



Wir machen
Klimastädte

Potenzialstudie

für Energieeffizienzsteigerungen, den Einsatz erneuerbarer Energien und Energiespeicher-Lösungen im Quartier Deichhaus“

Abschlussbericht

Rev. 2

Bottrop, den 24. Oktober 2023

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	1
1.1	NATIONALE KLIMASCHUTZZIELE UND SZENARIEN	1
1.2	AUSGANGSLAGE FÜR DIE STADT SIEGBURG.....	3
1.3	DAS PLANGEBIET DEICHHAUS IN SIEGBURG.....	3
1.4	ZIELSETZUNGEN DER POTENZIALSTUDIE	4
2	VORBEREITUNG (AP1).....	5
2.1	GESPRÄCHE MIT RELEVANTEN ANKERAKTEUREN IM QUARTIER	5
2.2	VOR-ORT BEGEHUNG DES QUARTIERS	6
3	DATENAUFNAHME VOR ORT & POTENZIALANALYSE (AP2)	8
3.1	SIEDLUNGS- UND GEBÄUDESTRUKTUR.....	9
3.2	BAUALTERSKLASSEN DER WOHNGEBÄUDE IM QUARTIER.....	10
3.3	ENDENERGIEBEDARFE DER WOHNGEBÄUDE IM QUARTIER IM IST-ZUSTAND	11
3.4	ENDENERGIEBEDARFE & CO ₂ -EINSPARPOTENZIALE DER WOHNGEBÄUDE IM SANIERTEN ZUSTAND.....	12
4	BERECHNUNGEN (AP3).....	17
4.1	WOHNGEBÄUDE (GEBÄUDESTECKBRIEFE).....	18
4.2	NICHTWOHNGEBÄUDE.....	21
5	ERZEUGUNG (AP4).....	35
6	VERSORGUNG (AP5).....	43
6.1	EINLEITUNG	43
6.2	WÄRMEVERSORGUNGSKONZEPT	47
6.3	GRUNDLAGEN	49
6.4	SIMULATION DER KONZEPTVARIANTEN	49
6.5	KOSTENRAHMEN UND FÖRDERMITTEL	53
6.6	ERGEBNIS UND ZUSAMMENFASSUNG	57
7	QUARTIERSBILANZ (AP6).....	58
8	FAZIT UND AUSBLICK	62
	ANHANG	I

1 Einleitung

Im für die Stadt Siegburg im Jahr 2018 erstellten Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzept (IKKK) wurden bereits ambitionierte Klimaschutzziele definiert. Seit 2021 gehen die Pläne der Bunderegierung zur CO₂-Reduktion einen Schritt weiter, wodurch diese Pläne auch für die Ziele zur CO₂-Reduktion auf kommunaler Ebene relevant sind.

1.1 Nationale Klimaschutzziele und Szenarien

Durch das im Sommer 2021 in Kraft getretene Klimaschutzgesetz (KSG) wurde beschlossen, dass die Treibhausgasemissionen Deutschlands bis 2030 im Vergleich zu 1990 um 66 bis 67 % und bis 2040 um 88 % gesenkt werden sollen. Bis 2045 soll Deutschland treibhausgasneutral werden.

Der Gebäudesektor hat hier einen entscheidenden Einfluss. Aus diesem Grund beinhaltet das Gebäudeenergiegesetz (GEG) Vorgaben die sowohl bei der Sanierung als auch bei dem Neubau von Gebäuden eingehalten werden müssen. Für den Gebäudesektor sind in diesem Zusammenhang die Regularien der Bundesförderung für energieeffiziente Gebäude (BEG) von besonderer Relevanz, da die Ausrichtung der Fördermöglichkeiten einen starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Investitionen hat.

Um die im KSG verankerten Ziele einzuhalten ist es in Bezug auf den Gebäudesektor notwendig einerseits die Anzahl der installierten Wärmepumpen zu erhöhen und andererseits Wärmenetze auszubauen. Hinzu kommt, dass die Nutzung von gebäudezentraler Photovoltaik weiter stark zunehmen muss. Die in der Breite anerkannte Studie von Agora-Energiewende „Klimaneutrales Deutschland 2045“¹ geht davon aus, dass im Jahr 2030 bereits 6 Millionen Wärmepumpen installiert sein werden und sich die Zahl bis 2045 auf über 14 Millionen erhöht, um die Ziele zu erreichen.

Die folgende Abbildung 1 zeigt die in der Studie berechnete Struktur von Wärmeerzeugungsanlagen für die Bereitstellung von Raumwärme. Es ist deutlich zu erkennen, dass Wärmepumpen in Zukunft die maßgeblichen Wärmeerzeuger sein werden. Auch der notwendige Ausbau von Wärmenetzen ist zu erkennen.

¹Agora Energiewende / Agora Verkehrswende (2021), [Klimaneutrales Deutschland 2045 \(agora-verkehrswende.de\)](https://www.agora-verkehrswende.de)

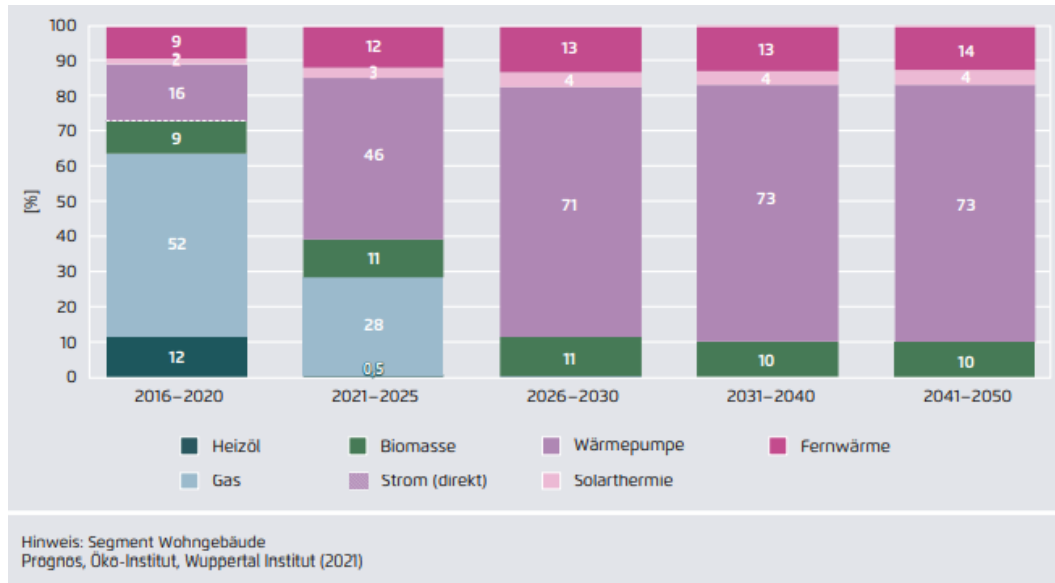


Abbildung 1: Struktur Wärmeerzeuger bis 2050 (Raumwärme)¹

Der ansteigende Stromverbrauch für die Wärmeversorgung setzt voraus, dass die installierte Leistung von erneuerbaren Energien stark erhöht werden muss, um den Klimazielen gerecht zu werden. In diesem Zusammenhang spielt aus – Energiesystem-Sicht – dezentrale Stromerzeugung eine große Rolle. Abbildung 2 zeigt die erforderliche Entwicklung der installierten Leistung erneuerbarer Energien.

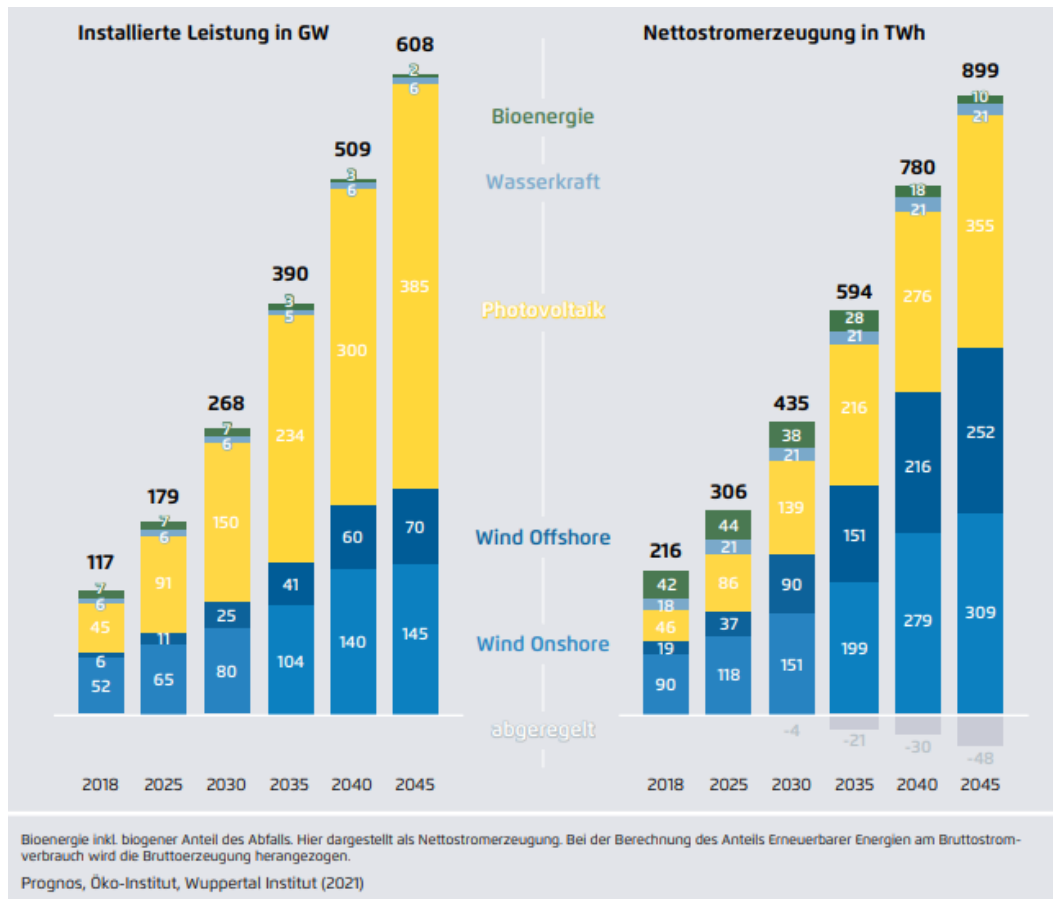


Abbildung 2: Erneuerbare Energien, installierte Leistung bis 2045¹

Für den Gebäudesektor bedeutet die Entwicklung, dass vor allem potenzielle Dachflächen mit Photovoltaik-Anlagen ausgerüstet werden müssen. Zudem wird der gebäudeintegrierten Photovoltaik eine immer größere Rolle zukommen.

1.2 Ausgangslage für die Stadt Siegburg

Aktuelle Entwicklungen tragen zu einem starken Anstieg der Energiekosten bei. Weiterhin sind die Auswirkungen des Klimawandels aktuell schon zu spüren, wobei die Auswirkungen zukünftig weiter zunehmen werden. Für die Stadt Siegburg trägt eine nachhaltige Energieversorgung nicht nur zur Verlangsamung des Klimawandels bei, sondern auch zur Sicherung der Wirtschaft und des sozialen Friedens.

Die Stadt Siegburg plant in diesem Kontext unter dem Schlagwort „Soziale Klimaquartiere“ über quartiersbezogene Ansätze den Energieverbrauch sowie die CO₂-Emissionen im Gebäudereich zu senken. Hierfür ist die Transformation des Energiesystems hin zur Nutzung von hohen Anteilen an erneuerbaren Energien ein wichtiger Baustein.

1.3 Das Plangebiet Deichhaus in Siegburg

Das Programm „Soziale Klimaquartiere Siegburg“ basiert auf den Erfahrungen aus dem Klimaquartier Brückberg. Auf Quartiersebene sollen hier Maßnahmen zur energetischen

Sanierung von Bestandsgebäuden sowie Ansätze zur quartiersbezogenen Energieversorgung über erneuerbare Energien (Wärme und Strom) konzipiert und schließlich umgesetzt werden. Als weiteres Potenzialquartier auf dem Siegburger Stadtgebiet wurde in diesem Kontext das „**Soziale Klimaquartier Deichhaus**“ identifiziert, welches auf nachfolgender Karte nach derzeitigem Diskussionsstand über die eingezeichneten Grenzen als Plangebiet definiert ist, siehe Abbildung 3.



Abbildung 3: Plangebiet „Klimaquartier Deichhaus“ (Quelle: Stadt Siegburg, Darstellung: ICM)

1.4 Zielsetzungen der Potenzialstudie

Ziel der Potenzialstudie ist es, **modellhafte Lösungen oberhalb der Objektebene** zu präsentieren, die über die Erhebung von Einsparpotenzialen durch Wärmedämmung, Fenstererneuerung oder die Vernetzung der Energieversorgung unter Nutzung herkömmlicher Energieträger deutlich hinausgehen. Dazu sollen für dieses Plangebiet erste Daten zum Einsatz erneuerbarer Energien, Energieeffizienzmaßnahmen und von Energiespeichern erhoben sowie erste Empfehlungen für technische Lösungen erarbeitet werden.

Nachfolgend wird der Begriff „Quartier“ gleichbedeutend mit dem Begriff „Plangebiet“ verwendet.

2 Vorbereitung (AP1)

Im AP1 wurden primär vorbereitende Arbeiten durchgeführt. Dies waren insbesondere die Durchführung einer Interviewreihe mit relevanten Ankerakteuren im Quartier sowie eine Quartiersbegehung.

2.1 Gespräche mit relevanten Ankerakteuren im Quartier

Um den klimagerechten Stadtumbau zielgerichtet vorantreiben zu können ist die Einbindung von Ankerakteuren unerlässlich. Nur so können die unterschiedlichen Interessen und Ideen in das Gesamtkonzept integriert werden. Folgende Akteure wurden zu einem Gespräch eingeladen:

- Bürgerenergie Rhein Sieg e.G. – regionale Energiegenossenschaft
- Bürgergemeinschaft Deichhaus – sozialer, caritativer Schwerpunkt
- Rhein-Sieg Netz GmbH – u.a. Gasversorger, Stromnetzbetreiber (NS)
- AWO – hier: betreutes Wohnen, Werkstätten

Das Ziel der Gespräche bestand darin, herauszufinden wo die Kernkompetenzen der Akteure liegen, welche Maßnahmen im Zusammenhang mit klimagerechtem Stadtumbau für sinnvoll gehalten werden und welche Möglichkeiten es gibt, etwaige Maßnahmen umzusetzen. Zusätzlich konnten möglichen Kooperationen und der Bedarf an weitergehender Unterstützung diskutiert werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Ausrichtungen der Akteure, konnte ein breites Spektrum an Informationen gesammelt werden. So bietet zum Beispiel die Bürgergemeinschaft Deichhaus ihre Erfahrung als Multiplikator an, um die Menschen im Quartier zu informieren, zu vernetzen und „die richtigen Leute zusammenzubringen“. Diese Hilfe ist erforderlich, um die Kompetenzen der Bürgerenergie Rhein Sieg e.G. im Quartier zu platzieren. Hierunter fällt die genossenschaftliche Organisation für Photovoltaik, Mieterstrom und E-Mobilität. Auch als möglicher Contractor für Wärmelösungen kann die Bürgerenergie einen wichtigen Beitrag beim klimagerechten Stadtumbau leisten.

Beim Thema Maßnahmen und Umsetzung wurden seitens der o.g. Akteure nachfolgende Ideen geäußert:

- Erstellung von regionalen Handwerkerlisten
- Erweiterung von einem digitalen Wärmetlas zur Identifikation der langfristigen Strom- und Wärmenetzplanung
- (Energie-) Beratung zu u.a. Sanierungsmaßnahmen, Fördermitteln und Photovoltaik
- Etablierung eines Energy Sharings im Quartier

Da das Quartier sowohl vom Sozialwohnungsbau als auch vom soliden Mittelstand geprägt ist, liegt die Herausforderung darin, für alle Bewohner entsprechende Maßnahmen zu formulieren. Darunter fallen zum Beispiel günstige Balkonkraftwerke, Heizungsmodernisierung bis hin zu aufwendigen Sanierungsmaßnahmen. Insbesondere finanzielle Anreize und die Entwicklung von unterstützenden Instrumenten für Eigentümer wurden seitens der Akteure als essenziell

wichtig eingestuft. Gleichzeitig werden gesicherte und planbare Rahmenbedingungen seitens politischer Gesetzgebung auf kommunaler, Landes- und Bundesebene gefordert.

2.2 Vor-Ort Begehung des Quartiers

Im Rahmen des Kickoffs-Termins fand am 21.02.2023 eine Quartiersbegehung statt. In Begleitung von Vertretern der Stadt Siegburg und der Bürgergemeinschaft Deichhaus wurden drei Areale begangen, siehe auch Abbildung 4 und Abbildung 5:

1. Im **Bereich um die Hans Alfred Keller-Schule** herum befinden sich diverse kommunale und nicht-kommunale Nichtwohngebäude (Schulen, KiTas, Jugendzentrum, Kirche, Bürogebäude, Asylunterkunft) sowie Wohnbebauung. Die Gebäude in diesem Areal weisen vereinzelt einen hohen energetischen Sanierungsbedarf auf. Weiterhin bietet das Areal günstige Voraussetzungen für eine quartiersbezogene Energieversorgung (viele kommunale Nichtwohngebäude, (aktuell) hoher Wärmebedarf der Gebäude)
2. Das **Musikerviertel** ist geprägt von Mehrfamilienhäusern der 60er und 70er Jahre und weist einen hohen bis sehr hohen energetischen Sanierungsbedarf auf.
3. Der **sog. AWO-Campus** weist einen geringen bis moderaten energetischen Sanierungsbedarf auf. Quartierbezogene Ansätze zur Energieversorgung können jedoch im Zusammenhang mit geplanten Neubauvorhaben der AWO betrachtet werden.

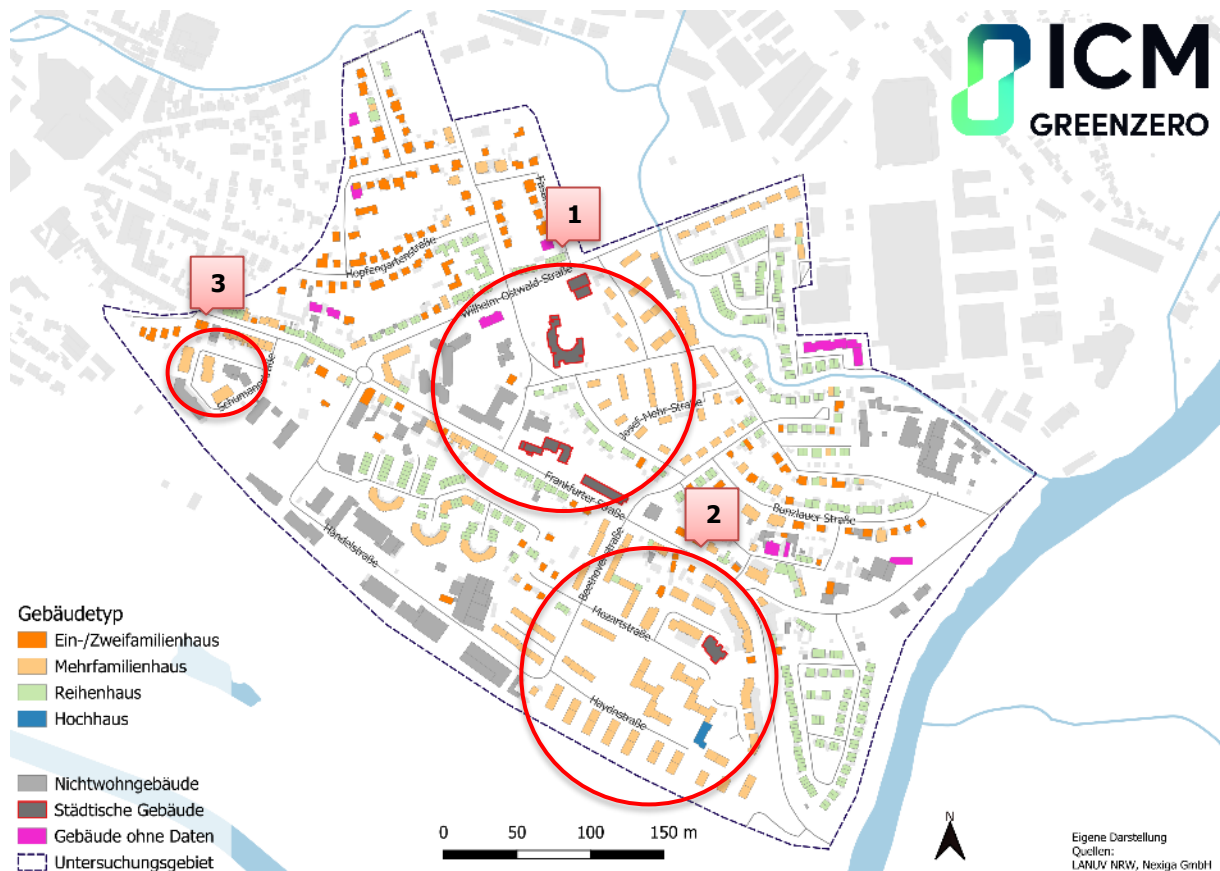


Abbildung 4: Quartiersbegehung im „Klimaquartier Deichhaus“ (Darstellung: ICM)



RH, Wilhelm-Ostwald-Straße (1)



Hans Alfred Keller-Schule,
Chemie-Faser-Allee (1)



Jugendzentrum Deichhaus und KiTa Deichhaus-Küken,
Frankfurter Straße (1)



Kirche Sankt Elisabeth, Pfarrer-Frey-Platz (1)



MFH, Haydnstraße (2)



MFH, Haydnstraße (2)



MFH, Beethovenstraße (2)



KiTa Deichmäuse, Schubertstraße (2)



AWO-Campus, Schumannstraße (3)



AWO-Campus, Schumannstraße (3)

Abbildung 5: Fotos der Quartiersbegehung vom 21. Februar 2023

3 Datenaufnahme vor Ort & Potenzialanalyse (AP2)

Bestandteil des AP2 war unter anderem die Datenaufnahme (Verbrauchsdaten und Gebäudebegehung) der in AP3 weitergehend untersuchten kommunalen Nichtwohngebäude. Die Auswertung der Energieverbräuche bzw. Bedarfe der Wohngebäude und kommunalen Nichtwohngebäude erfolgt in Kapitel 7 (AP6).

