bund/Länder/EU: Erhöhung der Abgaben auf fossile Antriebsstoffe, Förderungen für elektrische Antriebe Stadt Konstanz/SWK: Ausbau der Infrastruktur für klimafreundliche Mobilität	Alle: Beratungs- und Informationsangebote
	Unternehmen	Umstieg auf die Schiene, elektrische Antriebe oder alternative Kraftstoffe beim Güterverkehr				
	Öffentliche Gebäude	-				

6. Erfolgskontrolle / Monitoring

Die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen sollte regelmäßig überwacht und evaluiert werden. Hierzu sollte eine verantwortliche Person oder Personengruppe bestimmt werden, die die Umsetzung der Maßnahmen anstößt und gemeinsam mit weiteren Akteuren (Stadtwerke Konstanz, Mitarbeiter:innen der Stadtverwaltung, Unternehmen im Quartier, etc.) verfolgt. Weiterhin sollte die verantwortliche Person oder Personengruppe die Wirkung der Maßnahmen auswerten und prüfen.

Für die genannten Aufgaben bietet sich das Sanierungsmanagement an. Das Sanierungsmanagement wird im Nachgang des Quartierskonzepts von der KfW-Bank für drei Jahre gefördert und kann auf max. fünf Jahre verlängert werden. Die Förderung bezieht sich auf die Personalkosten für eine Person oder Personengruppe (z. B. ein Team in einem beauftragten Unternehmen), welche die Aufgaben des Sanierungsmanagements wahrnimmt. Zusätzlich können Sachausgaben in Höhe von max. 20 % der Personalkosten beantragt werden (KfW, 2021).

Der Erfolg der erarbeiteten Maßnahmen kann in verschiedenen Indikatoren gemessen werden. Übergeordneter Indikator sind die reduzierten Treibhausgasemissionen bei den Klimaschutzmaßnahmen sowie die Nutzung der entsprechenden Angebote bei den Maßnahmen zur Stadtentwicklung. Zusätzlich gibt es aber für die einzelnen Maßnahmen noch spezifische Indikatoren, die erhoben werden können. Diese sind für die einzelnen Maßnahmen in Tabelle 21 vorgestellt.

Tabelle 21: Indikatoren für die Erfolgskontrolle spezifischer Maßnahmen

Maßnahme	Indikator
5.1 Maßnahmen zur Nutzung von erneuerbaren Energien	Allgemein: Reduzierte Treibhausgasemissionen im Bereich Strom und Wärme
Dachflächennutzung durch Photovoltaikanlagen	Anzahl installierter Photovoltaikanlagen auf Dachflächen
Nutzung von Photovoltaikanlagen auf 10 größten Dachflächen im Quartier	Anzahl installierter Photovoltaikanlagen auf 10 größten Dachflächen im Quartier
Solarcarports zur Mehrfachnutzung von Parkplatzflächen	Anzahl installierter Solarcarports
Austausch fossiler Energieerzeugung	Anzahl installierter erneuerbarer Energieerzeugungsanlagen
Austausch alter Kessel gegen Luftwärmepumpen und Umweltwärme	Anzahl installierter Luftwärmepumpen
Thermische Nutzung des Seerheins	Anzahl beheizter Gebäude mit thermischer Seewassernutzung
Energieverbund und Abwärmenutzung entlang der Achse Max-Stromeyer-Straße und Byk-Gulden-Straße	Anzahl Abnehmer
Flächendeckendes Nahwärmenetz	Anzahl Abnehmer
5.2 Maßnahmen zur Realisierung von Effizienz- und Einsparpotenzialen	Allgemein: Reduzierte Treibhausgasemissionen und Endenergie
Energetische Sanierungen bei Wohngebäuden	Anzahl energetischer Sanierungen bei Wohngebäuden
Stromeffizienz bei Haushalten	Reduzierter Stromverbrauch bei Haushalten
Heben von Einsparpotenzialen bei Industrie und Gewerbe	Reduzierter Energieverbrauch bei Energie- und Gewerbe

5.3 Maßnahmen für umweltfreundliche Mobilität	Allgemein: Reduzierte Treibhausgasemissionen im Bereich Verkehr
Umstieg auf Verkehrsmittel des Umweltverbundes	Anzahl Nutzer:innen Verkehrsmittel Umweltverbund
Ausbau öffentlicher Nahverkehr	Anzahl Nutzer:innen ÖPNV
Ausbau Radwegenetz	Anzahl Nutzer:innen neue Abschnitte Radwegenetz
Ausbau Ladeinfrastruktur E-Mobilität	Anzahl Nutzer:innen Ladeinfrastruktur Elektromobilität
Flottenumrüstung kommunaler Fuhrpark und Einbindung Elektromobilität in bestehendes Gewerbe	Anzahl Elektrofahrzeuge im kommunalen Fuhrpark und bestehenden Gewerbe
Nutzung von erneuerbaren Kraftstoffen	Verbrauch erneuerbarer Kraftstoffe
Fördern von Fahrgemeinschaften für Unternehmen	Anzahl genutzter Fahrgemeinschaften bei im Quartier arbeitenden Personen
Ausbau von Urban Hubs in der Logistik	Anzahl Urban Hubs im Quartier
Ausbau multimodaler Mobilität / Mobility-as-a-Service (MaaS)	Anzahl von MaaS-Angeboten
5.4 Maßnahmen zur Stadtentwicklung	Allgemein: Größe, Anzahl und Nutzung von neu gestalteten Flächen
Maßnahmen für klimawandelangepasste und hochwertige Freiräume	Anzahl und Größe der neu geschaffenen Freiräume, Anzahl Nutzer
Maßnahmen zur Flächeneffizienz	Anzahl und Größe der zusätzlich geschaffenen Flächen
Maßnahmen für kooperative Gebietsstrukturen	Anzahl und Nutzung der Orte oder Netzwerke für kooperative Gebietsstrukturen
Ausbau von Orten für neue Formen des Arbeitens	Anzahl und Größe der neu geschaffenen Orte, Anzahl Nutzer
5.5 Maßnahmen für Neubau Verkehrslandeplatz	Allgemein: Aufbau einer emissionsfreien Energieversorgung für das Neubaugebiet
Photovoltaik auf Dachflächen und an Fassaden	Kapazität der Photovoltaikanlagen im Neubaugebiet
Abwasserwärmenutzung Klärwerk	Wärmeerzeugung durch Abwasserwärmenutzung für Neubaugebiet

Um einen Gesamtüberblick über die ökologischen Auswirkungen der Maßnahmen im Quartier zu bekommen, sollten die Treibhausgasemissionen im Quartier jährlich erfasst werden. In der Stadtverwaltung Konstanz werden die Treibhausgasemissionen auf gesamtstädtischer Ebene bereits über die Bilanzierungssoftware der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg – BICO2BW – erfasst (Stadt Konstanz, 2021). Mit Hilfe der Software können die Treibhausgasemissionen – aufgeteilt nach verschiedenen Bereichen (Wärme, Strom, Verkehr), Brennstoffen und Sektoren - erfasst werden (ifeu, 2019). Es bietet sich darum an, dass in Absprache mit dem Verantwortlichen für die städtische Bilanzierung ebenso eine Bilanz in der Software BICO2BW für das Quartier erstellt und gepflegt wird. Weiterhin sollte bei der Umsetzung der Maßnahmen einzeln nachverfolgt werden, welche Reduzierung von Treibhausgasemissionen sie bewirken.