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Potenzialuntersuchungen zum IST-Zustand in Potenzialkarten dargestellt. Diese umfassen siedlungstypologische und baustrukturelle Voraussetzungen im Quartier. Weiterhin werden die Wärmebedarfe der Wohngebäude im IST-Zustand sowie für die zwei Sanierungsvarianten der Gebäudetypologie des IWU dargestellt. Daraus werden schließlich CO₂-Einsparpotenziale im Vergleich zum IST-Zustand errechnet.

Relevante industrielle Abwärmepotenziale wurden im Rahmen der Studie im Quartier Deichhaus nicht ermittelt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass für die Siegwirk Druckfarben AG & Co. KGaA (im Norden, außerhalb der Quartiersgrenze verortet) im Wärmekataster des LANUV² ein Abwärmepotenzial ausgewiesen wird. Bezüglich weitergehender Untersuchungen zu relevanten Abwärmepotenzialen wird auf nachfolgende Konzepte bzw. Studien verwiesen.

² Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV): https://www.energieatlas.nrw.de/site/planungskarte_waerme

3.1 Siedlungs- und Gebäudestruktur

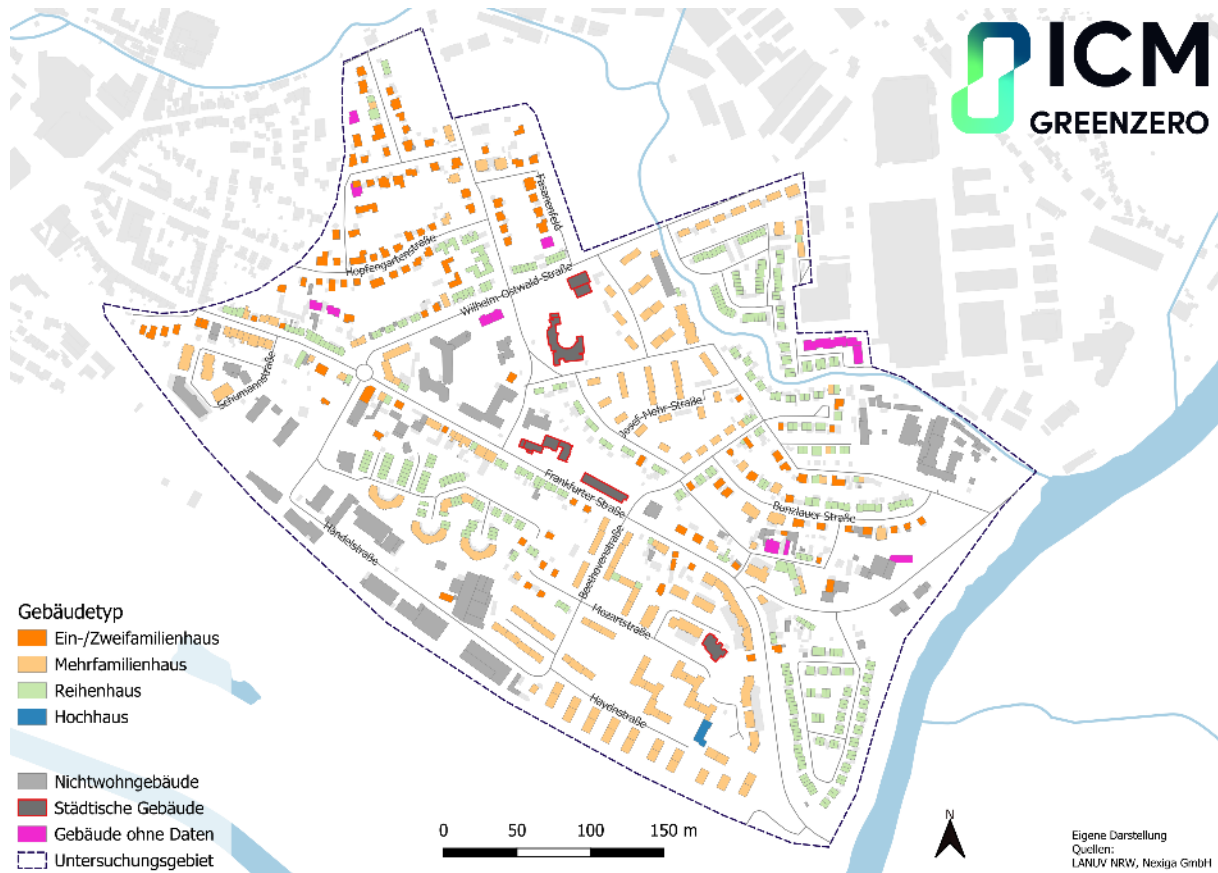


Abbildung 6: Siedlungs- und Gebäudestruktur: Wohngebäude, Nichtwohngebäude/ kommunale Gebäude

Die Quartiersstruktur im Hinblick auf Wohn- und Nichtwohngebäude in Abbildung 6 zeigt, dass die Nichtwohngebäude im Ost, Westen und zentral im Quartier verortet sind. Kommunale Nichtwohngebäude sind überwiegend zentral um die Hans Alfred Keller-Schule herum lokalisiert.

Die Verteilung der Gebäudetypen der Wohnbebauung ist in Teilbereichen homogen, wobei vom Einfamilienhaus bis zum großen Mehrfamilienhaus alle Gebäudetypen im Quartier vertreten sind.

3.2 Baualtersklassen der Wohngebäude im Quartier

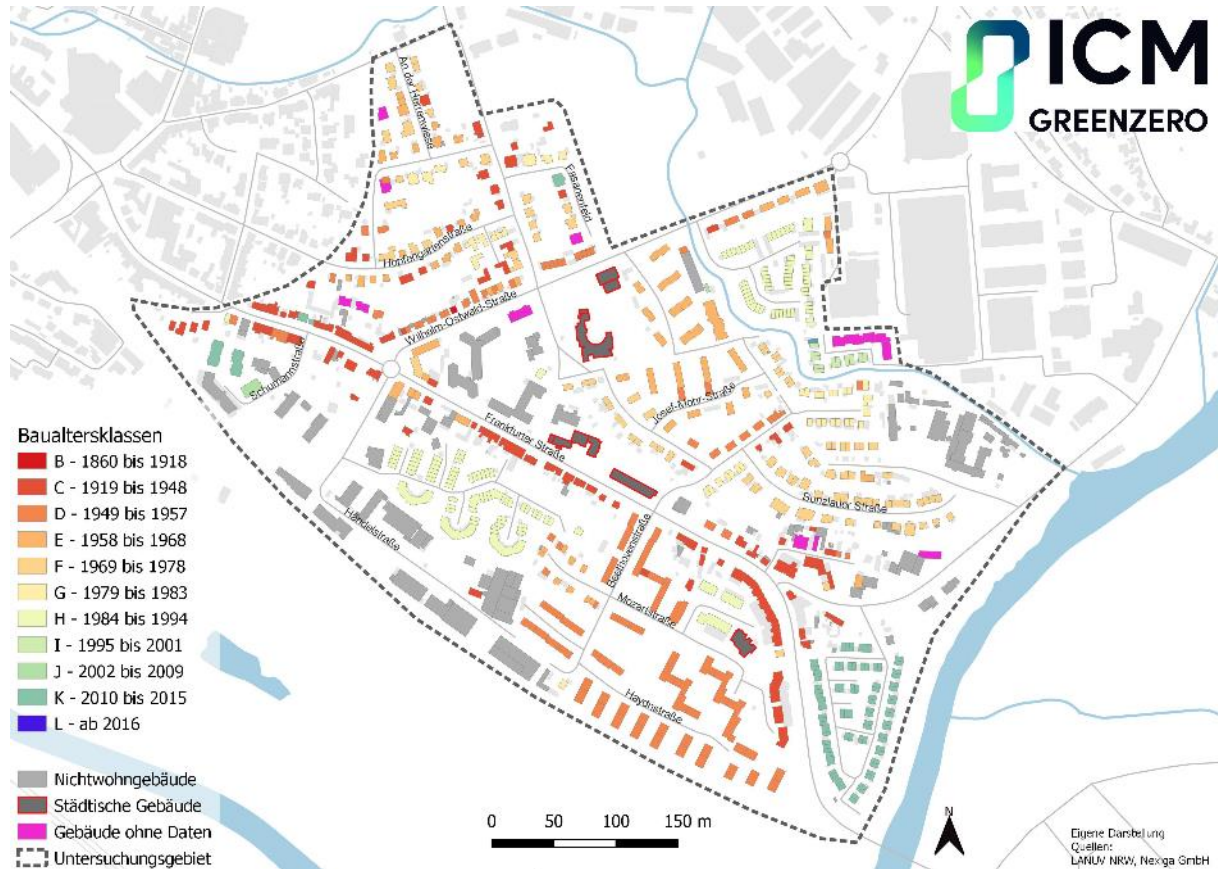


Abbildung 7: Verteilung der Baualtersklassen der Wohngebäude im Quartier

Die Baualtersklassen (BAK), nach der Gebäudetypologie des IWU³, im Quartier sind in Teilbereichen homogen, siehe Abbildung 7. Entlang der Frankfurter Straße sind viele BAK der Klasse C zu verorten. Die Gebäude im sog. Musikerviertel sind überwiegend aus der BAK D. Die Ein- und Zweifamilienhäuser, Reihenhäuser und Mehrfamilienhäuser im Zentrum, im Osten sowie im Norden des Quartiers sind straßenweise überwiegend BAK E, F, G und H zuzuordnen. Ein größeres Areal mit Gebäude der BAK H ist im Bereich der Brucknerstraße zu finden. Die neusten Gebäude im Quartier mit der BAK K befinden sich in einem Neubaugebiet in der Deichhaus-Aue.

³ Institut für Wohnen und Umwelt (IWU): „TABULA“, <https://www.iwu.de/forschung/gebäudebestand/tabula/>,

3.3 Endenergiebedarfe der Wohngebäude im Quartier im IST-Zustand

Die gebäudescharfe Analyse des Wohngebäudebestands und die Ermittlung der Endenergiebedarfe erfolgte auf Grundlage der vorliegenden Informationen zu den Gebäudetypen und Baualtersklassen⁴ sowie einer entsprechenden Zuordnung zu Kennwerten aus der Deutschen Wohngebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) hinsichtlich spezifischer Wärmebedarfe unterschiedlicher Typgebäude⁵.

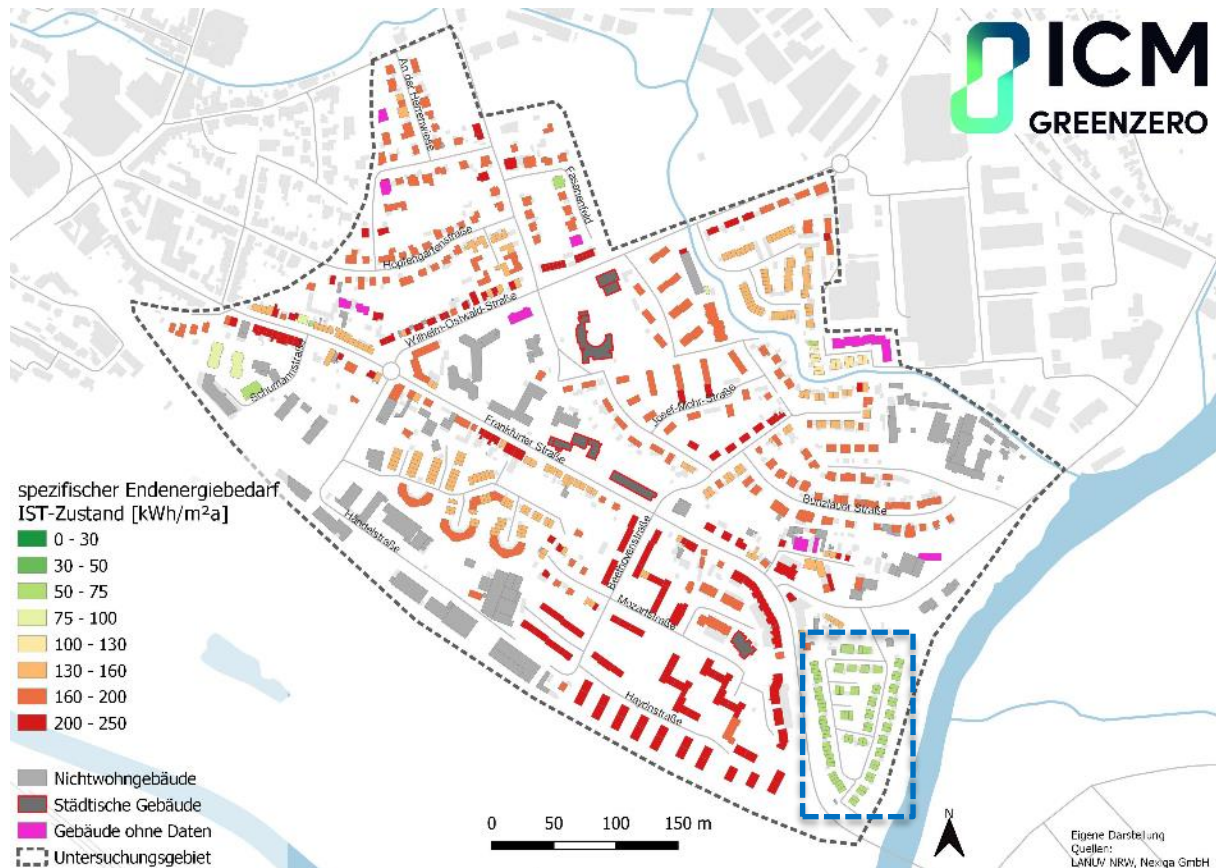


Abbildung 8: Wohngebäude - Wärmebedarf, spezifisch (IST-Zustand)

Die Analyse des derzeitigen Endenergiebedarfs (IST-Zustand) von Wohngebäuden für Raumwärme und Trinkwarmwasser ist die Grundlage für die spätere Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen. Das Wärmekataster in Abbildung 8 zeigt grafisch die Endenergiebedarfe in Gruppen von < 30 bis 250 kWh/m²a auf. Die Einteilung der Bedarfswerte (hier, für den IST-Zustand unten im Bericht ebenfalls für die sanierten Zustände) ist angelehnt an den offiziellen Effizienzklassen A bis H für Gebäude. Somit können auf Basis dieser Darstellung spätere Handlungsempfehlungen im Hinblick auf die energetische Gebäudesanierung abgeleitet werden.

⁴ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) bzw. Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen, Raumwärmebedarfsmodell NRW & Nexiga GmbH

⁵ Institut für Wohnen und Umwelt (IWU): „TABULA“, <https://www.iwu.de/forschung/gebäudebestand/tabula/>, Anpassung auf die Klimaregion 5 (Essen) nach DIN V 18599-10; weiterhin erfolgt eine Kalibrierung hin zu typischen Verbrauchswerten auf Basis der in TABULA bereitgestellten Berechnungsmethodik.

Für einzelne Typgebäude im Quartier Deichhaus sind zudem Energiekonzepte in Form von Gebäudesteckbriefen erstellt worden, nähere Informationen dazu sind in Kapitel 4.1 zu finden.

Der spezifische Wärmebedarf der Gebäude ist insbesondere bei den großen Mehrfamilienhäusern im Süden des Quartiers (160 bis 200 kWh/m²a) hoch. Bei den Ein- und Mehrfamilienhäusern sind unsanierte/teilsanierte Gebäudebestände im Nordwesten, Zentrum und Süden des Quartiers erkennbar (130 bis 200 kWh/m²a). Das mit Nahwärme versorgte Neubaugebiet im Süden ist gut über die niedrigen spezifischen Endenergiebedarfe von ca. 50 bis 70 kWh/m²a erkennbar (Deichhaus-Aue, blaue Markierung).

In Summe beträgt der errechnete absolute Endenergiebedarf aller Wohngebäude im Quartier für Raumwärme und Trinkwarmwasser im IST-Zustand ca. 29.000 MWh/a. Der hier errechnete Endenergiebedarf stellt eine theoretische Größe dar. Bereits erfolgte energetische Sanierungen einzelner Gebäude konnten nicht im vollen Umfang erfasst werden, wodurch sich etwaige Abweichungen zum tatsächlichen Endenergieverbrauch der Wohngebäude ergeben können.

3.4 Endenergiebedarfe & CO₂-Einsparpotenziale der Wohngebäude im Quartier im sanierten Zustand

Die energetische Sanierung des Wohngebäudebestands umfasst eine Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle (Außenwände, Fenster, Dach/oberste Geschossdecke, Kellerdecke) sowie die Sanierung der Heizungssystems der Gebäude (Wärmeerzeugung für Raumwärme und Trinkwarmwasser, Wärmespeicherung-, -verteilung und -übergabe). In der Folge sinken der Endenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen der Gebäude.

Neben den spezifischen Endenergiebedarfen für den IST-Zustand (siehe oben) sind in der IWU-Gebäudetypologie zudem Einsparpotenziale auf Grundlage unterschiedlicher Modernisierungspakete beschrieben.

Das **Modernisierungspaket 1 (MOD 1)** stellt die Standardvariante dar. Sie umfasst die Dämmung des Dachs bzw. der oberen Geschossdecke, die Dämmung der Außenwand, den Einbau einer 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung sowie die Dämmung der Kellerdecke. Die Maßnahmen an der Gebäudehülle orientieren sich in etwa an den Vorgaben des GEG (2020). Weiterhin umfasst MOD 1 Sanierungsmaßnahmen an der Anlagentechnik der Gebäude. Es wird jeweils eine Luft-Wasser-Wärmepumpe sowie eine Abluftanlage in den Berechnungen berücksichtigt.

Das **Modernisierungspaket 2 (MOD 2)** ist die zukunftsweisendere Sanierungsvariante. Sie umfasst die Dämmung des Dachs bzw. der oberen Geschossdecke, die Dämmung der Außenwand, den Einbau einer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung sowie die Dämmung der Kellerdecke. Jedoch orientiert sich der Wärmeschutz der Bauteile an den wesentlich höheren Vorgaben der BEG⁶ in Bezug auf Einzelmaßnahmen an den Bauteilen. Sanierungsmaßnahmen an

⁶ Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG): https://www.energiewechsel.de/KAENEFF/Redaktion/DE/PDF-Anlagen/BEG/bundesfoerderung-f%C3%BCr-effiziente-gebäude-einzelmaßnahmen-20221209.pdf?__blob=publicationFile&v=1

der Anlagentechnik des jeweiligen Gebäudes umfassen den Einbau einer Sole-Wasser-Wärmepumpen, eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sowie eine Photovoltaikanlage auf der Hälfte der verfügbaren Dachfläche⁷.