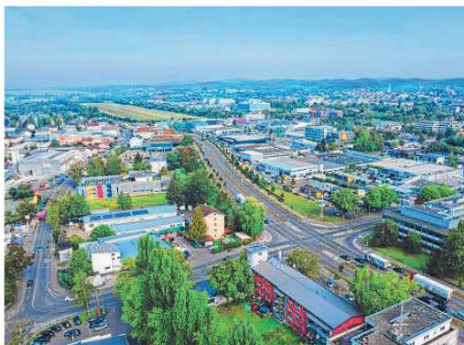
Es wird empfohlen, mindestens jährlich einen Bericht zum Umsetzungsstand der Maßnahmen und deren Effekt zu erstellen und diesen fachlich entsprechend qualifizierten Personen bei der Stadtverwaltung und den Stadtwerken Konstanz zu präsentieren. So kann regelmäßig bei Fehlentwicklungen nachjustiert

werden und neue Ideen und Vorschläge mit aufgenommen werden. Der Bericht bietet außerdem eine gute Grundlage für den Abschlussbericht am Ende der Förderperiode.

7. Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungen

Das Quartierskonzept wurde während der Projektlaufzeit von einer kontinuierlichen Öffentlichkeitsarbeit begleitet. Seit Beginn der Projektlaufzeit existierte eine Homepage, bei der die Inhalte des Quartierskonzeptes beschrieben und über Neuigkeiten im Projektgeschehen informiert wurde (Stadt Konstanz, 2021).

Weiterhin wurden im Projektzeitraum insgesamt drei Pressemitteilungen versendet und im Amtsblatt und in Lokalzeitungen veröffentlicht. Dabei handelte es sich um eine Pressemitteilung zum Beginn des Projektes, die die geplanten Inhalte des Konzeptes darstellte, eine Pressemitteilung in Vorbereitung auf die Zukunftswerkstatt, mit der die Veranstaltung beworben wurde und eine Pressemitteilung am Ende des Projektes, in der die Ergebnisse des Konzeptes veröffentlicht wurden.



Das Industriegebiet von oben: Links ist das Quartier Unterlohn zu sehen, rechts davon das Oberlohn. BILD: LUKAS ONDREKA

Wie weniger Energie verbraucht wird

Das Industriegebiet soll klimafreundlicher werden. Zwei Planungsbüros erarbeiten dafür bis Ende des Jahres Konzepte

Konstanz (pm/jem) Das Industriegebiet soll grüner werden. Das geht aus einer Mitteilung der Stadtverwaltung hervor. Darin heißt es: man wolle bis Ende des Jahres ein Quartierskonzept für das rund 220 Hektar große Areal erstellen. Dafür wollen externe Fachplanungsbüros, das Amt für Stadtplanung und Umwelt sowie die Wirtschaftsförderung und die Stadtwerke zusammenarbeiten. Ziel des Konzeptes ist es, herauszufinden, wo Energie gespart werden kann. Weiterhin wolle man aufzeigen, wo dort der Einsatz von erneuerbaren Energien möglich ist.

Um auch Anwohner und die ansässigen Unternehmen mit einzubeziehen, wird es im Oktober eine sogenannte Zukunftswerkstatt geben. In dieser soll das Projekt vorgestellt und so die Akzeptanz für die Entwicklung erhöht werden. Gemeinsam wolle man dann Umsetzungsempfehlungen erarbeiten, so die Mitteilung. Im Rahmen des Förderprogramms „Energetische Stadtsanierung“ sei bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ein Zuschussantrag gestellt worden. Nach einer öffentlichen Ausschreibung habe man die Firmen Tilia und Averdung Ingenieure und Berater sowie das dazugehörige Hamburg-Institut gewinnen können. Sie sind auf nachhaltige Energieversorgung spezialisiert und erarbeiten jetzt ein entsprechendes energetisches Quartierskonzept. Konkret heißt das:

Die beiden Fachbüros werden bis Ende Dezember detaillierte Handlungsempfehlungen in Sachen Energiesparen für das Industriegebiet entwickeln.

Dazu werden in einem ersten Schritt sowohl der Energieverbrauch als auch die potenziellen Sparquellen untersucht. Das Konzept soll sich im Schwerpunkt an die Areale Unterlohn und Grubwiesen richten. Erste Ideen für eine nachhaltige Entwicklung des Areals haben die beiden Büros bereits: beispielsweise könne industrielle Abwärme oder Großwärmepumpen in Kombination mit der Abwasserwärme des Klärwerks genutzt werden. Zurück geht die Idee für die Erarbeitung des sogenannten „Integrierten energetischen Quartierskonzeptes“ auf den Energienutzungsplan. Dieser wurde 2018 vom Gemeinderat verabschiedet.

Abbildung 72: Beispiel für Presseartikel über das Quartierskonzept Industriegebiet (Quelle: Südkurier vom 14.09.2021)

Um die im Quartier arbeitenden Personen direkt mit einzubinden, wurde am 20.10.2021 eine digitale Veranstaltung mit dem Titel „Zukunftswerkstatt Industriegebiet durchgeführt“. Bei der Zukunftswerkstatt wurden in zwei Workshops – einen zum Thema erneuerbare Energien und Energieeffizienz und einen zum Thema Freiräume im Quartier – mit den Teilnehmern Maßnahmen erarbeitet und diskutiert. In beiden Workshops wurde die Methode der Zukunftswerkstatt angewendet, wonach zuerst Kritik am IST-Zustand geäußert, anschließend eine Zukunftsvision für den Bereich entwickelt und am Ende konkrete Maßnahmen zur Umsetzung erarbeitet werden. Bei der Veranstaltung konnte ein intensiver Austausch sowohl unter den Unternehmen als auch mit der Stadtverwaltung und den Stadtwerken Konstanz gefördert werden.

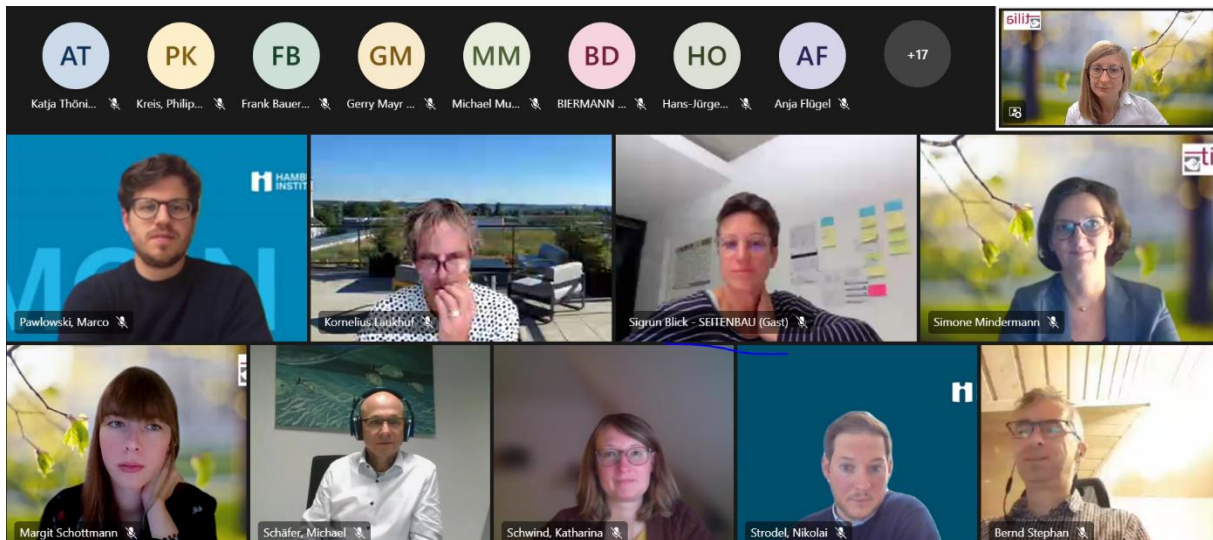


Abbildung 73: Screenshot von der digitalen Zukunftswerkstatt

Die im Zuge der Zukunftswerkstatt erarbeiteten Ergebnisse sind in ein Online-Beteiligungstool übertragen worden, um eine weitere Möglichkeit der digitalen Partizipation zu ermöglichen. Für die Beteiligung wurde das Tool conceptboard (app.conceptboard.com) verwendet, welches über eine Internet-URL erreichbar war und von allen Akteuren mit einem Internetanschluss erreicht und bearbeitet werden konnte. Das Beteiligungstool wurde am 25.10.2021 freigeschaltet und blieb bis einschließlich 17.11.2021 online. Das Tool wurde über die öffentliche Seite der Stadt Konstanz geteilt, ebenso via Mailing an die entsprechenden Akteure.

Die Möglichkeit zur Partizipation bestand aus zwei Whiteboards, die sich an den Themen der Workshops orientierten. Bei Themen des öffentlichen Raums wurde zwischen vier Bereichen unterschieden: Mobilität, Flächeneffizienz, Einsparpotenziale Gebäude und neue Formen der Arbeit/Räume für Kooperation. Das zweite Whiteboard bestand aus zwei Bereichen: Wärmenetze/Energieverbund und Eigenstromerzeugung. Insgesamt 27 digitale Post-It-Notizen, zehn beim ersten Whiteboard und 17 beim zweiten, sind aus der Zukunftswerkstatt übertragen worden, ein weiterer kam nach der Freischaltung hinzu. Wie viele Menschen insgesamt auf das conceptboard zugegriffen haben, ohne sich zu beteiligen, kann nicht rekonstruiert werden, da das Tool eine solche Trackingfunktion nicht vorsieht.



Abbildung 74: Screenshot Beteiligungstool

Weiterhin gab es im Anschluss an die Zukunftswerkstatt eine Reihe von Akteursgesprächen, bei denen Maßnahmenvorschläge und Entwicklungen im Quartier auf Wunsch kommuniziert werden konnten. Eine Übersicht über die Akteursgespräche sowie deren Ergebnisse ist in Tabelle 22 zu finden.

Tabelle 22: Übersicht Akteursgespräche im Rahmen des Quartierskonzeptes

Akteur	Thema	Ergebnisse
The Plant	Beitrag zu Themen Qualitäts- und Entwicklungskonzept	Konkrete Vorschläge zur Stadtentwicklung konnten erarbeitet und an die Stadtverwaltung weitergegeben werden.
Anwohner Industriegebiet	Befragung zu Themen Qualitäts- und Entwicklungskonzept	Maßnahmenvorschläge wurden im Quartierskonzept berücksichtigt und an die Stadtverwaltung weitergegeben.
Rechenzentrum für Versorgungsnetze Wehr	Erweiterung Netzkonzept Konstanzer Innenstadt	Die Betrachtung über ein Wärmenetz in Konstanz wurden den Stadtwerken Konstanz vorgestellt und zur weiteren Verwendung übergeben.
Holzbau Siebenrok	Bebauungsplan Grubwiesen	Vorschläge zur Verbesserung des Bebauungsplans wurden an die Stadtverwaltung übergeben.
EBK Konstanz	Wärmegewinnung aus Kläranlage	Die Potenziale für die Wärmeerzeugung aus der Kläranlage wurden ins Energiekonzept Grubwiesen mit aufgenommen.

Zusätzlich zu den erwähnten Aktivitäten zur Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung wurden monatlich Treffen mit der Lenkungsgruppe des Quartierskonzeptes durchgeführt. Diese Lenkungsgruppe bestand aus Vertretern der Stadtverwaltung Konstanz aus dem Bereich Stadtplanung und Umwelt, aus Vertretern der Stadtwerke Konstanz sowie Vertretern der Wirtschaftsförderung Konstanz. Das Vorgehen sowie alle im Bericht aufgeführten Ergebnisse des Quartierskonzeptes wurden mit den Vertretern der Lenkungsgruppe abgestimmt.

8. Ausblick

Für die weitere Umsetzung der Maßnahmen ist die kontinuierliche Nachverfolgung der Umsetzungsprozesse entscheidend. Es wird empfohlen, dass diese Rolle vom Sanierungsmanagement übernommen wird. Das Sanierungsmanagement hat dabei die Aufgabe, die Maßnahmen anzustoßen und entsprechend nachzuverfolgen. Für die einzelnen Maßnahmen sollten dann jeweils die relevanten Akteure mit einbezogen werden.

Im Rahmen des Quartierskonzeptes sind, in Abstimmung mit den Ansprechpartner:innen der Stadtverwaltung und der Stadtwerke Konstanz, Vorschläge für einen Zeitraum des Umsetzungsstart der Maßnahmen erarbeitet worden. Dieser wurde in den Maßnahmenblättern dokumentiert. Abbildung 75 bietet eine Übersicht über die erarbeiteten Maßnahmen (teilweise zusammengefasst in Überkategorien), sortiert nach Themengebieten und dem vorgeschlagenen Umsetzungsstart. Dabei ist zu beachten, dass für den Zeitraum lediglich der Umsetzungsstart der Maßnahme empfohlen wird; die Umsetzung selbst erstreckt sich bei den meisten Maßnahmen über einen längeren Zeitraum. Weiterhin sollte beachtet werden, dass mit dieser Kategorisierung die Reihenfolge der Umsetzung nicht streng festgelegt ist, sondern vom Sanierungsmanagement und den jeweils beteiligten Akteuren diskutiert und bei Bedarf angepasst werden sollte. Die Kategorisierung bietet somit lediglich eine Orientierungshilfe bei der Priorisierung der Umsetzungsreihenfolge.