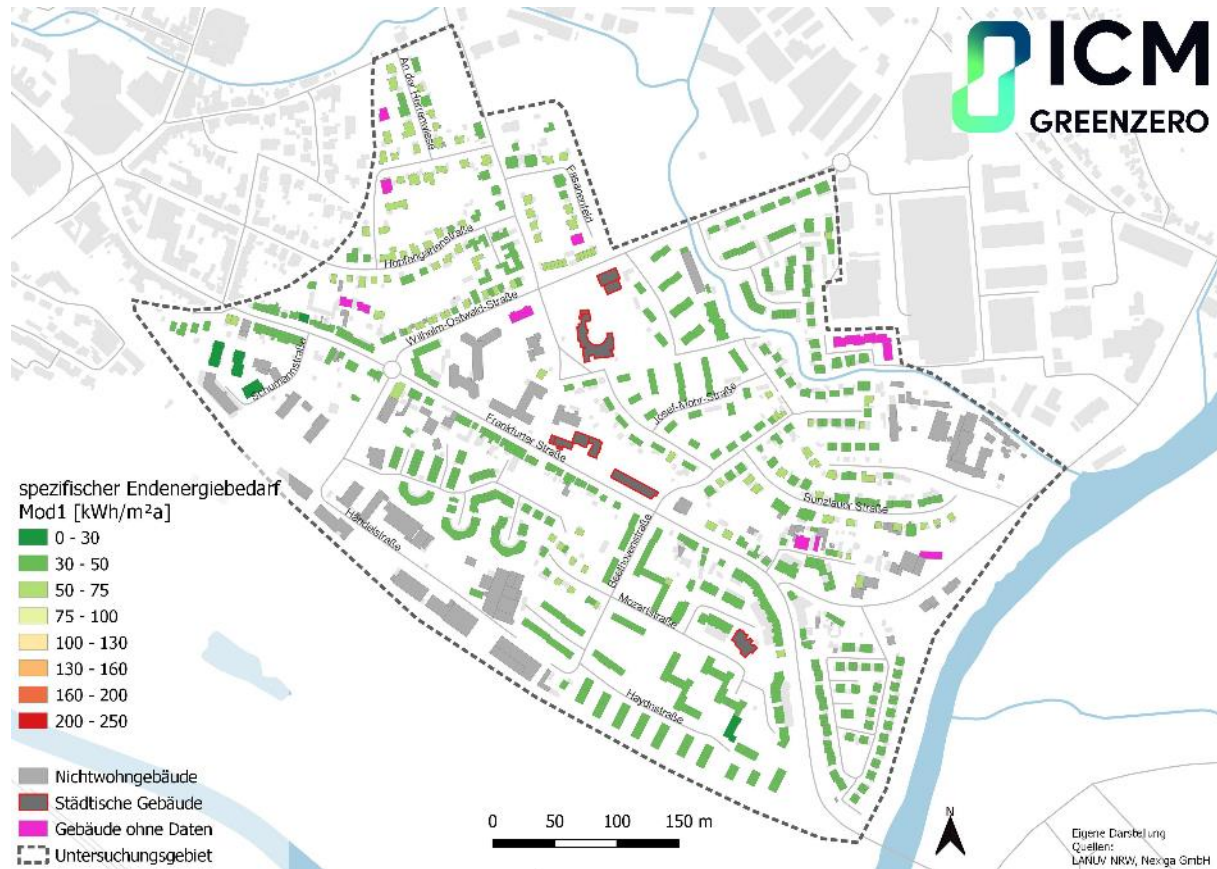


Abbildung 9: Wohngebäude - Wärmebedarf, spezifisch (MOD1)

In der Variante MOD 1 (siehe Abbildung 9) ergeben sich die spezifischen Endenergiebedarfe der Wohngebäude im Quartier je nach Gebäudetyp zwischen ca. **30 und 75 kWh/m²a**. Kleine Gebäude wie Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Reihenhäuser erreichen z. T. nur Endenergiebedarfe im Bereich **50 bis 75 kWh/m²a**. Dies kann unter anderen bautechnisch mit den ungünstigeren A/V-Verhältnis dieser Gebäudetypen begründet werden. Mehrfamilienhäuser erreichen größtenteils geringere spezifische Endenergiebedarfe zwischen ca. **30 und 50 kWh/m²a**.

In Summe beträgt der errechnete theoretische absolute Endenergiebedarf aller Wohngebäude im Quartier für Raumwärme und Trinkwarmwasser für die Sanierungsvariante MOD 1 ca. **7500 MWh/a**. Dies entspricht einer Reduktion um **74 % im Vergleich zum IST-Zustand**. Das tatsächliche Einsparpotenzial kann hierbei aufgrund ggf. bereits realisierter energetischer

⁷ Vorgabe aus Institut für Wohnen und Umwelt (IWU): „TABULA“, <https://www.iwu.de/forschung/gebäudebestand/tabula/>. Anmerkung: In der Studie wurde somit die Annahme getroffen, dass die zweite Dachhälfte nicht genutzt wird, da z.B. der Ertrag zu gering ist (Nordausrichtung / Verschattung) oder eine Optimierung hinsichtlich Eigenstromnutzung erfolgt.

Sanierungsmaßnahmen, die im Detail nicht erfasst werden konnten, (stellenweise) deutlich geringer ausfallen.

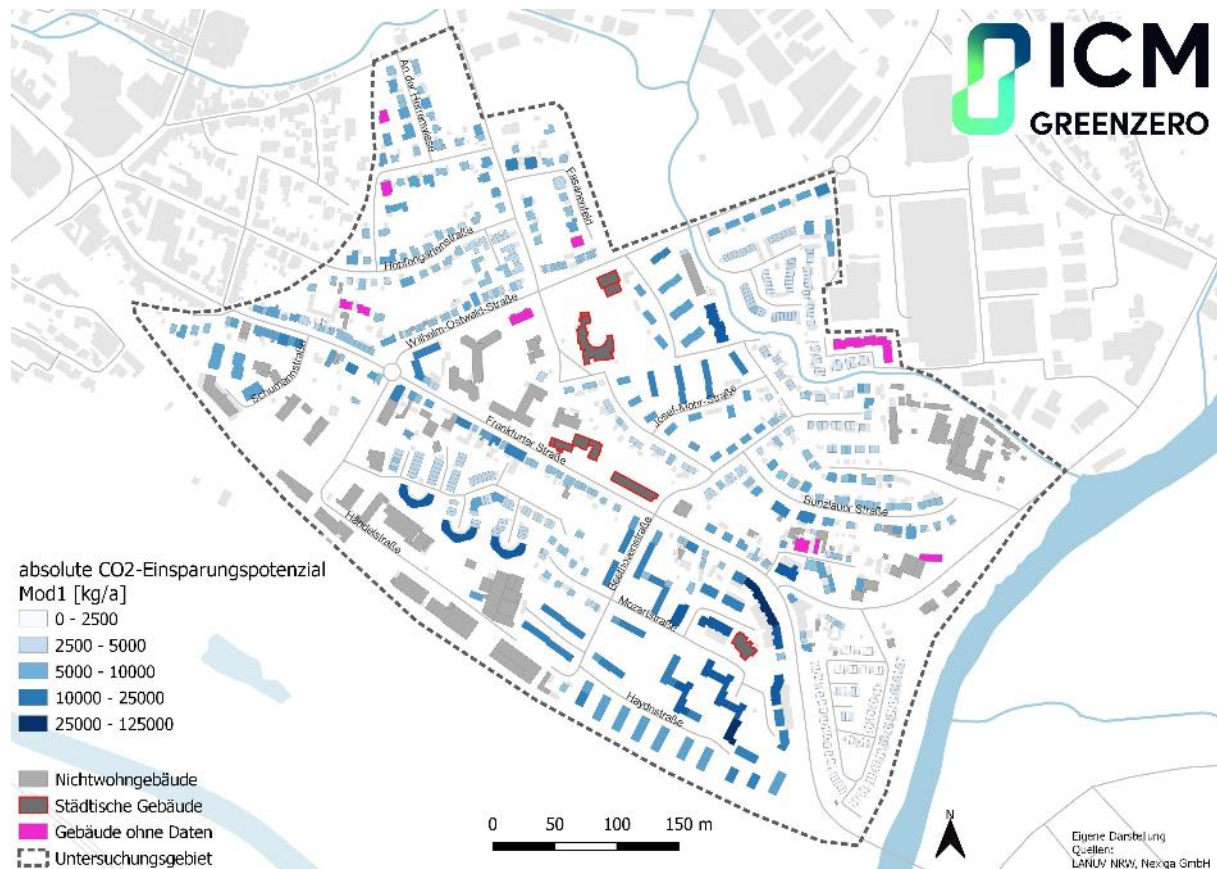


Abbildung 10: Absolutes CO₂-Einsparpotenzial je Gebäude (MOD1)⁸

Das absolute CO₂-Einsparpotenzial für MOD1 ist in Abbildung 10 dargestellt. Hohe absolute Einsparpotenziale ergeben sich insbesondere bei den Mehrfamilienhäusern im Quartier. Kleine Gebäude wie Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Reihenhäuser haben zwar spezifisch ein hohes Einsparpotenzial an Endenergie, was aber aufgrund der geringen beheizten Gebäudeflächen nur zu geringen absoluten CO₂-Einsparpotenzialen führt.

⁸ CO₂-Emissionsfaktoren Erdgas nach: <https://www.tga-fachplaner.de/meldungen/behg-ebv-2030-amtliche-emissionsfaktoren-fuer-die-co2-bepreisung-ab-2023> bzw. Emissionsberichterstattungsverordnung 2030, Anlage 2: https://www.gesetze-im-internet.de/ebv_2030/index.html

CO₂-Emissionsfaktoren Strom:

- Hilfsenergie, IST-Zustand nach GEG: https://www.gesetze-im-internet.de/geg/anlage_9.html
- Heizwärmeerzeugung + Hilfsenergie, MOD1+2, nach BAFA 2022: https://www.bafa.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Energie/eew_infoblatt_co2_faktoren_2022.pdf?blob=publicationFile&v=5

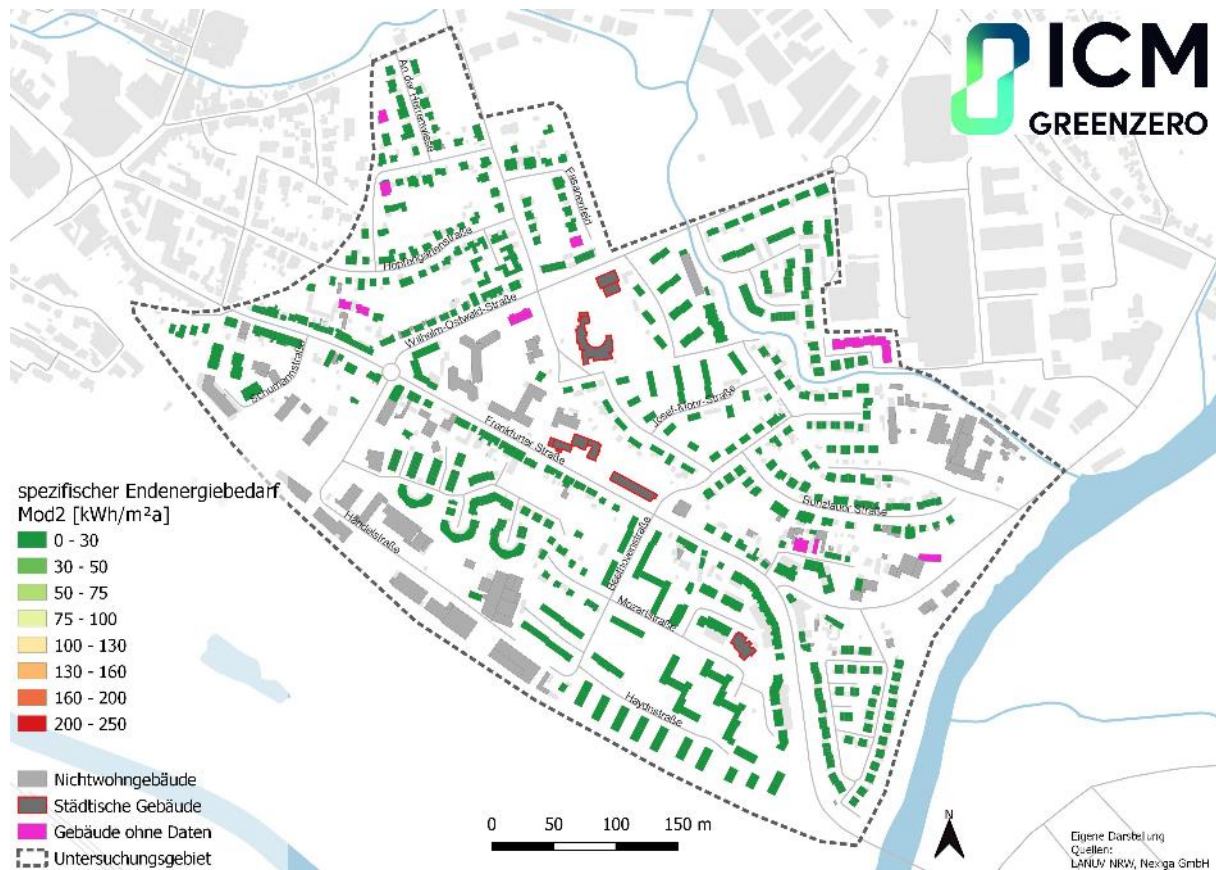


Abbildung 11: Wohngebäude - Wärmebedarf, spezifisch (MOD2)

In der Variante MOD 2 (siehe Abbildung 11) ergeben sich die spezifischen Endenergiebedarfe aller Wohngebäude im Quartier unter 30 kW/m²a.

In Summe beträgt der errechnete theoretische absolute Endenergiebedarf aller Wohngebäude im Quartier für Raumwärme und Trinkwarmwasser für die Sanierungsvariante MOD 2 ca. **3300 MWh/a**. Dies entspricht einer Reduktion um **88 % im Vergleich zum IST-Zustand**. Das tatsächliche Einsparpotenzial kann hierbei (wie auch bei MOD 1) aufgrund ggf. bereits realisierter energetischer Sanierungsmaßnahmen, die im Detail nicht erfasst werden konnten, (stellenweise) deutlich geringer ausfallen.

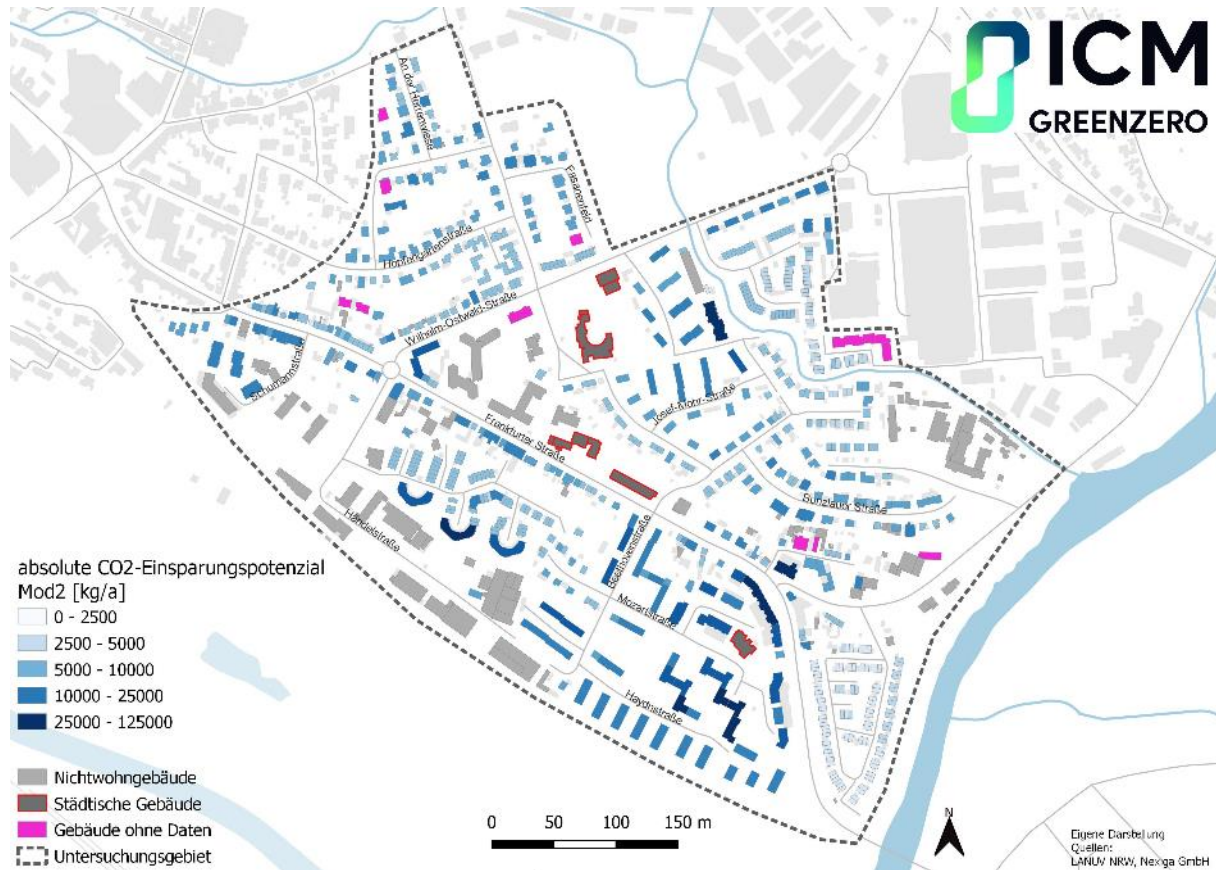


Abbildung 12: Absolutes CO₂-Einsparpotenzial je Gebäude (MOD2)⁹

Das absolute CO₂-Einsparpotenzial für MOD2 ist in Abbildung 12 dargestellt. Die Verteilung der absoluten Einsparpotenziale über die Gebäudetypen im Quartier ergibt sich analog zu MOD1, jedoch insgesamt mit höheren Werten. Hohe absolute Einsparpotenziale ergeben sich insbesondere bei den Mehrfamilienhäusern im Quartier. Kleine Gebäude wie Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Reihenhäuser haben zwar spezifisch ein hohes Einsparpotenzial an Endenergie, was aber aufgrund der geringen beheizten Gebäudeflächen **nur zu geringen absoluten CO₂-Einsparpotenzialen** führt.

⁹ CO₂-Emissionsfaktoren Erdgas nach: <https://www.tga-fachplaner.de/meldungen/behg-ebv-2030-amtliche-emissionsfaktoren-fuer-die-co2-bepreisung-ab-2023> bzw. Emissionsberichterstattungsverordnung 2030, Anlage 2: https://www.gesetze-im-internet.de/ebv_2030/index.html

CO₂-Emissionsfaktoren Strom:

- Hilfsenergie, IST-Zustand nach GEG: https://www.gesetze-im-internet.de/geg/anlage_9.html
- Heizwärmeerzeugung + Hilfsenergie, MOD1+2, nach BAFA 2022: https://www.bafa.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Energie/eew_infoblatt_co2_faktoren_2022.pdf?blob=publicationFile&v=5

4 Berechnungen (AP3)

In diesem Arbeitspaket wurden für ausgewählten Gebäude sinnvolle Energiekonzepte (Modernisierungs-/ Ausführungsvarianten) berechnet. Es wurden auf Basis der für die ausgewählten Gebäude erhobenen Daten energetische Bilanzierungen nach DIN V 18599 in Anlehnung zu den Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) durchgeführt.

Für jedes der untersuchten Gebäude wurden folgende Teilleistungen für **zwei aus ökologisch, ökonomisch und sozialer Sicht empfehlenswerte Varianten** erbracht:

- IST-Zustand und energetische Sanierung
 - Jeweils Berechnung des Bedarfs an Primär- und Endenergie sowie der CO₂-Emissionen für den Betrieb der Gebäude
- Für die Varianten zur energetischen Sanierung: Ermittlung der überschlägig zu erwartenden Investitionskosten (Es sind ausschließlich die Kosten für die energetische Sanierung angesetzt) Darüber hinaus sind grundlegende Fördermöglichkeiten aufgezeigt sowie bei der Berechnung der Gesamtinvestitionen je Gebäude ausgewiesen.

4.1 Wohngebäude (Gebäudesteckbriefe)

Um eine hohe Übertragbarkeit der Energiekonzepte für die Wohngebäude auf weitere Gebäude im Quartier Deichhaus zu erreichen, werden diese für repräsentative Wohngebäude des Quartiers (Typgebäude) erstellt.