Umsetzungsstart der Maßnahmen			
	Start der Maßnahmenumsetzung bis spätestens 2027	Start der Maßnahmenumsetzung bis spätestens 2032	Start der Maßnahmenumsetzung bis spätestens 2038
Maßnahmen zur Nutzung von erneuerbaren Energien	Ausbau Photovoltaik, Austausch fossiler Wärmeerzeugung, Installation von Wärmenetzen	Thermische Nutzung des Seerheins	
Maßnahmen zur Realisierung von Effizienz- und Einsparpotenzialen	Realisierung von Effizienz- und Einsparpotenzialen für Haushalte und Gewerbe		
Maßnahmen für umweltfreundliche Mobilität	Umstieg auf Mobilitätsformen des Umweltverbunds, Ausbau ÖPNV, Radwege und E-Ladeinfrastruktur, Flottenumrüstung	Nutzung alternativer Kraftstoffe, Ausbau Urban Hubs	Förderung von Fahrgemeinschaften, Ausbau multimodaler Mobilität
Maßnahmen zur Stadtentwicklung		Ausbau Gründflächen, Flächenentsiegelung, Flächenmanagement und Nutzung „Mehrräume“	
Maßnahmen Entwicklung Verkehrslandeplatz		Photovoltaik auf Dachflächen und Fassaden, Abwasserwärmenutzung Klärwerk	
Organisatorische Maßnahmen	Etablierung eines Sanierungsmanagers		

Abbildung 75: Übersicht für Vorschläge Umsetzungsstart der Maßnahmen

Mit den erarbeiteten Maßnahmen (siehe Kapitel 5) werden die Einflussmöglichkeiten der Stadt und der Stadtwerke für Klimaschutz im Quartier zu einem großen Teil genutzt und mit Umsetzung der Maßnahmen einen wichtigen Schritt zur Erreichung der Klimaschutzziele geleistet.

Wie in Abschnitt 5.6 dargestellt, werden durch die vorgeschlagenen Maßnahmen aber nur etwa 60 % der Treibhausgasemissionen reduziert. Dies ist nicht ausreichend, um eine weitgehende Klimaneutralität

spätestens bis zum Jahr 2035 entsprechend des „Klima-Plus-Szenarios“ der Klimaschutzstrategie Konstanz zu erreichen.

Um dieses Ziel zu erreichen ist ein Zusammenspiel aller Akteure und politischen Ebenen und über die Quartiersgrenze hinaus notwendig. Die Stadt Konstanz und die Stadtwerke Konstanz können hauptsächlich Anreize setzen, in dem der Ausbau der Infrastruktur für klimafreundliche Energieerzeugungs- und Mobilitätsformen gefördert wird. Hier wird ein Fokus auf den Aufbau von Nahwärmenetzen mit erneuerbarer Wärmeerzeugung und ein Ausbau vom öffentlichen Nahverkehr und Radwegen im Quartier empfohlen. Weiterhin wird empfohlen durch kontinuierliche Informationskampagnen und Beratungskampagnen Sensibilisierung für Themen zu schaffen.

Zusätzlich dazu sollte die Aufwertung von Freiräumen und neuen Orten im Quartier durch die im Qualitäts- und Entwicklungskonzept erarbeiteten Maßnahmen in den Schwerpunktgebieten Unterlohn und Grubwiesen realisiert werden, um die Attraktivität im Quartier perspektivisch zu steigern.

Wenn es gelingt die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kontinuierlich voranzutreiben und die entsprechenden Rahmenbedingungen auf allen politischen Ebenen gesetzt werden, so besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass das angestrebte Ziel der weitgehenden Klimaneutralität bis spätestens 2035 entsprechend des „Klima-Plus-Szenarios“ der Klimaschutzstrategie Konstanz erreicht werden kann.

9. Anhang

Anhang 1: Übersicht Einsparungen Treibhausgasemissionen durch quantifizierbare Maßnahmen

Tabelle 23: Übersicht reduzierte Treibhausgasemissionen durch quantifizierbare Maßnahmen

	Reduzierung Treibhausgasemissionen durch Maßnahmen	
	[t CO ₂ Äq / a]	
Wärme		
Austausch durch Wärmepumpen	2.300	Reduzierung Treibhausgasemissionen mit Emissionsfaktor von 2035 (betrifft nur Bereich Strom)
Thermische Seewassernutzung	1.200	
Industrielle Abwärmenutzung	12.665	
Energetische Sanierungen bei Wohngebäuden	935	
Strom		[t CO ₂ Äq / a]
Ausbau Photovoltaik Quartier	3.184	392
Ausbau Photovoltaik 10 größte Flächen	802	99
Ausbau Solarcarports	1.500	184
Effizienzgewinne bei Haushalten	320	39
Verkehr		
Umstieg auf öffentlichen Nahverkehr	995	
Umstieg auf Fahrrad	629	
Nutzung elektrischer Antriebe	1.692	
Umrüstung kommunaler Fuhrpark und Gewerbe	636	
Erneuerbare Kraftstoffe	1.922	

Anhang 2: Übersicht Einsparungen Energie und fossile Energie durch Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs und fossiler Brennstoffe

Tabelle 24: Übersicht Reduzierung Energie durch Maßnahmen

	Einsparung Energie		Einsparung fossiler Brennstoffe	
	Endenergie [kWh / a]	Primärenergie [kWh / a]	Nutzenergie [kWh / a]	Primärenergie [kWh / a]
Energetische Sanierungen bei Wohngebäuden	3.586.183	3.944.801		
Effizienzgewinne bei Haushalten	603.095	1.085.572		
Umstieg auf öffentlichen Nahverkehr		-	3.430	4.789
Umstieg auf Fahrrad	2.166	3.025	2.166	3.025
Nutzung elektrischer Antriebe		-	8.744	12.208
Umrüstung kommunaler Fuhrpark und Gewerbe		-	2.231	2.785
Erneuerbare Kraftstoffe		-	3.711	5.181

Hinweis: Bei der Umstellung von fossil betriebenen Fahrzeugen zu elektrischen Antrieben und erneuerbaren Kraftstoffen werden fossile Brennstoffe eingespart, aber nicht der Energieverbrauch signifikant reduziert. Aus diesem Grund wurde hier separat die Kategorie „Einsparung fossiler Brennstoffe“ aufgelistet. Bei dem Umstieg auf den öffentlichen Nahverkehr konnte die Einsparung der Endenergie nicht belastbar quantifiziert werden.