Die Auswahl der Typgebäude erfolgte auf Basis der Arbeiten in AP2 sowie nach Abstimmung mit der Stadt Siegburg. Ziel war es möglichst viel Nutzfläche (A_N) in Bezug auf die gesamte Nutzfläche aller Gebäude im Quartier abzudecken, dabei jedoch auch Einfamilienhäuser zu berücksichtigen. Nach Absprache wurden die Energiekonzepte für vier Wohngebäude erstellt und in Form von Gebäudesteckbriefen zusammengefasst. Eine individuelle Datenaufnahme und Begehung einzelner Gebäude ist in diesem Kontext nicht erforderlich, da die Typgebäude des IWU¹⁰ als Berechnungsgrundlage herangezogen werden.

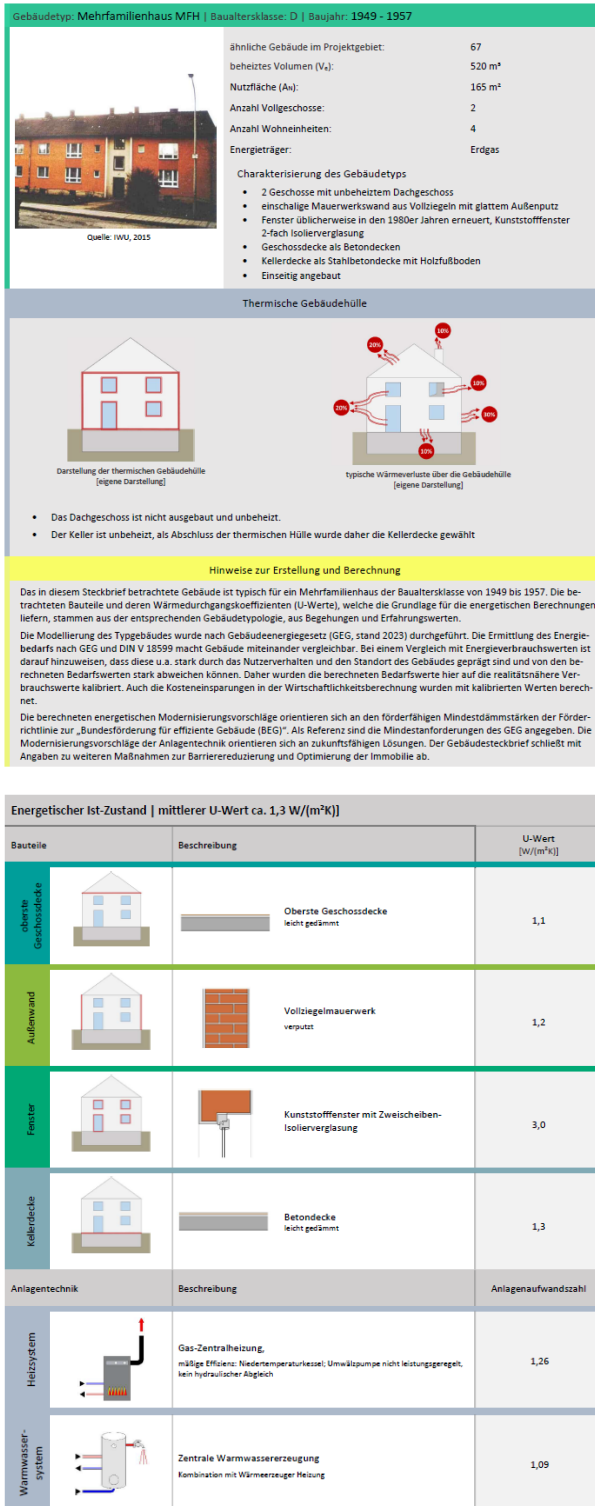
Auswertungen zur Verteilung der Gebäude im Quartier sind im Anhang beigefügt. Entsprechend wurden ein Einfamilienhaus sowie drei Mehrfamilienhäuser für die Erstellung von Gebäudesteckbriefen ausgewählt. In der folgenden Tabelle 1 ist die Verteilung der Gebäudetypen im Quartier dargestellt.

Tabelle 1: Auswahl der Gebäudetypen nach IWU-Gebäudetypologie

Gebäudeklasse	Baujahr	BAK	Anzahl	Anteil	Fläche(m ² A _N)	Anteil
EFH - Einfamilienhaus	1919 bis 1949	C	35	5%	7004	4%
MFH - Mehrfamilienhaus	1919 bis 1949	C	34	5%	17439	10%
	1949 bis 1957	D	67	10%	36578	21%
	1958 bis 1968	E	32	5%	16330	10%
Abgedeckt durch Gebäudesteckbriefe			168	25%	77352	45%
Zum Vergleich: Summe Gebäude und Flächen im Quartier			667	100%	170804	100%

Nachfolgend sind auszugsweise Ergebnisse aus dem Gebäudesteckbrief für das Mehrfamilienhaus, Baujahr 1949 – 1957, Gebäudetyp MFH D dargestellt, siehe Abbildung 13, Abbildung 14 und Abbildung 15. Die vier vollständigen Gebäudesteckbriefe liegen diesem Bericht als separater Anhang bei.

¹⁰ Institut Wohnen und Umwelt GmbH, 2015 - „TABULA“ – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern, <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/>



Diese Seite bietet einen Überblick über die Eckdaten des Referenzgebäudes sowie typische Merkmale dieses Haustyps. Sie dient damit als erste Orientierung für den Vergleich mit anderen bzw. dem eigenen Gebäude.

Hier dargestellt ist eine Übersicht über die einzelnen Bauteile des Gebäudes und ihre energetische Qualität im IST-Zustand. Dabei wird die Bauweise der einzelnen Bauteile beschrieben und durch Bauteilskizzen ergänzt.

Der untere Teil der Tabelle zeigt die vorhandene Anlagentechnik des Gebäudes und gibt anhand der Anlagenaufwandszahl Auskunft über die energetische Effizienz der Anlagen.

Abbildung 13: Auszüge Gebäudesteckbrief, MFH D

Modernisierungsvorschläge Orientierung an förderfähigen BEG-Einzelmaßnahmen					
	Beispielhafte Maßnahme an der thermischen Gebäudehülle	U-Wert [W/(m²K)] (GEG- / BEG-Auflösung in Klammern)	CO ₂ -Einsparung in t/a	Endenergieeinsparung	
oberste Geschossdecke	Dämmung der obersten Geschossdecke (22 cm, WLS 035)	0,14 (0,24 / 0,14)	0,6 t	7 %	
Außenwand	Dämmung der Außenwände mit einem Wärmedämmverbundsystem (16 cm, WLS 035)	0,19 (0,24 / 0,20)	1,3 t	14 %	
Fenster & Türen	Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung moderne Hauseingangstür mit Einbruchschutz	0,90 (1,30 / 0,95) 1,30 (1,80 / 1,30)	0,5 t	5 %	
Kellerdecke	Dämmung unter der Kellerdecke (10 cm, WLS 030)	0,24 (0,30 / 0,15)	0,6 t	7 %	

Wirtschaftlichkeitsberechnung Gebäudehülle					
Bauteil/ Gewerk	Mod. gemäß BEG-Einzelmaßnahmen	ca. Baukosten pro m²**	ca. Baukosten gesamt, abzüglich Förderung*	Energiekosteneinsparung [p. a.]	Amortisationszeit** (dynamisch)
Dach	Dämmung der obersten Geschossdecke (22 cm, WLS 035)	90 €	6.900 €	350 € / 6 %	19 Jahre
Außenwand	Dämmung der Außenwände mit einem Wärmedämmverbundsystem (16 cm, WLS 035)	210 €	29.000 €	700 € / 15 %	> 30 Jahre
Fenster & Türen	Erneuerung der Außenfenster (3-fach wsv) + Austausch der Eingangstür	620 € 2.000 €	15.500 €	250 € / 5 %	> 30 Jahre
Kellerdecke	Dämmung unter der Kellerdecke (10 cm, WLS 030)	70 €	5.400 €	350 € / 6 %	15 Jahre

*Die angesetzten Kosten sind angelehnt an Baukosten der IWS-Gebäude typologie bezogen auf das Typgebäude, stand Anfang 2023. Sie können in der Realität teilweise abweichen. Der maximale Förderatz für BEG IM beträgt aktuell 15% + 5% GFA-Konus.
 **Die Amortisationszeit bezieht sich auf die Baukosten abzüglich Förderung. Sowieso-Kosten (Instandhaltungskosten) werden nicht von den Baukosten abgezogen. Die Berechnungsgrundlage sind auf den Endenergieverbrauch kalibrierte Endenergiebedarfswerte nach „Handbuch für Energieberaterinnen und Energieberater – Anleitung zur Erstellung des individuellen Sanierungsfahrplans“ (dena, 2021). Brennstoffkosten für die Kalkulation: 11 ct/kWh für Erdgas (Brennwert); und 35 ct/kWh für Strom. Die CO₂-Abgabe ist in den Energiekosten nicht inkludiert und würde die Amortisationszeit positiv beeinflussen.

Analog zum IST-Zustand ist auch die Modernisierungsvariante nach den einzelnen Bauteilen gegliedert und zeigt so auf einen Blick die Veränderungen durch die jeweiligen Maßnahmen. Der Wärmeschutz der Bauteile orientiert sich dabei an den Anforderungen für förderfähige Einzelmaßnahmen nach BEG.

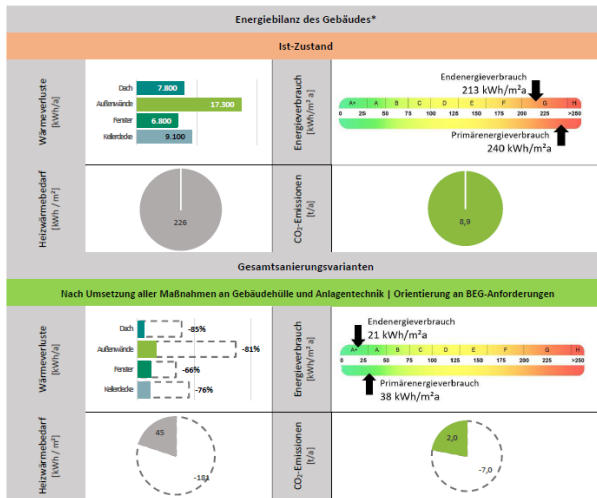
Der unter Teil der Tabelle zeigt die Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Gebäudehülle auf. Es sind die Baukosten, die Energiekosteneinsparung sowie die Amortisationszeit der jeweiligen Maßnahme dargestellt.

Modernisierung der Anlagentechnik zukunftsfähige Maßnahmen					
	Beispielhafte Maßnahmen an der Anlagentechnik* Voraussetzung u.a. mittlerer U-Wert < 1 W/(m²K)	Anlagenaufwandszahl	CO ₂ -Einsparung		Endenergieeinsparung
			relativ	absolut	
Heizsystem	Luft-Wasser Wärmepumpe, gute Effizienz mit freien Heizkörpern, Vereinfachte Vergrößerung der Heizkörperfläche, optimierte Wärmeverteilung, hydraulischer Abgleich, zentrale Warmwasserbereitung	0,32	6 %	0,5 t	58 %
Alternative Heizmöglichkeiten					
Nah-/Fernwärme**	Wenn aktuell oder zukünftig vorhanden, Anschluss an ein Nah-, Fernwärmenetz, kaltes Nahwärmenetz oder Gebäudewärmenetz		Alternativ kann in einigen Fällen der Anschluss an ein Wärmenetz sinnvoll sein, falls die Möglichkeit besteht. Die jeweiligen Varianten stellen Wärme auf unterschiedlichem Temperaturniveau bereit. Zu beachten ist, dass der Anteil erneuerbarer Energie hoch sein sollte und der Betreiber sich langfristig zu einer CO ₂ -neutralen Wärmebereitstellung verpflichtet.		
Gas/hibrid Heizung	Kombination von bestehender Gasheizung mit einer Wärmepumpe. Gabeheizung zur Deckung der Spitzenlast		In Einzelfällen kann es sinnvoll sein, die bestehende fossile Heizung als Spitzenlastheizung zu erhalten. Insbesondere dann, wenn eine umfassende Sanierung der Gebäudehülle nicht umsetzbar ist. Die Wärmepumpe sollte in diesem Fall den Großteil der Last decken und der Spitzenlastzeit nur in extremen Kälteperioden zum Einsatz kommen.		
Weitere Maßnahmen***					
Lüftungskonzept / Lüftdichtheitskonzept	Optimierung der Lüftlichkeitsebene; Lüftungsanlage; Lüftdichtheitsmessung		Bei der Sanierung der Gebäudehülle muss die Lüftlichkeit beachtet werden. Zudem muss geprüft werden, ob eine Lüftungsanlage notwendig ist, um den Mindestluftwechsel zu gewährleisten.		
Wärmebrückenkonzept	Vermeidung, Verminderung oder Überdämmung von Wärmebrücken		Wärmebrücken haben in der Bilanzierung und in der Realität einen großen Einfluss auf die Transmissionswärmeverluste und somit den Energiebedarf eines Gebäudes. Bei der Sanierung sollte ein umfangreiches Wärmebrückenkonzept erstellt werden, denn bei unachgender Ausführung von Wärmebrücken können erhebliche bauphysikalische Schäden entstehen.		
Nutzung von Photovoltaik	Gebäudenaher PV-Stromerzeugung		Die gebäudenahere Erzeugung von Photovoltaikstrom reduziert den Netztrombedarf im Sommer und in der Übergangszeit stark und senkt die CO ₂ -Emissionen der Nutzenergiebereitstellung von WP und erhöht deren Effizienz.		

*Nutzungswechsel zu Wärmepumpe nur zu empfehlen, wenn im Vorfeld Dämmmaßnahmen umgesetzt worden sind (u.a. mittlerer U-Wert < 1 und Heizwärmebedarf < 150 kWh/m²). Theoretisch ist die Nutzung einer Wärmepumpe unter Voraussetzung einer räumweisen Heizlastberechnung, Systemoptimierung und Einbindung eines Heizstabes möglich, sofern die Y_T-Temperatur auf ca. 35°C zu begrenzen ist. Wirtschaftlichkeit ist zu berechnen, da die Strombezugskosten für die Wärmepumpe sehr hoch ausfallen können.
 **Der Anschluss an ein Wärmenetz wird im Folgenden nicht in die Bilanzierung mit einbezogen, da die Vollkosten stark variieren und ein Anschluss nur vereinzelt umgesetzt werden kann.
 ***Die weiteren Maßnahmen zur Gebäudeoptimierung werden bei den Maßnahmenkombinationen einbezogen und tragen im Wesentlichen dazu bei, dass Effizienzhaus-Standard (EH) erreicht werden.

Diese Tabelle zeigt die Anlagentechnik des Gebäudes im sanierten Zustand. Für die Wärmeerzeugung werden eine Basisvariante (incl. Anlagenaufwandszahl zur Bewertung energetischen Effizienz) sowie verschiedene alternative Heizmöglichkeiten aufgezeigt. Ergänzend werden weitere Maßnahmen wie ein Lüftungs- oder ein Wärmebrückenkonzept und die Nutzung von Photovoltaik beschrieben.

Abbildung 14: Auszug Gebäudesteckbrief, MFH D



*Kennwerte bezogen auf die Nutzfläche (An) des Gebäudes. Die Berechnungsgrundlage des Energieverbrauchs sind auf den Endenergieverbrauch kalibrierte Endenergiebedarfswerte nach „Handbuch für Energieberaterinnen und Energieberater – Anleitung zur Erstellung des individuellen Sanierungsleitfadens“ (dena, 2021). Auf die kalibrierten Verbrauchsdaten beziehen sich auch die CO₂-Emissionen. Der Heizwärmebedarf und die Wärmeverluste beziehen sich auf die berechneten Energiebedarfe nach DIN 18959.

Exemplarische Modernisierungskombinationen			
Maßnahmenkombination (Ausführung gem. BEG-Einzelmaßnahmen)	ca. Baukosten* abzüglich Förderung	Energiekosteneinsparung [p. a.]	Amortisationszeit** (dynamisch)
Dämmung obersten Geschossdecke + Dämmung Kellertür + Heizungsoptimierung***	14.000 €	1.250 € / 24 %	10 Jahre
Dämmung obersten Geschossdecke + Dämmung Kellertür + Dämmung Außenwand + Heizungsoptimierung	43.000 €	2.150 € / 42 %	18 Jahre
Dämmung obersten Geschossdecke + Dämmung Kellertür + Dämmung Außenwand + Fensteraustausch (3-fach WSV) + Austausch Außen Türen + Heizungsoptimierung	60.000 €	2.900 € / 56 %	19 Jahre
Dämmung obersten Geschossdecke + Dämmung Kellertür + Dämmung Außenwand + Fensteraustausch (3-fach WSV) + Austausch Außen Türen + Luft-Wasser Wärmepumpe, Heizungsoptimierung, zentraler Warmwasserbereitung + PV-Anlage + Luftdichtheitsprüfung + Wärmebrückenkonzept + Lüftungsanlage mit WRG	75.000 €	3.900 € / 75 %	17 Jahre****

[Achtung: hierbei wird der erst Standard 70 EE erreicht → 30 % Förderung + 10 % WPB-Bonus]

Hinweis zu Wärmenetzen

Der Anschluss an ein Wärmenetz stellt eine weitere Möglichkeit dar. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen Fern-, Nah- oder kalten Nahwärmenetzen. Die jeweiligen Varianten stellen Wärme auf unterschiedlichem Niveau bereit. Die Nutzung ist abhängig davon, ob ein Wärmenetz vorhanden ist. Die Kosten für den Anschluss an ein Wärmenetz setzen sich maßgeblich aus der Hausanschlussstation und den Umfeldmaßnahmen zusammen, welche sehr variabel sind. Für eine grobe Kostenkalkulation können für einen Anschluss je nach Beschaffenheit des Untergrunds zwischen 3.500 € und 15.000 € angenommen werden, müssen aber im Regelfall individuell berechnet werden. Gefördert wird der Anschluss an ein Wärmenetz mit 50 bis maximal 40 % bei einem Heizungsaustausch.

*Kostenschätzungen inkl. Baueinzelkosten (Gerüstkosten, Nebenaufarbeiten, etc.). Mögliche Förderungen sind grob einkalkuliert. Bei Erreichen der Förderstufe EE 70 EE kann der maximale Förderersatz durch den WPB-Bonus um weitere 10 % steigen. EE-Erlasse nur in Verbindung mit Lüftungsanlage erreichbar.
 ** Die Amortisationszeit bezieht sich auf die Baukosten abzüglich Förderung, sowieso-Kosten (Instandhaltungskosten) werden nicht von den Baukosten abgezogen. Die Berechnungsgrundlage sind auf den Endenergieverbrauch kalibrierte Endenergiebedarfswerte nach „Handbuch für Energieberaterinnen und Energieberater – Anleitung zur Erstellung des individuellen Sanierungsleitfadens“ (dena, 2021). Brennstoffkosten für die Kalkulation: 32 ct/kWh für Erdgas (Brennwert) und 35 ct/kWh für Strom. Die CO₂-Abgabe ist in den Energiekosten nicht inkludiert und würde die Amortisationszeit positiv beeinflussen.
 *** Die Heizungsoptimierung umfasst den hydraulischen Abgleich, die Optimierung/Austausch von Pumpen, die Dämmung von Leitungen und Armaturen und die Ersetzung von Thermostatventilen. Diese Maßnahmen sind mit ca. 2.000 € pauschal einkalkuliert und können den Energiebedarf um ca. 5 - 15 % senken. Sie sind teilweise verpflichtend und sollten unbedingt umgesetzt werden.
 **** Durch die Nutzung von Wärmepumpen fallen die Kosten der CO₂-Abgabe weg, welche hier nicht mit einbezogen wurden. Würden diese berücksichtigt, würde es sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit von Varianten mit Wärmepumpe auswirken.

Abbildung 15: Auszug Gebäudesteckbrief, MFH D

4.2 Nichtwohngebäude

In Abstimmung mit der Stadt Siegburg wurden Energiekonzepte für folgende Gebäude erstellt, siehe auch Kartenausschnitt in Abbildung 16:

- Turnhalle der Hans Alfred Keller Schule (Turnhalle), Chemie-Faser-Allee 5, 53721 Siegburg
- Jugendzentrum Deichhaus (JuZe), Frankfurter Straße 90, 53721 Siegburg

Die energetischen Kennwerte des Gebäudes im unsanierten Zustand werden in Form von Diagrammen den Ergebnissen der Modernisierungsvariante (Umsetzung aller Maßnahmen) gegenübergestellt. Dabei werden die Wärmeverluste über die verschiedenen Bestandteile der Gebäudehülle dargestellt sowie der daraus resultierende Heizwärmebedarf für das Gebäude. Darüber hinaus zeigt die aus Energieausweisen bekannte Farbskala die Höhe des End- und Primärenergiebedarfs des Gebäudes für den unsanierten und sanierten Zustand an. Weiterhin werden die aus dem Energiebedarf resultierenden (tatsächlichen) CO₂-Emissionen ebenfalls für beide Zustände des Gebäudes dargestellt.