Anhang 3: Gesamtreduzierung Treibhausgasemissionen durch Maßnahmen bis 2030

	Reduzierte Treibhausgasemissionen Gesamt	Wird herausgerechnet auf Grund von Wechselwirkungen	Reduzierte Treibhausgasemissionen Gesamt	Umsetzung innerhalb von maximal wieviel Jahren (siehe Bericht, bei Start 2022)	Anteil Umsetzung bis 2030	Reduzierte Treibhausgasemissionen bis 2030
	[t CO ₂ Äq / a]		[t CO ₂ Äq / a]			[t CO ₂ Äq / a]
Wärme						
Austausch durch Wärmepumpen	2.300	nein	2.300	13	62%	1.415
Thermische Seewassernutzung	1.200	nein	1.200	10	80%	960
Industrielle Abwärmenutzung	12.665	nein	12.665	5	100%	12.665
Energetische Sanierungen bei Wohngebäuden	935	ja	0	10	80%	0
Strom						
Ausbau Photovoltaik Quartier	3.184	nein	3.184	10	80%	1.496
Ausbau Photovoltaik 10 größte Flächen	802	ja	0	5	100%	0
Ausbau Solarcarports	1.500	nein	1.500	10	80%	705
Effizienzgewinne bei Haushalten	320	nein	320	10	80%	150
Verkehr						
Umstieg auf öffentlichen Nahverkehr	995	nein	995	5	100%	995
Umstieg auf Fahrrad	629	nein	629	13	62%	387
Nutzung elektrischer Antriebe	1.692	nein	1.692	10	80%	1.354
Umrüstung kommunaler Fuhrpark und Gewerbe	636	ja	0	10	80%	0
Erneuerbare Kraftstoffe	1.922	nein	1.922	13	62%	1.183
		Gesamt	26.407			21.311

Anhang 3: Gesamtreduzierung Energie durch Maßnahmen bis 2030

	Umsetzung innerhalb von maximal wieviel Jahren (siehe Bericht, Start 2022)	Anteil Umsetzung bis 2030	Reduzierte Energie Gesamt		Reduzierte Energie bis 2030	
			Endenergie	Primärenergie	Endenergie	Primärenergie
			[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Wärme						
Energetische Sanierungen bei Wohngebäuden	10	80%	3.586.183	3.944.801	2.868.946	3.155.841
Strom						
Effizienzgewinne bei Haushalten	10	80%	603.095	1.085.572	482.476	868.457
Verkehr						
Umstieg auf Fahrrad	13	62%	2.166	3.025	1.333	1.861
		Gesamt	4.191.444	5.033.398	3.352.755	4.026.160

Literaturverzeichnis

- ADAC. (27. 10 2021). *Kostenvergleich Elektro, Benzin oder Diesel*. Von adac.de:
<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/auto-kaufen-verkaufen/autokosten/elektroauto-kostenvergleich/>
- AGFW. (14. 12 2021). *Förderprogramme BEG & BEW*. Von agfw.de:
<https://www.agfw.de/energiewirtschaft-recht-politik/energiewende-politik/effizienz-klimaschutz/bew-beg/>
- Air electric. (29. 12 2021). *Airelectric*. Von airelectric.de: <https://www.airelectric.de/>
- Anondi GmbH. (30. 11 2021). *Lohnt sich eine Photovoltaik-Anlage 2021*. Von solaranlage-ratgeber.de:
<https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-wirtschaftlichkeit/lohnt-sich-eine-photovoltaik-anlage>
- BAFA. (14. 12 2021). *Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Von bafa.de:
https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/effiziente_gebaeude_node.html
- BAFA. (14. 12 2021). *Bundesförderung für Energieberatung im Mittelstand*. Von bafa.de:
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Mittelstand/energieberatung_mittelstand_node.html
- Bauer, J. (20. 10 2021). Vorstellung der Carsharing PLattform im Rahmen der Zukunftswerkstatt Industriegebiet Konstanz.
- Beispiel Velodrone von Volocopter*. (ab 2024). Von <https://www.volocopter.com/solutions/volodrone/>
- Bergmann, F. (2004). *Neue Arbeit, Neue Kultur*. Freiburg: Arbor. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Frithjof_Bergmann
- BINE Informationsdienst. (2017). *Wirtschaftlichkeit energieoptimierter Gebäude*. Von enbausa.de:
https://www.enbausa.de/fileadmin/user_upload/Downloads/BINE_EnEV_Wirtschaftlichkeit.pdf
- Bundesanstalt für Gewässerkunde. (2021). *Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten in Deutschland*. Von <https://geoportal.bafg.de/karten/HWRM/>
- Bundesministerium der Finanzen. (22. 11 2021). *bundesfinanzministerium.de*. Von AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig "Energie- und Wasserversorgung":
https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weiter_e_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/AfA-Tabelle_Energie-und-Wasserversorgung.html
- Bundesministerium für digitales und Verkehr. (14. 12 2021). *Umweltverbund*. Von [forschungsinformationssystem.de](https://www.forschungsinformationssystem.de):
<https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/21907/>
- Bundesministerium für Umwelt, N. u. (2017). *Klimaschutzbericht*. Bundesministerium für Umwelt , Naturschutz und nukleare Sicherheit.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (05 2018). *Klimaschutz in Zahlen*. Von bmu.de:

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_in_zahlen_2018_bf.pdf abgerufen

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (22. 11 2021). *bmu.de*. Von EU-Klimapolitik: <https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/eu-klimapolitik>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (24. 11 2021). *Klima- und Energiepolitik der europäischen Union*. Von bmu.de: <https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/eu-klimapolitik>

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (29. 11 2021). *Förderung und Finanzierung des Radverkehrs*. Von bmvi.de: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Radverkehr/finanzielle-foerderung-des-radverkehrs.html>

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (29. 11 2021). *Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland*. Von bmvi.de: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/foerderrichtlinie-ladeinfrastruktur-elektrofahrzeuge.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2019). *Eneuerbare Energien in Zahlen*. Berlin.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (16. 12 2021). *Abkommen von Paris*. Von bmwi.de: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html>

Bundesnetzagentur. (30. 11 2011). *Aktuelle Einheitenübersicht*. Von marktstammdatenregister.de: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht>

Bundesnetzagentur. (26. 11 2021). *Aktuelle Einheitenübersicht*. Von marktstammdatenregister.de: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht>

Bundesnetzagentur. (30. 11 2021). *EEG-Registerdaten und Fördersätze*. Von bundesnetzagentur.de: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/start.html

Bundesumweltministerium. (29. 07 2021). *Bund fördert naturnahe Grünflächen in Städten*. Von bmu.de: <https://www.bmu.de/pressemitteilung/bund-foerdert-naturnahe-gruenflaechen-in-staedten>

BVDW. (2021). *Arbeitswelten nach Corona*. Von https://www.bvdw.org/fileadmin/bvdw/upload/publikationen/arbeitswelt_der_zukunft/20210903_BVDW_Arbeitswelt_nach_Corona_Full_Report.pdf

Climate Analytics and New Climate Institute. (24. 11 2021). *Climate Action tracker*. Von climateactiontracker.org/

CO2Online. (14. 12 2021). *Erneuerbare Energien im Überblick*. Von <https://www.co2online.de/klima-schuetzen/energiewende/erneuerbare-energien/>

co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH. (29. 11 2021). *Verbrauchen Sie zu viel Strom- Finden Sie´s heraus*. Von stromspiegel.de:

<https://www.stromspiegel.de/fileadmin/ssi/stromspiegel/Broschuere/stromspiegel-2021.pdf>

co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH. (29. 11 2021). *Zuschüsse & Förderung, Stromsparen lohnt sich*. Von Stromspiegel.de:

<https://www.stromspiegel.de/beratung/foerderung-und-zuschuesse/>

Deutsche Energieagentur. (04. 12 2021). *Energie und Kosten sparen in Energie und Gewerbe*. Von dena.de:

https://www.dena.de/fileadmin/dena/Bilder/Newsroom/Mediathek/Infografiken/Einsparpotenziale_in_Industrie_druck.jpg

DWA. (2020). *DWA-Regelwerk: Merkblatt DWA-M 114 - Abwasserwärmenutzung*.

Erdgas Südwest. (14. 12 2021). *Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg*. Von erdgas-suedwest.de:

<https://www.erdgas-suedwest.de/natuerlichzukunft/stromproduktion-erneuerbar-echtzeit-baden-wuerttemberg/>

Estatika GmbH. (14. 12 2021). *EWärmeG - Heizungstausch verpflichtet Eigentümer in BW*. Von erneuerbare-waerme-gesetz.de:

<https://www.erneuerbare-waerme-gesetz.de/ewaermeg>

European Commission. (17. 12 2021). *Photovoltaic Geographical Information System*. Von re.jrc.ec.europa:

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP

Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe. (15. 12 2021). *Entwicklung Biokraftstoffverbrauch in Deutschland*. Von fnr.de:

<https://mediathek.fnr.de/entwicklung-biokraftstoffe-in-deutschland.html>

Fischer, S. (04. 11 2021). Zahlen Verkehr Industriegebiet Konstanz. *Mailverkehr vom 04.11.2021*. (N. Lehr, Interviewer)

(2019). *Handlungsprogramm Wirtschaft 2030*.

https://www.konstanz.de/site/Konstanz/get/documents_E1690011099/konstanz/Dateien/Wirtschaft%20und%20Wissenschaft/HP%20Wirtschaft%20Brosch%C3%BCre%20Teil%20I.pdf

Heidjann GmbH. (05. 01 2022). *Was verbraucht am meisten Strom?* Von stromauskunft.de:

<https://www.stromauskunft.de/stromanbieter-wechsel/stromanbieter-wechsel-faq/was-verbraucht-am-meisten-strom/>

Hôtel logistique Chapelle International in Paris. (2021). Von [https://www.zukunft-](https://www.zukunft-mobilitaet.net/171999/urbane-mobilitaet/hotel-logistique-chapelle-international-paris-logistik-urban-terminal/)

[mobilitaet.net/171999/urbane-mobilitaet/hotel-logistique-chapelle-international-paris-logistik-urban-terminal/](https://www.zukunft-mobilitaet.net/171999/urbane-mobilitaet/hotel-logistique-chapelle-international-paris-logistik-urban-terminal/)

HWI. (03 2021). *Pro und Kontra Biokraftstoffe*. Von hwwi.org:

<https://www.hwwi.org/publikationen/hwwi-insights/hwwi-insights-ausgabe-03-2011/pro-und-kontra-biokraftstoffe.html>

ifeu. (2019). *Energie- und CO2-Bilanzierungstool Baden-Württemberg BICO2BW*. Von kea-bw.de:

<https://www.kea->

[bw.de/fileadmin/user_upload/Kommunaler_Klimaschutz/Angebote/Gebrauchsanweisung_BIC02BW_V2.9.pdf](https://www.bw.de/fileadmin/user_upload/Kommunaler_Klimaschutz/Angebote/Gebrauchsanweisung_BIC02BW_V2.9.pdf)

ifeu. (2021). *Klimaschutzstrategie Konstanz, Zwischenbericht März 2021*. Heidelberg.

Incredible Edible Network. (2021). Von <https://www.incredibleedible.org.uk/>

Insitut für Wohnen und Umwelt. (28. 11 2021). *TABULA webtool*. Von [webtool.building-typology.eu:](https://webtool.building-typology.eu/)
<https://webtool.building-typology.eu/#bm>

internetstores GmbH. (2015). *STUDIE ZUR ALLGEMEINEN FAHRRADNUTZUNG IN DEUTSCHLAND 2015*.
Von [fahrrad.de:](https://www.fahrrad.de/on/demandware.static/-/Library-Sites-bikester/default/dw7f90cb9f/Blog/studie-fahrradnutzung-deutschland.pdf) <https://www.fahrrad.de/on/demandware.static/-/Library-Sites-bikester/default/dw7f90cb9f/Blog/studie-fahrradnutzung-deutschland.pdf>

Investa Capital management GmbH. (04. 12 2021). *The Plant Konstanz*. Von [the-plant.de:](https://www.the-plant.de/)
<https://www.the-plant.de/konstanz/>

Investa Capital Management GmbH. (05. 01 2022). *Work Better - The Plant*. Von [the-plant.de:](https://www.the-plant.de/)
<https://www.the-plant.de/konstanz/>

Kania, R. (2021). *www.welt-in-zahlen.de*. Abgerufen am 26. 04 2021 von <https://www.welt-in-zahlen.de/laendervergleich.phtml?indicator=126>

Katzschner, L., & Kupski, S. (2015). *Klimafunktionskarte Stadt Konstanz*. Lohfelden: k.A.

KEA BW. (03. 01 2022). *Photovoltaik wird zum Standard*. Von [photovoltaik-bw.de:](https://www.photovoltaik-bw.de/)
<https://www.photovoltaik-bw.de/pv-netzwerk/pv-themen/pv-pflicht-im-klimaschutzgesetz-bw/>

KfW. (21. 10 2021). *Bundesförderung für effiziente Gebäude - Infoblatt zu förderfähigen Maßnahmen und Leistungen*. Von [kfw.de:](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Förderprogramme-(Inlandsförderung)/PDF-Dokumente/6000004863_Infoblatt_BEG_Förderfähige_Maßnahmen.pdf) [ttps://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Förderprogramme-\(Inlandsförderung\)/PDF-Dokumente/6000004863_Infoblatt_BEG_Förderfähige_Maßnahmen.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Förderprogramme-(Inlandsförderung)/PDF-Dokumente/6000004863_Infoblatt_BEG_Förderfähige_Maßnahmen.pdf)