Ergänzend zur Betrachtung der Einzelmaßnahmen sind verschiedene Maßnahmenkombinationen dargestellt. Die Übersicht zeigt, wie sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmenpakete, beginnend mit einer Kombination aus weniger kostenintensiven Maßnahmen bis hin zu einer Komplett-sanierung des Gebäudes, darstellt.

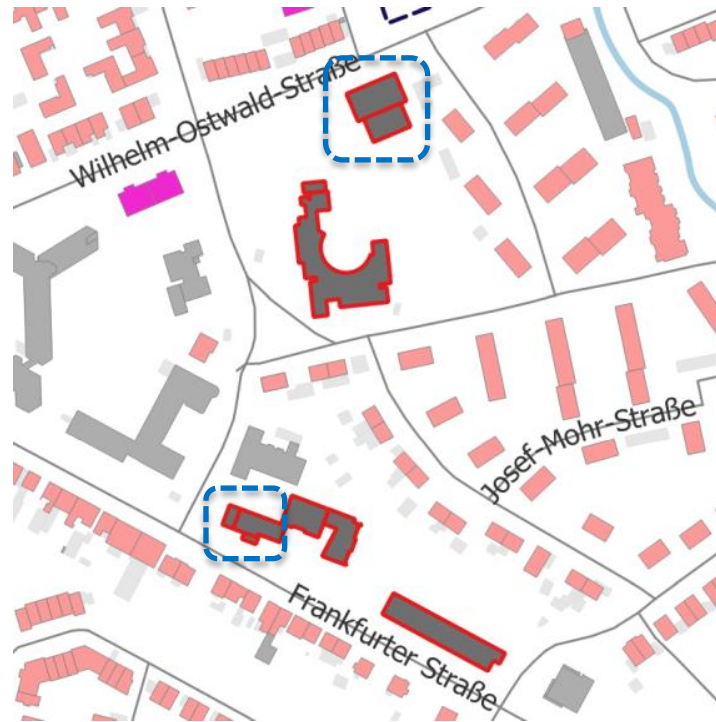


Abbildung 16: kommunale Gebäude im Areal Hans Alfred Keller Schule (rot umrandet);
mit blauer Markierung: Turnhalle & JuZe

Das Ziel der Energiekonzepte soll eine möglichst CO₂-arme Energieversorgung der Gebäude sein, wodurch ein wesentlicher Schritt in Richtung treibhausgasneutraler kommunaler Gebäude gegangen wird.

Im Weiteren sollen die energetischen Sanierungsmaßnahmen förderfähig sein. Somit erfolgt die Ausrichtung der Energiekonzepte an den Anforderungen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), insbesondere soll die Sanierung zu einem Effizienzgebäude (Stufe: EG 40) im Fokus stehen. Weiterhin soll die Erneuerbaren-Klasse (EE) erreicht werden. Übersicht zum BEG sowie den Fördersätzen ist in Abbildung 17 und Abbildung 18 dargestellt.



Abbildung 17: Übersicht BEG (Quelle: ÖkoZentrum NRW)

	Standard		Klassen (nicht untereinander kumulierbar)		Bonus (kumulierbar mit Klassen)
	Tilgungszuschuss	Zuschuss (nur Kommunen)	EE	NH	WPB
EG Denkmal	5 %	20 %	5 %	5 %	
EG 70	10 %	25 %	5 %	5 %	10 % (nur EE-Klasse)
EG 55	15 %	30 %	5 %	5 %	10 %
EG 40	20 %	35 %	5 %	5 %	10 %

Abbildung 18: Übersicht BEG-Fördersätze (Quelle: BAFA, BEG NWG 9.12.2022)

4.2.1 Energiekonzept Turnhalle

Nachfolgend sind die wesentlichen Ergebnisse der energetischen Bilanzierung des Gebäudes Jugendzentrum Deichhaus zu finden. Ausführliche Berechnungsergebnisse finden sich in einem separaten Anhang. Ansichten des Gebäudes (von Südosten und Nordwesten), siehe Abbildung 19. Sanierungsvarianten der Bauteile der Gebäudehülle, siehe Tabelle 2.

Kurzvorstellung des Gebäudes

- Gebäudeart/-typ: Nicht-Wohngebäude/ Bestandsgebäude
- Baujahr: 1978
- Sanierungszustand: unsaniert, Erweiterung/ Anbau 2013
- Geschosse (incl. EG): 1
- Untergeschosse: 0
- Energiebezugsfläche: 697 m²
- Heizwärmeerzeuger: Gas-Konstanttemperatur-Kessel, Buderus Omnical, 280 kW, Baujahr 1979



Abbildung 19: Ansichten Turnhalle von Südosten (li.) und Nordwesten (re.)

Tabelle 2: IST-Zustand & Sanierungsvarianten der Bauteile der Gebäudehülle der Turnhalle

Bauteil	IST	Sanierung
Flachdach Bereich Halle	Gering gedämmt ca. $U=0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gefälledämmung, 26 cm XPS, WLG 035 $U=0,10 \text{ W/m}^2$
Flachdach Bereich Umkleide	Gering gedämmt ca. $U=0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gefälledämmung, 26 cm XPS, WLG 035 $U=0,10 \text{ W/m}^2$
Außenwand gegen Luft	ungedämmt ca. $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	WDVS, 25cm MiWo, WLG 035 $U=0,12 \text{ W/m}^2$
Bodenplatte gegen Erdreich	gering gedämmt ca. $U=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	Estrich auf 10 cm PUR/PIR, WLG 025 $U=0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
Bodenplatte gegen Erdreich (Anbau 2013)	gedämmt ca. $U=0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	Keine Maßnahme erf.
Fenster Fassade / Fenstertüren	2-Scheiben-Isolierverglasung ca. $U_w=4,3$	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung $U_w=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Glaselemente	ca. $U_w=3,5$	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung $U_w=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fenster Fassade (Anbau 2013)	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung $U_w=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	Keine Maßnahme erf.
Lichtkuppeln	Lichtkuppel aus Kunststoff ca. $U_w=3,5$	Lichtkuppel aus Kunststoff ca. $U_w=1,1$
Türen (nach außen)	Stahlsicherheitstür ca. $U_w=4,0$	Stahlsicherheitstür ca. $U_w=0,77$

Anlagentechnik, IST-Zustand & Sanierungsmaßnahmen

In der folgenden Tabelle 3 sind die Sanierungsmaßnahmen der Anlagentechnik aufgeführt, die der energetischen Bilanzierung zugrunde liegen. Dargestellt ist der energetische IST- und der Sanierungszustand der jeweiligen Anlagentechnik und der mit den damit verbundenen energetischen Maßnahmen/ Komponenten.

Tabelle 3: Übersicht IST-Zustand & Sanierungsvarianten für die Anlagentechnik der Turnhalle

Anlagentechnik / Maßnahme	IST	Sanierung, Variante 1/2
Wärmeversorgung, Heizwärme	<ul style="list-style-type: none"> - Gas-Heizkessel, 280 kW, 1979; Wärmeübergabe über Luft (Turnhalle) & Heizkörper (Umkleide) 	<p>Variante 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sole-Wasser-Wärmepumpe, 34 kW; Erdsondenfeld, ca. 12 Sonden à 100m Tiefe <p>Variante 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anschluss Nahwärmenetz <p>Variante 1 & 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wärmeübergabe über Luft (Halle) & Fußbodenheizung (Umkleide)
Wärmeversorgung, Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - über Heizkessel 	<p>Variante 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - über Sole-Wasser-Wärmepumpe <p>Variante 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - über Nahwärmenetz/ incl. "Legionellenschutz" (el. beheizter Speicher)
Lüftung	<ul style="list-style-type: none"> - Fensterlüftung/ Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> - Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (90%)
Beleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> - Leuchtstofflampen 	<ul style="list-style-type: none"> - LED-Leuchten
Erneuerbare Energien	<ul style="list-style-type: none"> - Keine 	<ul style="list-style-type: none"> - PV-Anlage auf dem Dach, 33kWp

Ergebnisse, energetische Kennwerte

Ist-Zustand: Ausgangszustand, unsaniert

Var.1: Sanierung, Sole-Wasser Wärmepumpe | Var.2: Sanierung, Nahwärmenetz

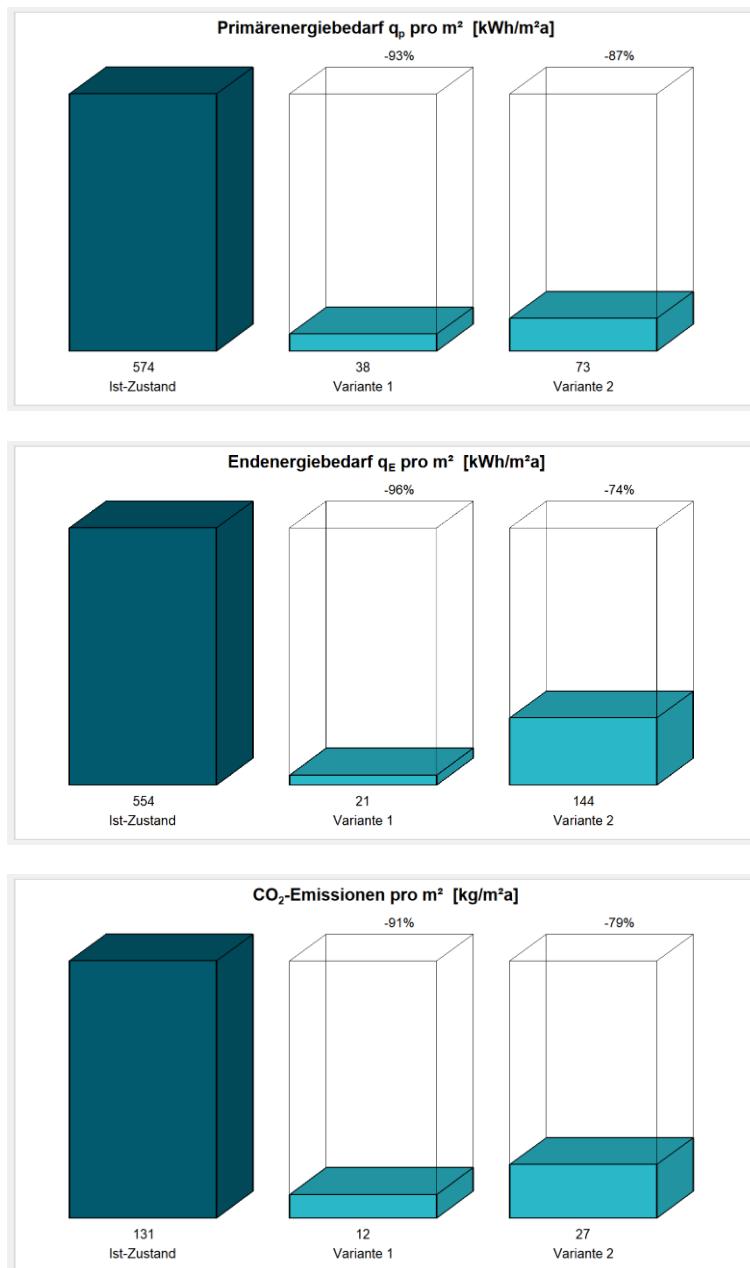


Abbildung 20: Vergleich der Sanierungsvarianten für die Turnhalle

Der Vergleich der Sanierungsvarianten für die Turnhalle zeigt die signifikanten Reduktionen an Energie und auch an CO₂-Emissionen über alle betrachteten Varianten, siehe Abbildung 20. Die Variante 1 weist niedrigere spezifische Kennwerte im Vergleich zu Variante 2 auf, da hier Erträge durch die PV-Anlage direkt für die Wärmeerzeugung genutzt werden können. Dies wird in der Gesamtbilanz entsprechend berücksichtigt. In Variante 2 können die Erträge aus der PV-Anlage nicht direkt für die Wärmeerzeugung im Gebäude genutzt werden (Nahwärme), entsprechend sind die spezifischen Kennwerte höher.

Effizienzgebäude, Anforderungen nach GEG / BEG (Variante 1, Sole-Wasser-Wärmepumpe)

Anforderungen GEG und BEG		GEG Übersicht anzeigen					
BEG-Anforderungen	Gebäudewerte	EH 40	EH 55	EH 70	EH 100	GEG	EH 160
Primärenergiebedarf Q _p	37,9 kWh/m ²	☑ < 64,0	☑ < 88,0	☑ < 112,1	☑ < 160,1	☑ < 224,1	☑ < 256,1
U _m opake Bauteile	0,13 W/m ² K	☑ < 0,18	☑ < 0,22	☑ < 0,26	☑ < 0,34	☑ < 0,56	
U _m transparente Bauteile	0,83 W/m ² K	☑ < 1,0	☑ < 1,2	☑ < 1,4	☑ < 1,8	☑ < 2,7	

Abbildung 21: Anforderungen nach BEG für die Effizienzhausklasse, Variante 1

Da der Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes mit **37,9 kW/m² unterschritten** wird, **kann das Effizienzgebäude 40 erreicht werden**, siehe Abbildung 21.

Da der **Mindestanteil an erneuerbaren Energien nach BEG von 55 % erfüllt ist (ca. 88 % EE-Anteil werden erreicht)**, kann das Effizienzgebäude 40 zusätzlich mit der Erneuerbaren-Energien-Klasse erreicht werden.

Effizienzgebäude, Anforderungen nach GEG / BEG (Variante 2, Nahwärmenetz)

Anforderungen GEG und BEG		GEG Übersicht anzeigen					
BEG-Anforderungen	Gebäudewerte	EH 40	EH 55	EH 70	EH 100	GEG	EH 160
Primärenergiebedarf Q _p	GEG: 72,8 kWh/m ²	☑ < 70,7	☑ < 97,2	☑ < 123,8	☑ < 176,8	☑ < 247,5	☑ < 282,9
	BEG: 62,4 kWh/m²						
U _m opake Bauteile	0,13 W/m ² K	☑ < 0,18	☑ < 0,22	☑ < 0,26	☑ < 0,34	☑ < 0,56	
U _m transparente Bauteile	0,83 W/m ² K	☑ < 1,0	☑ < 1,2	☑ < 1,4	☑ < 1,8	☑ < 2,7	

Abbildung 22: Anforderungen nach BEG für die Effizienzhausklasse, Variante 2

Da der Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes mit **62,4 kW/m² unterschritten** wird, **kann das Effizienzgebäude 40 erreicht werden**, siehe Abbildung 22.

Da der **Mindestanteil an erneuerbaren Energien nach BEG von 55% erfüllt ist (ca. 75% EE-Anteil werden erreicht)**, kann das Effizienzgebäude 40 zusätzlich mit der Erneuerbaren-Energien-Klasse erreicht werden.

Die Kostenschätzung für die energetische Sanierung der Turnhalle ist in nachfolgender Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Kostenschätzung Turnhalle

Variante 1: Sole-Wasser-Wärmepumpe	Kosten in € (brutto), gerundet auf 10.000€
Summe Gebäudehülle ¹¹	430.000
Summe TGA & weitere Kosten ¹²	360.000
Summe energetische Sanierung (ohne Förderung)	790.000
Summe Förderung nach BEG (Zuschuss), EG 40 (35%); EE-Stufe (+5%) (Gebäudehülle, TGA, <u>ohne</u> PV-Anlage)	300.000
Variante 2: Nahwärmenetz	Kosten in € (brutto), gerundet auf 10.000€
Summe Gebäudehülle ¹¹	430.000
Summe TGA & weitere Kosten ¹²	200.000
Summe energetische Sanierung (ohne Förderung)	630.000
Summe Förderung nach BEG (Zuschuss), EG 40 (35%); EE-Stufe (+5%) (Gebäudehülle, TGA, <u>ohne</u> PV-Anlage)	230.000

Es wird darauf verwiesen, dass zu prüfen ist, die energetische Sanierung des Gebäudes ggf. in ein architektonisches Gesamtkonzept zu integrieren. Durch ein solches Gesamtkonzept sind weitere Kosten zu kalkulieren.

¹¹ Energetische Sanierung der thermischen Hüllfläche des Gebäudes

¹² Kalkulierte Gewerke: Variante 1: Wärmepumpe, Speicher, Erdwärmesonden; in Variante 2: Hausübergabestation, Speicher; weiterhin: Fußbodenheizung Lüftungsanlage; Photovoltaikanlage; Fassadengerüst

Nicht kalkulierte Gewerke, da hier eine gesonderte Fachplanung erforderlich ist: Heizungsverteilnetz + Isolierung, Beleuchtung, Baustelleneinrichtung.

4.2.2 Energiekonzept Jugendzentrum

Nachfolgend sind die wesentlichen Ergebnisse der energetischen Bilanzierung des Gebäudes Jugendzentrum Deichhaus zu finden. Ausführliche Berechnungsergebnisse finden sich in einem separaten Anhang. Ansichten des Gebäudes (von Südwesten und Nordosten), siehe Abbildung 23. Sanierungsvarianten der Bauteile der Gebäudehülle, siehe Tabelle 5.

Kurzvorstellung des Gebäudes

- Gebäudeart/-typ: Nicht-Wohngebäude/ Bestandsgebäude
- Baujahr: 1963
- Sanierungszustand: teilsaniert (Dach)
- Geschosse (incl. EG/DG): 2
- Untergeschosse: 1
- Energiebezugsfläche: 642 m²
- Heizwärmeerzeuger: Gas-Brennwertkessel, Viessmann Vitocrossal CT3, 116 kW, Baujahr 2004 (Wärmeversorgung zusammen mit KiTa Deichhaus-Küken)



Abbildung 23: Ansichten Jugendzentrum von Südwesten (li.) und Nordosten (re.)

Gebäudehülle, IST-Zustand & Sanierungsmaßnahmen

In der folgenden Tabelle sind die Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle abgebildet, die der energetischen Bilanzierung zugrunde liegen. Dargestellt ist der energetische IST- und der Sanierungszustand der jeweiligen Bauteile mit den dazugehörigen Materialien und U-Werten.

Tabelle 5: IST-Zustand & Sanierungsvarianten der Bauteile der Gebäudehülle des Jugendzentrums

Bauteil	IST	Sanierung
Satteldach/Flachdach	gedämmt, ca. 2017 ca. $U=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$	Keine weitere Maßnahme erf.
Außenwand gegen Luft	ungedämmt ca. $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	WDVS, 22cm MiWo, WLG 035 $U=0,14 \text{ W/m}^2$
Außenwand im Keller gegen Erdreich	ungedämmt ca. $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	Perimeterdämmung, 22cm XPS, WLG 035 $U=0,14 \text{ W/m}^2$
Außenwand im Keller gegen Erdreich (im Bereich der Bodenplatte des EG)	ungedämmt ca. $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	Innendämmung, 8cm, Holzweichfaser-Dämmplatten, WLG045 $U=0,41 \text{ W/m}^2$
Kellerdecke zu unbeheizt	ungedämmt ca. $U=1 \text{ W/m}^2\text{K}$	14 cm MiWo, WLG 035, unter Kellerdecke $U=0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
Bodenplatte gegen Erdreich	ungedämmt ca. $U=1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	Estrich auf 10 cm PUR/PIR, WLG 025 $U=0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
Innenwand gegen unbeheizt	ungedämmt ca. $U=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	14 cm MiWo, WLG 035 $U=0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fenster Fassade / Fenstertüren	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ca. $U_w=3,0 / 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung $U_w=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dachfenster	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ca. $U_w=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	Keine weitere Maßnahme erf.
Türen (nach außen)	ca. $U_D=2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_D=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Anlagentechnik, IST-Zustand & Sanierungsmaßnahmen

In der folgenden Tabelle 6 sind die Sanierungsmaßnahmen der Anlagentechnik aufgeführt, die der energetischen Bilanzierung zugrunde liegen. Dargestellt ist der energetische IST- und der Sanierungszustand der jeweiligen Anlagentechnik und der mit den damit verbundenen energetischen Maßnahmen/ Komponenten.

Tabelle 6: Übersicht IST-Zustand & Sanierungsvarianten für die Anlagentechnik des Jugendzentrums

Anlagentechnik / Maßnahme	IST	Sanierung, Variante 1/2
Wärmeversorgung, Heizwärme	<ul style="list-style-type: none"> - Gas-Brennwertkessel, 116kW¹³, 2004; Wärmeübergabe über Heizkörper 	<p>Variante 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Luft-Wasser-Wärmepumpe, 33kW <p>Variante 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anschluss Nahwärmenetz <p>Variante 1 & 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wärmeübergabe über Nieder-temperaturheizkörper
Wärmeversorgung, Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - dezentral, Durchlauferhitzer - Kleinspeicher 	<ul style="list-style-type: none"> - dezentral, Durchlauferhitzer - Kleinspeicher
Lüftung	<ul style="list-style-type: none"> - Fensterlüftung 	<ul style="list-style-type: none"> - zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (90%) und Gassensoren für bedarfs-gesteuerte Belüftung
Beleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> - Überwiegend Leuchtstofflam-pen, teilweise LED-Leuchtmittel 	<ul style="list-style-type: none"> - LED-Leuchten
Erneuerbare Energien	<ul style="list-style-type: none"> - Keine 	<ul style="list-style-type: none"> - PV-Anlage auf dem Dach, 26kWp

¹³ Der Gas-Kessel versorgt ebenfalls das Nachbargebäude (KiTa Deichhaus-Küken) mit Wärme

Ergebnisse, energetische Kennwerte

Ist-Zustand: Ausgangszustand, unsaniert

Var.1: Sanierung, Luft-Wasser Wärmepumpe | Var.2: Sanierung, Nahwärmenetz

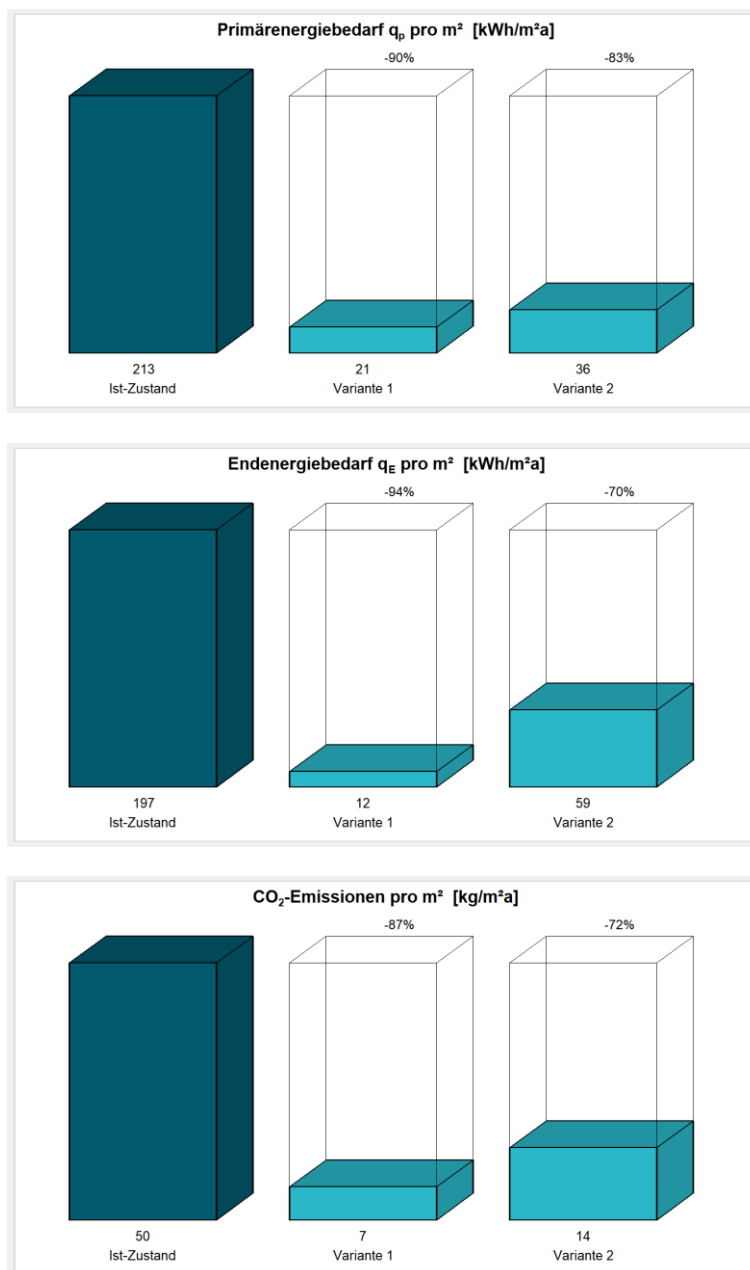


Abbildung 24: Vergleich der Sanierungsvarianten für das Jugendzentrum

Der Vergleich der Sanierungsvarianten für das Jugendzentrum zeigt die signifikanten Reduktionen an Energie und auch an CO_2 -Emissionen über alle betrachteten Varianten, siehe Abbildung 24. Die Variante 1 weist niedrigere spezifische Kennwerte im Vergleich zu Variante 2 auf, da hier Erträge durch die PV-Anlage direkt für die Wärmeerzeugung genutzt werden können. Dies wird in der Gesamtbilanz entsprechend berücksichtigt. In Variante 2 können die Erträge aus der PV-Anlage nicht direkt für die Wärmeerzeugung im Gebäude genutzt werden (Nahwärme), entsprechend sind die spezifischen Kennwerte höher.

Effizienzgebäude, Anforderungen nach GEG / BEG (Variante 1, Luft-Wasser-Wärmepumpe)

Anforderungen GEG und BEG		GEG Übersicht anzeigen					
BEG-Anforderungen	Gebäudewerte	EH 40	EH 55	EH 70	EH 100	GEG	EH 160
Primärenergiebedarf Q _p	21,1 kWh/m ²	<input checked="" type="checkbox"/> < 37,3	<input checked="" type="checkbox"/> < 51,3	<input checked="" type="checkbox"/> < 65,3	<input checked="" type="checkbox"/> < 93,2	<input checked="" type="checkbox"/> < 130,5	<input checked="" type="checkbox"/> < 149,2
U _m opake Bauteile	0,13 W/m ² K	<input checked="" type="checkbox"/> < 0,18	<input checked="" type="checkbox"/> < 0,22	<input checked="" type="checkbox"/> < 0,26	<input checked="" type="checkbox"/> < 0,34	<input checked="" type="checkbox"/> < 0,56	
U _m transparente Bauteile	0,81 W/m ² K	<input checked="" type="checkbox"/> < 1,0	<input checked="" type="checkbox"/> < 1,2	<input checked="" type="checkbox"/> < 1,4	<input checked="" type="checkbox"/> < 1,8	<input checked="" type="checkbox"/> < 2,7	

Abbildung 25: Anforderungen nach BEG für die Effizienzhausklasse, Variante 1

Da der **Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes mit 17,9 kW/m² unterschritten** wird, **kann das Effizienzgebäude 40 erreicht werden**, siehe Abbildung 25.

Da der **Mindestanteil an erneuerbaren Energien nach BEG von 55 % erfüllt ist (ca. 80 % EE-Anteil werden erreicht)**, kann das Effizienzgebäude 40 zusätzlich mit der Erneuerbaren-Energien-Klasse erreicht werden.

Effizienzgebäude, Anforderungen nach GEG / BEG (Variante 2, Nahwärmenetz)

Anforderungen GEG und BEG		GEG Übersicht anzeigen					
BEG-Anforderungen	Gebäudewerte	EH 40	EH 55	EH 70	EH 100	GEG	EH 160
Primärenergiebedarf Q _p	GEG: 35,7 kWh/m ² BEG: 24,7 kWh/m ²	<input checked="" type="checkbox"/> < 37,3	<input checked="" type="checkbox"/> < 51,3	<input checked="" type="checkbox"/> < 65,3	<input checked="" type="checkbox"/> < 93,2	<input checked="" type="checkbox"/> < 130,5	<input checked="" type="checkbox"/> < 149,2
U _m opake Bauteile	0,13 W/m ² K	<input checked="" type="checkbox"/> < 0,18	<input checked="" type="checkbox"/> < 0,22	<input checked="" type="checkbox"/> < 0,26	<input checked="" type="checkbox"/> < 0,34	<input checked="" type="checkbox"/> < 0,56	
U _m transparente Bauteile	0,81 W/m ² K	<input checked="" type="checkbox"/> < 1,0	<input checked="" type="checkbox"/> < 1,2	<input checked="" type="checkbox"/> < 1,4	<input checked="" type="checkbox"/> < 1,8	<input checked="" type="checkbox"/> < 2,7	

Abbildung 26: Anforderungen nach BEG für die Effizienzhausklasse, Variante 2

Da der **Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes mit 24,7 kW/m² unterschritten** wird, **kann das Effizienzgebäude 40 erreicht werden**, siehe Abbildung 26.

Da der **Mindestanteil an erneuerbaren Energien nach BEG von 55 % erfüllt ist (ca. 75 % EE-Anteil werden erreicht)**, kann das Effizienzgebäude 40 zusätzlich mit der Erneuerbaren-Energien-Klasse erreicht werden.

Die Kostenschätzung für die energetische Sanierung des Jugendzentrum ist in nachfolgender Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Kostenschätzung Jugendzentrum

Variante 1: Luft-Wasser-Wärmepumpe	Kosten in € (brutto), gerundet auf 10.000€
Summe Gebäudehülle ¹⁴	200.000
Summe TGA & weitere Kosten ¹⁵	220.000
Summe energetische Sanierung (ohne Förderung)	420.000
Summe Förderung nach BEG (Zuschuss), EG 40 (35%); EE-Stufe (+5%) (Gebäudehülle, TGA, ohne PV-Anlage)	150.000
Variante 2: Nahwärmenetz	Kosten in € (brutto), gerundet auf 10.000€
Summe Gebäudehülle ¹⁴	200.000
Summe TGA & weitere Kosten ¹⁵	190.000
Summe energetische Sanierung (ohne Förderung)	390.000
Summe Förderung nach BEG (Zuschuss), EG 40 (35%); EE-Stufe (+5%) (Gebäudehülle, TGA, ohne PV-Anlage)	140.000

Es wird darauf verwiesen, dass zu prüfen ist, die energetische Sanierung des Gebäudes ggf. in ein architektonisches Gesamtkonzept zu integrieren. Durch ein solches Gesamtkonzept sind weitere Kosten zu kalkulieren.

¹⁴ Energetische Sanierung der thermischen Hüllfläche des Gebäudes

¹⁵ Kalkulierte Gewerke: Variante 1: Wärmepumpe, Speicher; in Variante 2: Hausübergabestation, Speicher; zudem: Niedertemperatur-Heizkörper; Lüftungsanlage; Sonnenschutz; Photovoltaikanlage; Fassadengerüst

Nicht kalkulierte Gewerke, da hier eine gesonderte Fachplanung erforderlich ist: Heizungsverteilnetz + Isolierung, Beleuchtung, Baustelleneinrichtung.

5 Erzeugung (AP4)

Erneuerbare Energieanlagen im Gebäudebereich bilden eine wesentliche Stütze auf dem Weg zur Klimaneutralität und werden daher mit hoher Priorität untersucht. Dafür werden Potenziale zum Ausbau der erneuerbaren Energien im Quartier Deichhaus weitergehen analysiert.

Ein Ausbau der erneuerbaren Energien im Stadtgebiet ist mit folgenden gängigen Technologien möglich:

- Solare Systeme
 - o Photovoltaik (elektrisch)
 - o Solarthermie (thermisch)
- Umweltenergie (thermisch)
 - o Geothermie
 - o Abwasserwärme

Die Herausforderung ist hierbei i.d.R. der Flächenbedarf und die Flächenkonkurrenz. Zum Beispiel stehen für die solare Nutzung ausschließlich Dachflächen zur Verfügung, auf denen entweder elektrische Photovoltaik-Module oder solarthermische Kollektoren installiert werden können. Für individuelle Energiekonzepte auf Gebäudeebene sollte eine hybride Nutzung oder mindestens Synergieeffekte untersucht werden. Diese bedeutet, dass die Nutzung von Photovoltaik und Solarthermie oder von sog. PVT-Modulen aus techno-ökonomischer Sicht in das jeweilige Energiekonzept des Gebäudes eingepasst werden sollte. Die Synergieeffekte beziehen sich im Wesentlichen auf die solare Stromerzeugung und den Einsatz von elektrisch betriebenen Wärmepumpen, wodurch der gebäudenah erzeugte Strom direkt für die Wärmeversorgung genutzt werden kann.

Die folgende Abbildung 27 zeigt eine Übersicht des theoretischen **Photovoltaik-Potenzials** im betrachteten Gebiet Deichhaus.

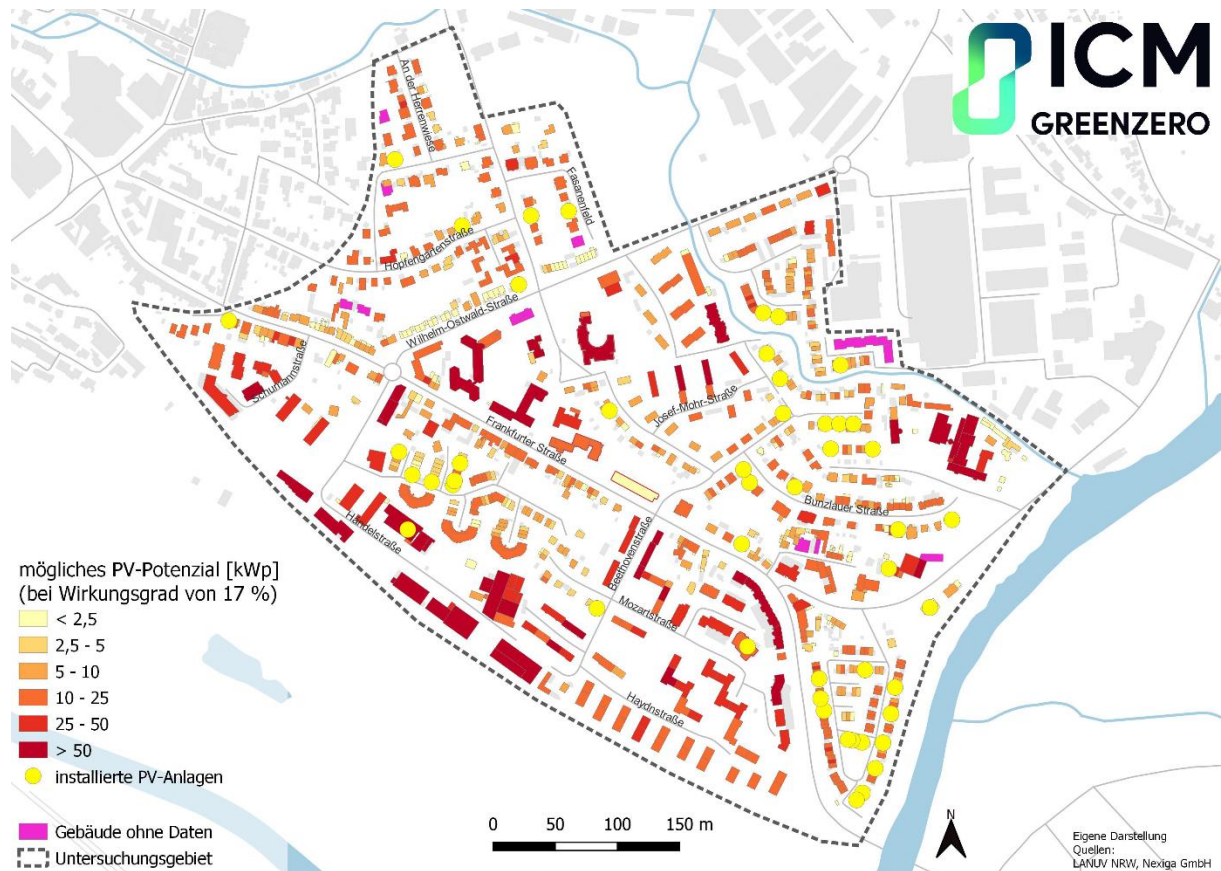


Abbildung 27: theoretisches Potenzial für die Nutzung von Photovoltaik¹⁶

Die Dächer der meisten Gebäude sind demnach geeignet, wobei die theoretisch mögliche installierbare Leistung stark entsprechend der zur Verfügung stehenden Dachfläche variiert. Weiterhin dargestellt sind Standort der installierten Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) im Quartier. Diese sind in einer weiteren, nachfolgenden Abbildung gesondert ausgewertet.

¹⁶ Quellen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV): https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster & Rhein-Sieg Netz GmbH

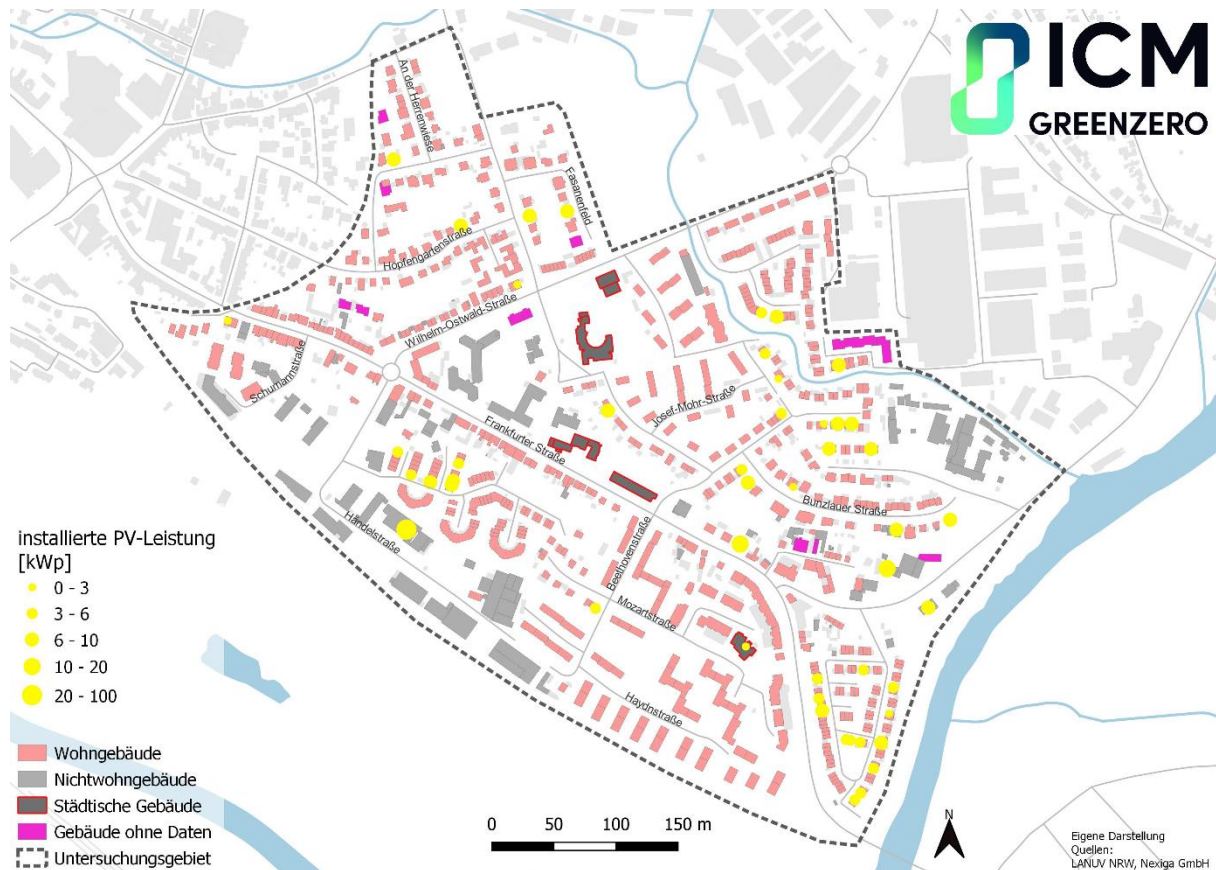


Abbildung 28: Installierte Photovoltaik-Anlagen im Quartier¹⁷

Die Anzahl, **Verteilung sowie die Leistungsklassen der installierten PV-Anlagen** im Quartier zeigen in Abbildung 28, dass überwiegend kleine bis mittlere Anlagen bis zu einer Leistung von 10 kWp auf Einfamilienhäusern bzw. Reihenhäusern vorhanden sind. Die PV-Anlage auf dem Supermarkt in der Händelstr. liegt in der Leistungsklasse bis 100 kWp und ist damit die größte PV-Anlage im Quartier.