KfW. (28. 11 2021). *Energieeffizient sanieren, Energie sparen und der Umwelt etwas Gutes tun*. Von [kfw.de:](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Energieeffizient-Sanieren/?kfwmc=vt.sea.google.SEA_VT_EBS_Energieeffizient-Sanieren_GC.{Anzeigengruppe}.{Anzeige}&wt_cc1=wohnen&wt_cc2=pri|bestandimmobilie&wt_cc3=40991361019_kwd-176890052965_53144966180) https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Energieeffizient-Sanieren/?kfwmc=vt.sea.google.SEA_VT_EBS_Energieeffizient-Sanieren_GC.{Anzeigengruppe}.{Anzeige}&wt_cc1=wohnen&wt_cc2=pri|bestandimmobilie&wt_cc3=40991361019_kwd-176890052965_53144966180

KfW. (02. 12 2021). *Merkblatt energetische Stadtsanierung*. Von [kfw.de:](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002110_M_432_Energetische_Stadtsanierung_Zuschuss.pdf)
[https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000002110_M_432_Energetische_Stadtsanierung_Zuschuss.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002110_M_432_Energetische_Stadtsanierung_Zuschuss.pdf)

Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg. (2020). *CO2-Bilanzierung mit BIC02BW*.
Abgerufen am 19. 05 2021 von <https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/angebote/co2-bilanzierung>

Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg. (25. 11 2021). *CO2-Bilanzierung mit BIC02BW*.
Von [kea-bw.de:](https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/angebote/co2-bilanzierung) <https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/angebote/co2-bilanzierung>

König, D. (06 2017). CO2-Ziele umsetzen: Die zukünftige Entwicklung städtischer Verteilnetze.
Energiewirtschaftliche Tagesfragen, S. 67 - 70.

- Kraftfahrt-Bundesamt. (01. 01 2020). *Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes zum 1. Januar 2020*. Abgerufen am 30. 03 2021 von https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz3_b_uebersicht.html
- Kraftfahrt-Bundesamt. (2020). *www.kba.de / Verkehr in Kilometern (VK) Jahre 2014 - 2019*. Abgerufen am 30. 03 2021 von https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_inhalt.html;jsessionid=6611849642128654D9B45E6ED954DF1D.live21322?nn=2351536
- Kraftfahrt-Bundesamt. (2021). *www.kba.de / Bestandsüberblick am 1. Januar 2021*. Abgerufen am 30. 03 2021 von https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz/b_jahresbilanz_inhalt.html?nn=2598042
- Land Baden-Württemberg. (2021). *Energetische Sanierung von Wohngebäuden - Investitionszuschuss beantragen*. Von Serviceportal Baden-Württemberg: <https://www.service-bw.de/leistung/-/sbw/Energetische+Sanierung+von+Wohngebaeuden++Investitionszuschuss+beantragen-6001943-leistung-0#sp-js-textContent-title>
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau. (01. 12 2021). *Kartenviewer*. Von lgrb-bw.de: <https://maps.lgrb-bw.de/> abgerufen
- (kein Datum). *Leitbild Zero Waste*. <https://zerowasteurope.eu/#1>.
- LUMITOS AG. (2021). *www.chemie.de*. Abgerufen am 30. 03 2021 von <https://www.chemie.de/lexikon>
- Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg. (2021). *"Flächen gewinnen durch Innenentwicklung"*. Von https://wm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-wm/intern/Dateien_Downloads/Foerderprogramme/Ausschreibung_2021_Flaechen_gewinnen_durch_Innenentwicklung.pdf
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (21. 10 2021). *Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg*. Von um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-baden-wuerttemberg/klimaschutzgesetz/ abgerufen
- mobile.de. (18. 07 2013). *motor-talk.de*. Von Was verbraucht ein Bus Nahverkehr Innenstadtauf 100 km?: <https://www.motor-talk.de/forum/was-verbraucht-ein-bus-nahverkehr-innenstadt-auf-100-km-t1724289.html>)
- Navionics S.r.l. (29. June 2021). *Navionics.com*. Von <https://webapp.navionics.com/?lang=de#boating/menu@14&key=kt%7DaHm%7Bzv%40>
- Polarstern. (05. 03 2021). *Warum funktioniert mein Strom sparen nicht?* Von [polarstern-energie.de: https://www.polarstern-energie.de/magazin/artikel/rebound-effekte-energieeffizienz/](https://www.polarstern-energie.de/magazin/artikel/rebound-effekte-energieeffizienz/)
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. (22. 11 2021). *Bundesregierung.de*. Von Generationenvertrag für das Klima: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>

- Prognos. (10. 03 2020). *Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050*. Von www.bmwi.de:
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/klimagutachten.html>
- Scon-Marketing GmbH. (26. 11 2021). *Kosten einer Photovoltaikanlage in 2021*. Von solaranlagen-portal.de: <https://www.solaranlagen-portal.de/photovoltaik/preis-solar-kosten.html>
- Springer Fachmedien München GmbH. (2019). *Beispiel DPD Mikrodepot Konstanz*. Von www.verkehrsrundschau.de: <https://www.verkehrsrundschau.de/nachrichten/dpd-setzt-in-konstanz-wechselbruecke-als-mikrodepot-ein-2424876.html>
- Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. (17. 12 2021). *Verkehrsleistung*. Von wirtschaftslexikon.gabler.de: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/verkehrsleistung-50262>
- Stadt Konstanz. (Dezember 2013). *Masterplan Mobilität Konstanz 2020+*. Von www.konstanz.de: https://www.konstanz.de/site/Konstanz/get/documents_E1555316054/konstanz/Dateien/Stadt%20gestalten/ASU/Verkehr/Mastrplan%20Mobilit%C3%A4t/Brosch%C3%BCre%20Masterplan%20Mobilit%C3%A4t.pdf
- Stadt Konstanz. (2016). *Integriertes Klimaschutzkonzept*. Von konstanz.de:
<https://www.konstanz.de/stadtwandel/konzepte+und+chronologie/integriertes+klimaschutzkonzept>
- Stadt Konstanz. (10 2018). *Beschlussvorlage ö - 2018-3554*. Von Konstanz:
<https://www.konstanz.sitzung-online.de/public/vo020?0--anlagenHeaderPanel-attachmentsList-4-attachment-link&VOLFDNR=1003749&refresh=false>
- Stadt Konstanz. (2018). *Energienutzungsplan Stadt Konstanz*. Konstanz.
- Stadt Konstanz. (August 2018). *Gewerbeflächenkonzept Konstanz*. Von www.konstanz.de:
https://www.konstanz.de/site/Konstanz/get/documents_E-1769811508/konstanz/Dateien/Stadt%20gestalten/ASU/Gewerbefl%C3%A4chenkonzept.pdf
- Stadt Konstanz. (2018). *Handlungsprogramm Wohnen*. Von konstanz.de:
<https://www.konstanz.de/start/stadt-gestalten/handlungsprogramm-wohnen.html>
- Stadt Konstanz. (2019). *Handlungsprogramm Freiraum*. Von www.konstanz.de:
https://www.konstanz.de/start/service/aus+der+vorhabenliste_+handlungsprogramm+freiraum.html:
https://www.konstanz.de/start/service/aus+der+vorhabenliste_+handlungsprogramm+freiraum.html
- Stadt Konstanz. (2019). *Handlungsprogramm Wirtschaft 2030*. Von konstanz.de:
<https://www.konstanz.de/start/wirtschaftsfoerderung/handlungsprogramm+wirtschaft+2030.html>
- Stadt Konstanz. (Feb. 2019). *Handlungsprogramm Wirtschaft 2030*. Von www.konstanz.de:
https://www.konstanz.de/site/Konstanz/get/documents_E1690011099/konstanz/Dateien/Wirtschaft%20und%20Wissenschaft/HP%20Wirtschaft%20Brosch%C3%BCre%20Teil%20I.pdf