Das theoretische Potenzial an installierbarer PV-Leistung errechnet sich zu ca. 8,4 MWp. Die kompletten Dachflächen der Gebäude auf denen bereits PV-Anlagen installiert sind, wurden dabei nicht mit berechnet.

¹⁷ Quelle: Rhein-Sieg Netz GmbH

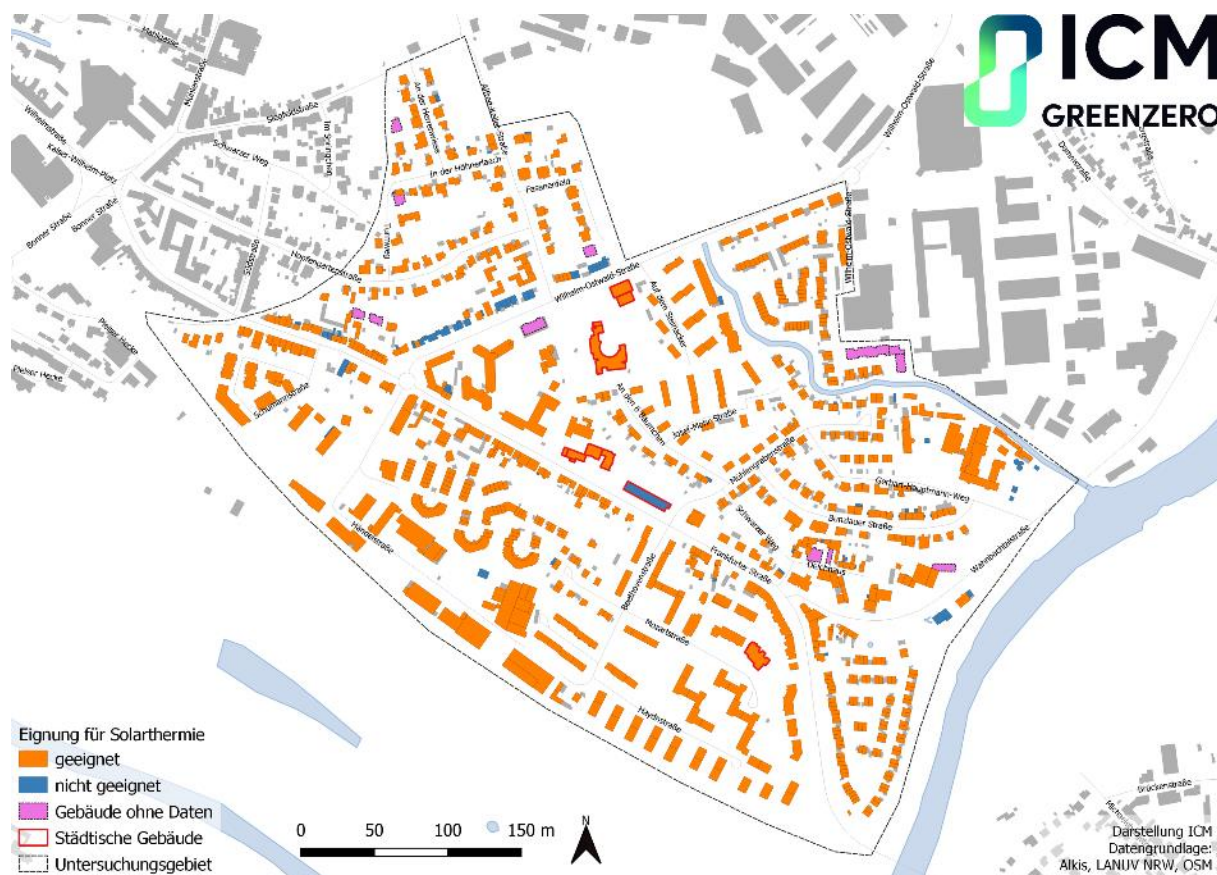


Abbildung 29: Eignung von Dachflächen für die Nutzung von Solarthermie¹⁸

In Abbildung 29 wird die **theoretische Eignung der Dachflächen** im Quartier für die Nutzung von **Solarthermie-Anlagen** aufgezeigt. Bis auf wenige Ausnahmen, sind meisten Dachflächen gut geeignet.

¹⁸ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV): https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster

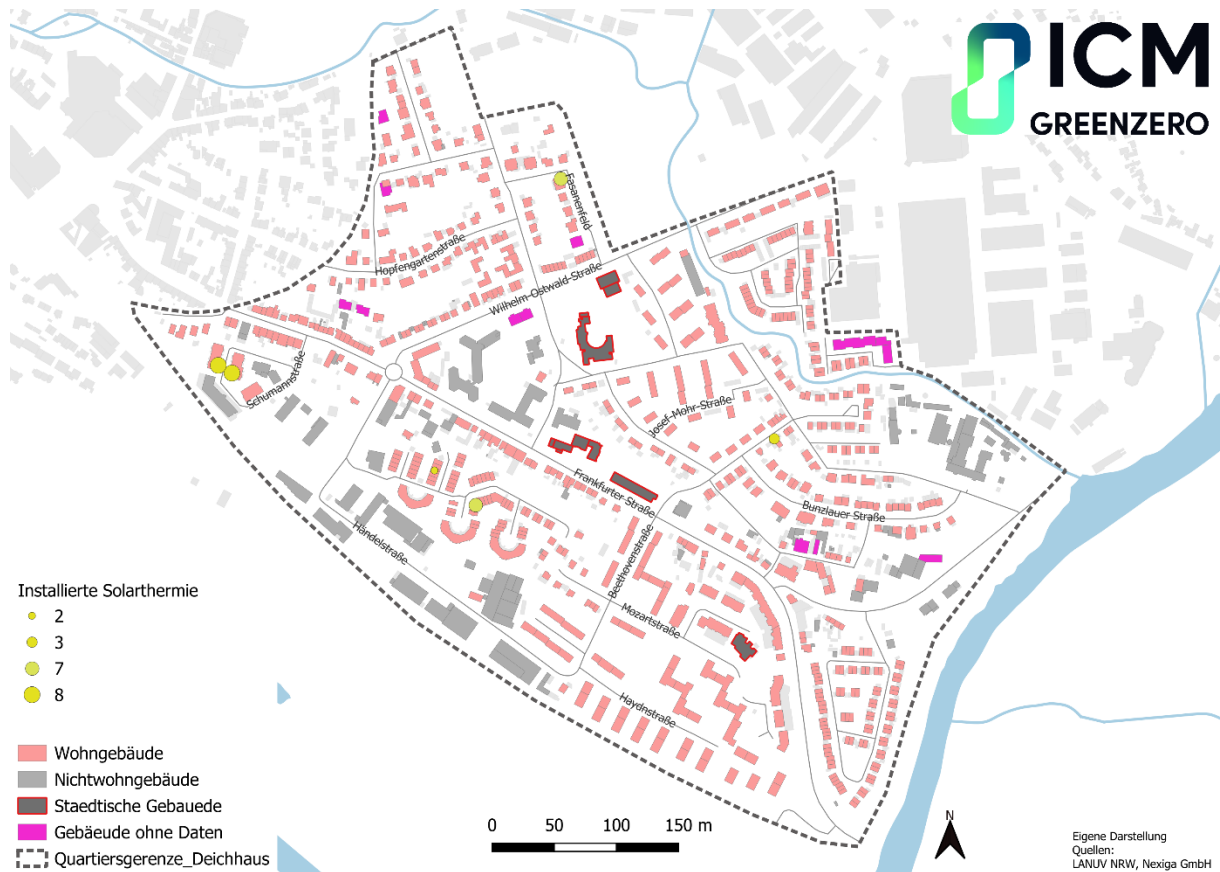


Abbildung 30: Installierte Solarthermie-Anlagen im Quartier¹⁹

Die **Anzahl und Verteilung der installierten Solarthermie-Anlagen** im Quartier zeigen, dass nur sehr wenige Anlagen insgesamt installiert sind (u. a. auf dem AWO-Campus sowie auf wenigen Ein/Zweifamilienhäusern bzw. Reihenhäusern), siehe Abbildung 30. Somit ist ein großes, bisher ungenutztes Solarthermie-Potenzial im Quartier vorhanden. Jedoch wird auf die eingangs beschriebene, bestehende Flächenkonkurrenz zu Photovoltaikanlagen hingewiesen.

¹⁹ Quelle: eigene Erhebungen

Die Möglichkeit zur Nutzung von **Geothermie** hängt von vielen Faktoren ab. Unter Anderem sind wasserrechtliche Anforderungen sowie (hydro-) geologische Gegebenheiten zu berücksichtigen. Anhand einer groben Abschätzung der energetischen Ergiebigkeit des Untergrundes konnte insgesamt ein hohes Potenzial ermittelt werden, siehe Abbildung 31.

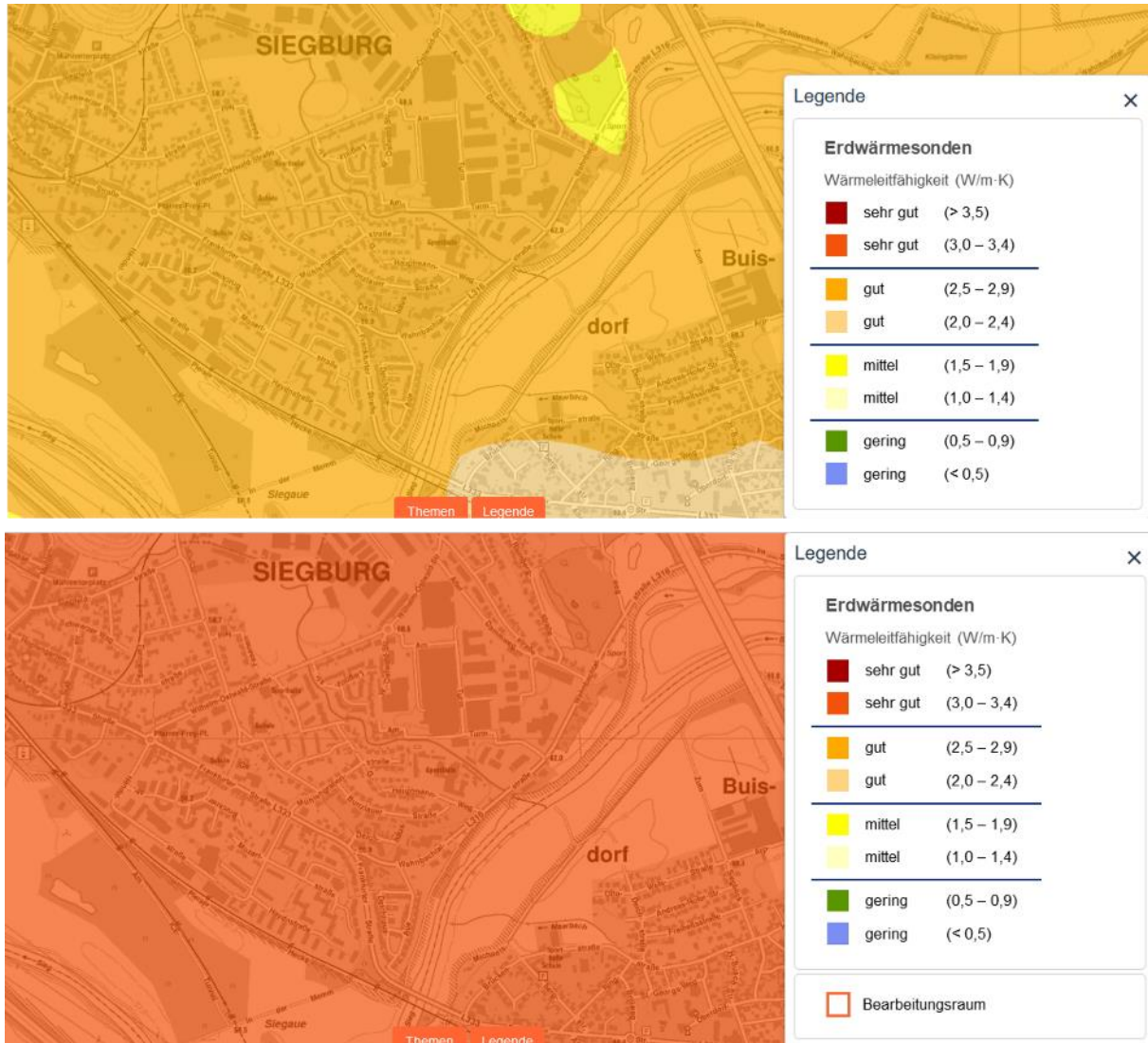


Abbildung 31: Potenzial für die Nutzung von Geothermie (oben: Oberflächennahe Geothermie, Erdwärmesonden 100m; unten: Mitteltiefe Geothermie, Erdwärmesonden 1000m)²⁰

²⁰ Quelle sowie weitergehende Informationen: Geologischer Dienst NRW, <https://www.geothermie.nrw.de/oberflaechennah> & <https://www.geothermie.nrw.de/mitteltief>



Abbildung 32: Hydrogeologische Standortbewertung für Erdwärmesonden²¹

Das theoretische Potenzial zur Nutzung von **oberflächennaher Geothermie** bis 100 m Sondenlänge wird als gut bewertet (siehe Abbildung 31). Wie in Abbildung 32 dargestellt, ist das Gebiet jedoch als hydrogeologisch sensibler Bereich ausgewiesen²². Somit ist eine Nutzung von Geothermie möglich, für den Einzelfall ist jedoch eine individuelle Standortbeurteilung des Geologischen Dienstes NRW einzuholen. Die Entscheidung, ob der Einbau und Betrieb einer Anlage genehmigt, oder mit zusätzlichen Nebenbestimmungen versehen oder versagt wird, liegt immer bei der zuständigen Unteren Wasserbehörde²³. Auf dem Gebiet des Quartiers Deichhaus sind jedoch bereits Geothermieranlagen in Betrieb, womit davon ausgegangen wird, dass eine Nutzung von oberflächennaher Geothermie nach einer positiven Einzelfallentscheidung möglich ist. Wasserschutzgebiete sind auf der Fläche des Quartiers nicht ausgewiesen. Die wasserrechtliche Erlaubnis wird ebenfalls prinzipiell durch die zuständige Untere Wasserbehörde erteilt.

Das theoretische Potenzial zur Nutzung von **mitteltiefer Geothermie** bis 1000 m Sondenlänge wird als sehr gut bewertet. Hier müssen die Randbedingungen der zur Nutzung der Technologie im Einzelfall betrachtet werden. Vorab ist hier bereits die Bergbehörde in den Planungsprozess zu beteiligen, indem dieser die Bohrung vorab angezeigt wird. Erfolgt die

²¹ Quelle: Geologischer Dienst NRW (GD NRW), <https://www.geothermie.nrw.de/oberflaechennah>

²² Quelle: GD NRW, <https://www.geothermie.nrw.de/oberflaechennah>: „Zu hydrogeologisch kritischen Bereichen für den Einbau von Erdwärmesonden gehören neben Wasserschutzgebieten u. a. auch Vorkommen von verkarsungsfähigen oder quellfähigen Gesteinen, dauerhaft oder zeitweise artesisch gespanntes Grundwasser, hydrologisch sensibler Stockwerksbau sowie bekannter oder vermuteter CO₂-Aufstieg. Über Altlasten(verdachts)flächen gibt das System keine Auskunft.“

²³ Quelle: GD NRW, <https://www.geothermie.nrw.de/oberflaechennah>: „Die Genehmigungsbehörde für den Einbau und den Betrieb von Sonden am angefragten Standort ist der Kreis / die kreisfreie Stadt **Rhein-Sieg-Kreis**.“

Erdwärmegewinnung und Nutzung nicht zusammen auf demselben Grundstück benötigen Hauseigentümerinnen und -eigentümer eine bergrechtliche Genehmigung.

Die thermische Energie des Abwassers kann über die Technologie der **Abwasserwärmenutzung** zur Wärmeversorgung von Gebäuden genutzt werden. Dazu werden kanalintegriert oder als Bypass Wärmetauscher installiert, die dem Abwasser die Wärme entziehen. Die Wärme wird für Wärmepumpen als Quelle genutzt, wodurch Wärme auf einem für Gebäude nutzbaren Temperaturniveau bereitgestellt wird. Das Potenzial im Quartier Deichhaus ist ohne genaue Daten²⁴ des Versorgers schwer abzuschätzen. Jedoch lassen sich über Kriterien bereits erste Grundvoraussetzungen zur Nutzung der Technologie ermitteln. Es wird davon ausgegangen, dass ab einem Kanalquerschnitt von DN800 eine Nutzung prinzipiell erfolgen kann.²⁵

Dieses Kriterium wird in nachfolgender Abbildung 33 graphisch dargestellt. Mit der weiteren Anforderung eines geraden Kanalabschnitts ergibt sich für Teile der Wilhelm-Ostwald-Straße, Teile der Frankfurter Straße, Teile der Händelstr. sowie Teile der Beethovenstr. ein Ansatz für eine weitergehende Potenzialuntersuchung. In Rahmen dieser sollten weitere Kriterien wie der minimale, nutzbare Trockenwetterabfluss und die maximal mögliche Abkühlung der Abwassertemperatur im Teilstrang untersucht werden.

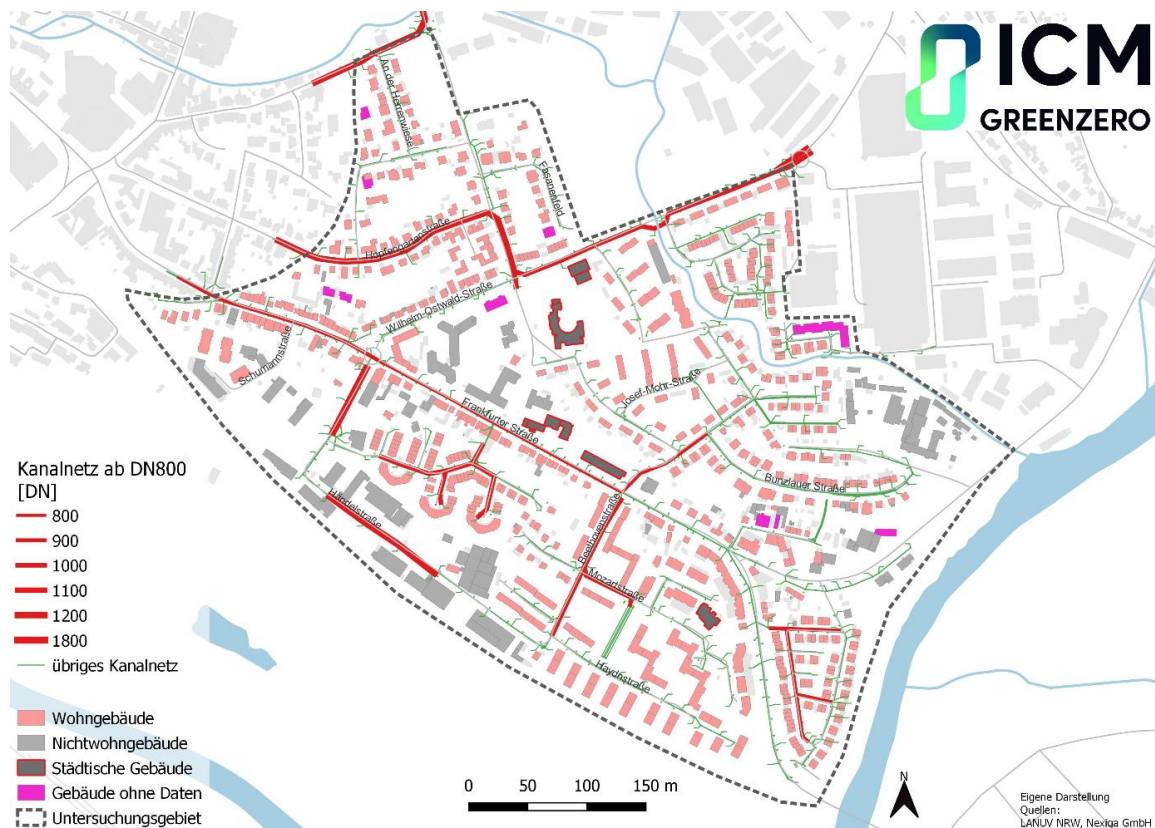


Abbildung 33: Kanalnetz im Quartier Deichhaus, rot hervorgehoben, Kanalquerschnitte > DN800²⁶

²⁴ Datenbasis für eine erste Abschätzung zu möglichen Potenzialen war im Wesentlichen der Kanalquerschnitt.