1042146670/konstanz/Dateien/Leben%20in%20Konstanz/Konstanz%20in%20Zahlen/Stadteilprofile%202021%20-%20Statistiken%20Kennzahlen%20Stadtteile%20im%20Vergleich%20-%20Statistik-Bericht%2002_2021.pdf

Stadt Konstanz. (26. 11 2021). *Offene Daten Konstanz*. Von offenedaten-konstanz.de:

<https://offenedaten-konstanz.de/dataset/bico2-bilanzierung>

Stadt Konstanz. (31. 03 2021). *Schnelle Absenkung der Treibhausgasemissionen bis 2035*. Von [konstanz.de](https://www.konstanz.de):

<https://www.konstanz.de/service/pressereferat/pressemitteilungen/gemeinderat+beschliesst+klima-plus-szenario>

Stadt Konstanz. (24. 11 2021). *Verkehrsplanung*. Von [konstanz.de](https://www.konstanz.de):

<https://www.konstanz.de/stadt+gestalten/verkehrsplanung/>

Statista. (22. 01 2021). *Kaufkraft je Einwohner nach Bundesländern im Jahr 2021*. Von [statista.de](https://de.statista.de):

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168591/umfrage/kaufkraft-nach-bundeslaendern/>

Statista GmbH. (29. 11 2021). *Anteil der Elektroautos am Bestand der Personenkraftwagen in Deutschland von 2011 bis 2021*. Von [statista.de](https://de.statista.de):

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/784986/umfrage/marktanteil-von-elektrofahrzeugen-in-deutschland/>

Statista GmbH. (25. 08 2021). *Entwicklung des CO₂-Emissionsfaktors für den Strommix in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2020*. Von [statista.de](https://de.statista.de):

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strommix-in-deutschland-seit-1990/#:~:text=Im%20Jahr%202020%20wurde%20der,noch%20764%20Gramm%20pro%20Kilowattstunde.>

Statistisches Bundesamt. (29. 11 2021). *Unfallatlas*. Von unfallatlas.statistikportal.de:

<https://unfallatlas.statistikportal.de/#>

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2020). www.statistik-bw.de / *Einwohnerzahl BW*.

Abgerufen am 30. 03 2021 von <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2021014>

Strukturkonzept Unterlohn. (Mai 2020). Von https://www.konstanz.de/site/Konstanz/get/documents_E-315305562/konstanz/Dateien/Stadt%20gestalten/ASU/Bauleitpl%C3%A4ne/Unterlohn,%207.%C3%84_2.amtl.%20Bekanntmachung/10_Structurkonzept.pdf

Südkurier. (29. 04 2021). *Der Weg ist frei für ein neues Quartier in Petershausen: Am Weiherhof sollen über 140 Wohneinheiten gebaut werden*. Von [suedkurier.de](https://www.suedkurier.de):

<https://www.suedkurier.de/region/kreis-konstanz/konstanz/der-weg-ist-frei-fuer-ein-neues-quartier-in-petershausen-am-weiherhof-entstehen-ueber-140-neue-wohneinheiten;art372448,10796648>

TEAG. (21. 10 2021). (N. Lehr, Interviewer)

- Teamwerk-Architekten. (2021). *Studie "Mehrräume"*. Von https://wm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-wm/intern/Dateien_Downloads/Bauen/Fertige_Studie_Mehrraum.pdf
- Third Place Living - Zukunftsinstitut*. (2020). Von <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/third-place-living-die-stadt-als-wohnlandschaft/>
- TU Dresden. (13. 03 2020). *Was sich zeigt. Präsentation und Diskussion der Ergebnisse des SrV 2018*. Von [tu-dresden.de: https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/SrV2018_Ergebnispraesentation.pdf?lang=de](https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/SrV2018_Ergebnispraesentation.pdf?lang=de)
- TU Dresden. (05. 05 2021). *Sunderauswertung zum Forschungsprojekt - Mobilität in Städten*. Von [tu-dresden.de: https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/SrV2018_Staedtevergleich.pdf?lang=de](https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/SrV2018_Staedtevergleich.pdf?lang=de)
- ub.de Fachwissen GmbH. (30. 11 2021). *Direktvermarktung von Solarstrom*. Von [solaranlage.eu: https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/montage-inbetriebnahme/netzanschluss-einspeisung/direktvermarktung](https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/montage-inbetriebnahme/netzanschluss-einspeisung/direktvermarktung)
- Umweltbundesamt. (2019). *secure.umweltbundesamt.at*. Abgerufen am 30. 03 2021 von <https://secure.umweltbundesamt.at/co2mon/co2mon.html>
- Umweltbundesamt. (2020). *Entwicklung der spezifischen Kohlenstoffdioxidemissionen in den Jahren 1990 - 2019*. Abgerufen am 19. 05 2021 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-01_climate-change_13-2020_strommix_2020_fin.pdf
- Umweltbundesamt. (05 2021). *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2020*. Von [umweltbundesamt.de: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-7](https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-7)
- Umweltbundesamt. (21. 06 2021). *Umweltbundesamt.de*. Von Treibhausgasemissionen in Deutschland: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>
- Viessmann Climate Solutions Berlin GmbH. (21. 06 2021). *Heizwert oder Brennwert? - Worin sie sich unterscheiden*. Von [heizung.de: https://heizung.de/heizung/wissen/heizwert-brennwert-worin-liegt-der-unterschied/](https://heizung.de/heizung/wissen/heizwert-brennwert-worin-liegt-der-unterschied/)
- Volkswagen. (03. 12 2021). *Elektro-LKW: Nachhaltiger Antrieb für den Güterverkehr*. Von [volkswagen.de: https://www.volkswagen.de/de/elektrofahrzeuge/elektromobilitaet-erleben/e-mobilitaet/elektro-lkw-nachhaltiger-antrieb-fuer-den-gueterverkehr.html](https://www.volkswagen.de/de/elektrofahrzeuge/elektromobilitaet-erleben/e-mobilitaet/elektro-lkw-nachhaltiger-antrieb-fuer-den-gueterverkehr.html)