²⁵ Quelle: ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende?, 2018

²⁶ Quelle: Stadt Siegburg

6 Versorgung (AP5)

6.1 Einleitung

Ziel ist die Versorgung kommunaler Gebäude mit erneuerbaren Energien, hier mit der Wärme aus Wärmepumpen. Daher wird ein Energiekonzept für eine „grüne“ Wärmeversorgung der Gebäude über ein Nahwärmenetz entwickelt (Grobkonzept). Dafür werden Varianten definiert und anschließend hinsichtlich technischer Machbarkeit analysiert und unter ökonomischen Gesichtspunkten bewertet.

Im Fokus stehen hier folgende fünf kommunale Einrichtungen sowie eine Kirche:

- Turnhalle der Hans Alfred Keller-Schule
- Schulgebäude der Hans Alfred Keller-Schule
- Kirche St. Elisabeth
- Jugendzentrum Deichhaus
- Kita Deichhaus-Küken
- Asylunterkunft

In der folgenden Abbildung 34 sind diese Gebäude im räumlichen Zusammenhang dargestellt.

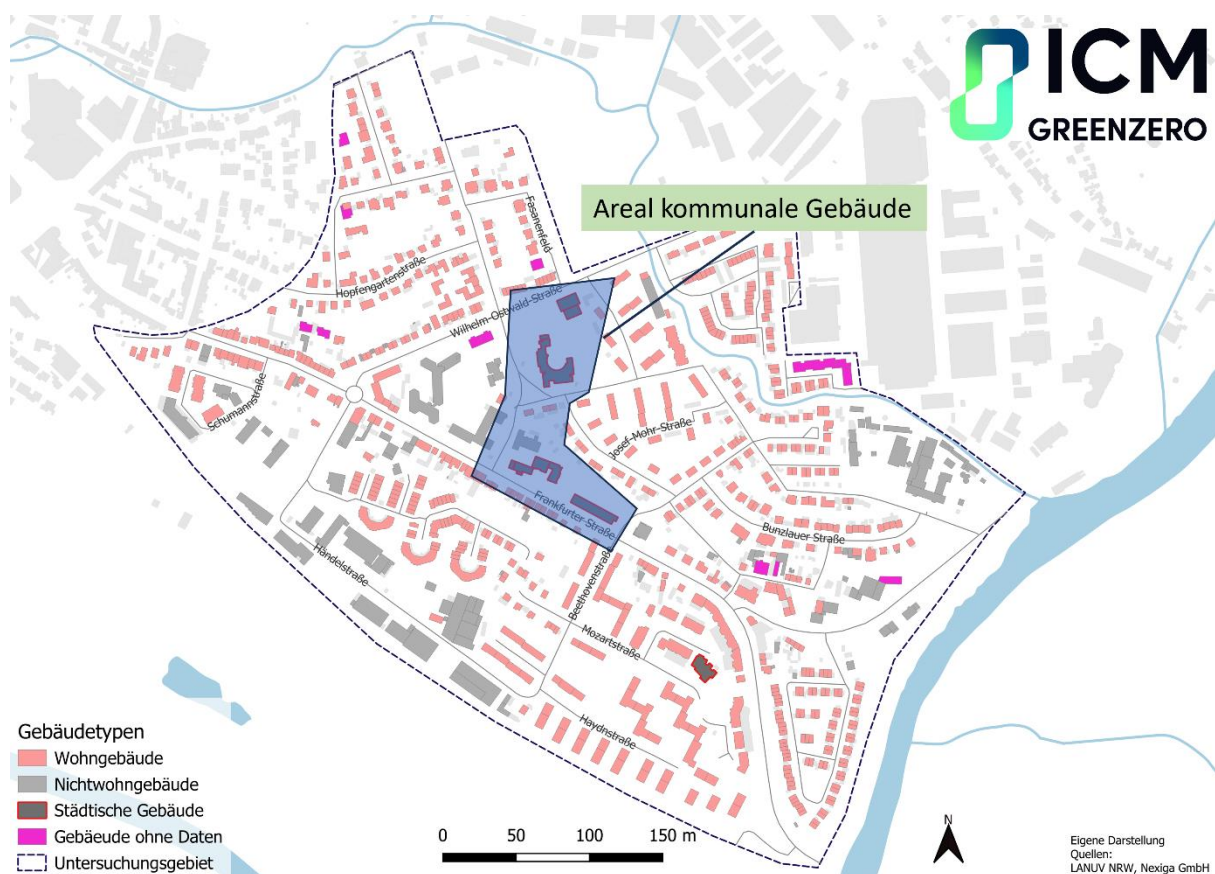


Abbildung 34: Räumlicher Zusammenhang der kommunalen Gebäude

Als potenzielle Netzerweiterung wird im Verlauf der Studie der nahegelegene AWO-Campus mit betrachtet und überschlägig ins Konzept integriert, siehe Abbildung 35.

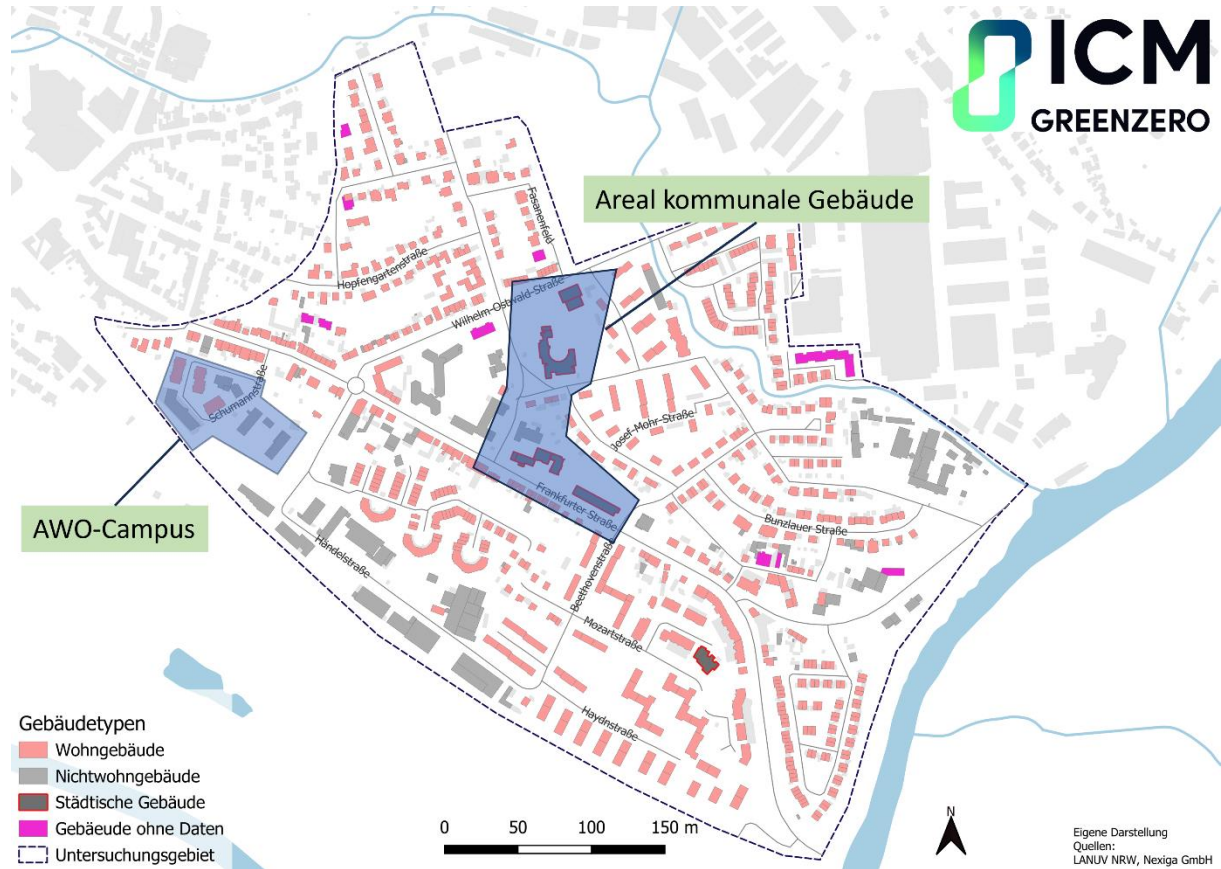


Abbildung 35: Räumlicher Zusammenhang mit AWO-Zentrum

Anhand von Wärmeliniedichten können die Potenziale für Nahwärmenetze identifiziert werden. Ein wirtschaftlicher Betrieb eines Wärmenetzes ist ab ca. 1.500 kWh/m*a möglich. Maßgeblich ist der Wärmebedarf der zu versorgenden Gebäude im sanierten Zustand. Nachfolgende Abbildung 36 zeigt die Wärmeliniedichte auf Basis der Wärmebedarfe zum IST-Zustand.

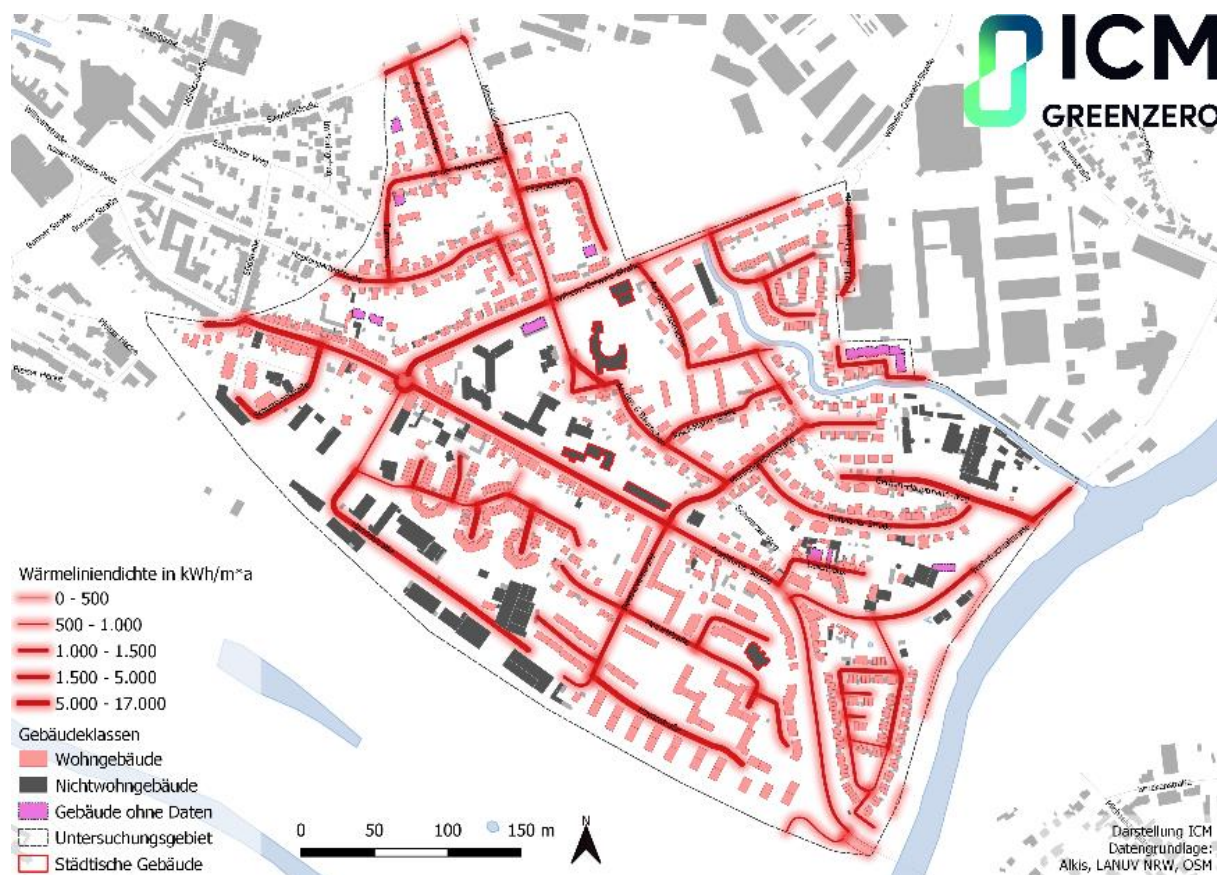


Abbildung 36: Wärmeliendichten für den derzeitigen Zustand der Gebäude (IST-Zustand, überwiegend unsaniert / teilsaniert).²⁷

Ein mögliches Nahwärmenetz könnte eine in der nächsten Abbildung 37 dargestellte Trassenführung haben.

²⁷ Quelle: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV): https://www.energieatlas.nrw.de/site/planungskarte_waerme

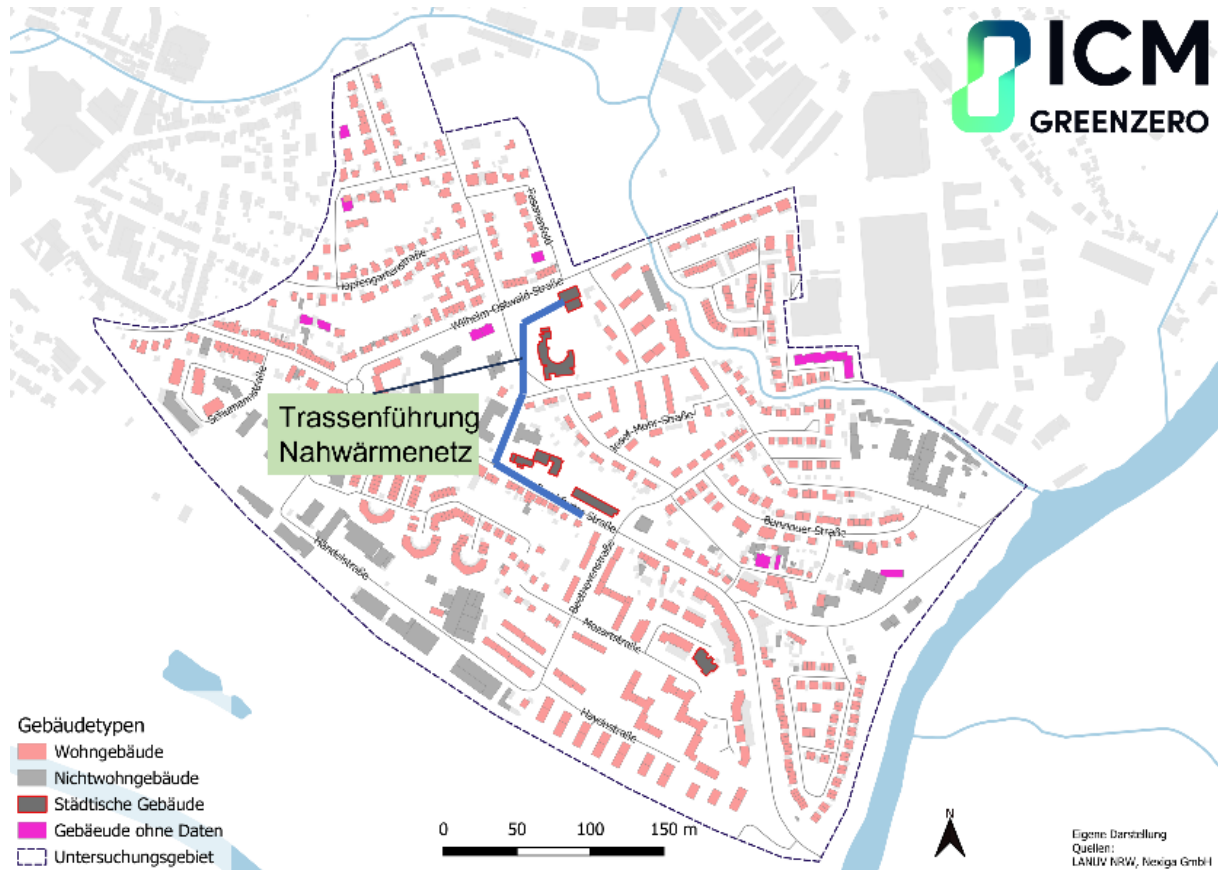


Abbildung 37: Schematische Darstellung einer möglichen Trassenführung eines Nahwärmenetzes
 In der erweiterten Variante könnte ein Nahwärmenetz wie in Abbildung 38 trassiert werden.

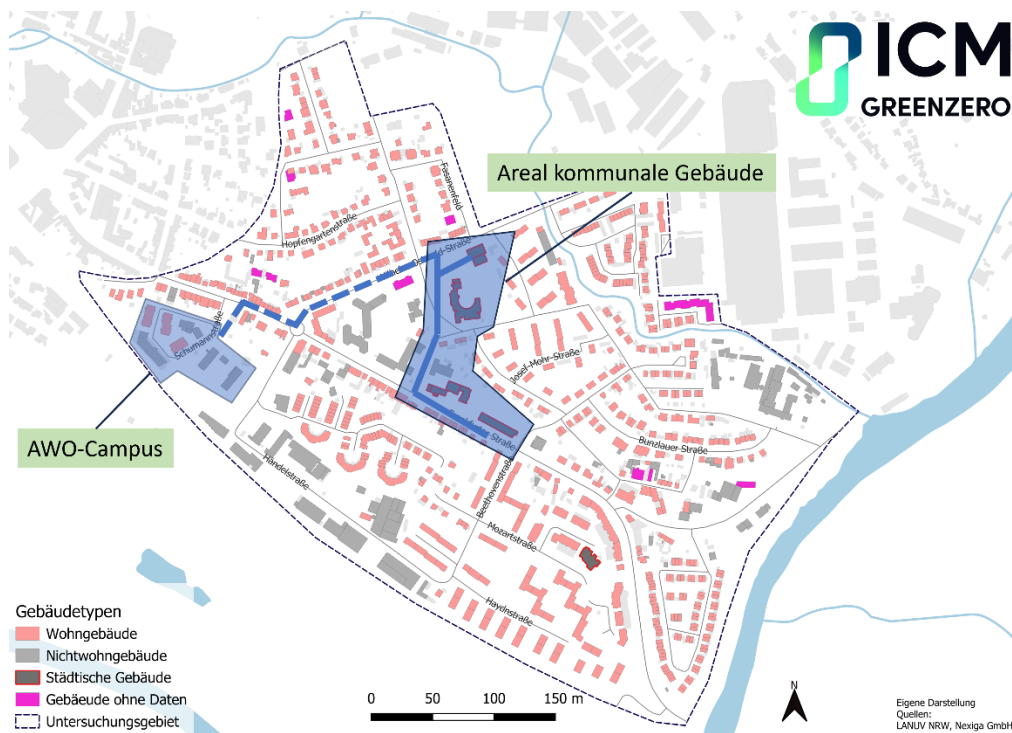


Abbildung 38: Schematische Darstellung eines Nahwärmenetzes mit AWO-Zentrum

6.2 Wärmeversorgungskonzept

Unter der Annahme, dass sämtliche Gebäude die Voraussetzungen für eine Versorgung mittels erneuerbarer Energien erfüllen (max. Vorlauftemperatur 55 °C), wird hier ein Energiekonzept auf Basis von Wärmepumpen und einem Nahwärmenetz und somit zu 100 % brennstofffrei entwickelt. Als Energiequelle sollen die Varianten „Erdwärmesonden“ und „Eisspeicher“ untersucht werden.

Wärmepumpen erzeugen Wärme, indem sie Umweltwärme in Form von zum Beispiel Luft oder Erdwärme unter Zuhilfenahme von Strom auf das gewünschte Temperaturniveau heben. Dabei wird die Quelle (Umwelt) abgekühlt. Dieser Prozess ist identisch (nur mit der umgekehrten) Wirkung mit dem eines Kühlschranks. Je höher dabei die Temperatur der Umwelt, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe. Folglich sind z. B. erdwärmebasierte Systeme im Winter effizienter als Luft-Aggregate. Trotzdem kann es sinnvoll sein, Systeme zu nutzen, denen gezielt so viel Energie entzogen wird, dass sie einfrieren. Diese sogenannte Vereisungsenthalpie enthält genauso viel Energie, als wenn man Wasser von 0 °C auf 80 °C erwärmt. Darüber hinaus finden diese Konzepte häufig bei Kühlanforderungen Anwendung.

6.2.1 Variante 1: Erdwärmesonden

Klassische, weit verbreitete Erdsonden sind Bohrungen mit bis zu 100 m Tiefe. Im speziellen Fall, u. a., wenn die zur Verfügung stehende Fläche nicht ausreicht, können auch tiefere Bohrungen, z. B. 500 m eine Alternative sein. Letztere haben den Vorteil, dass weniger Bohrungen benötigt werden und die Temperatur in diesen Tiefen wesentlich stabiler und höher ist und somit die Wärmepumpe noch effizienter betrieben werden kann. Allerdings sind die rechtlichen Hürden hier auch entsprechend höher.

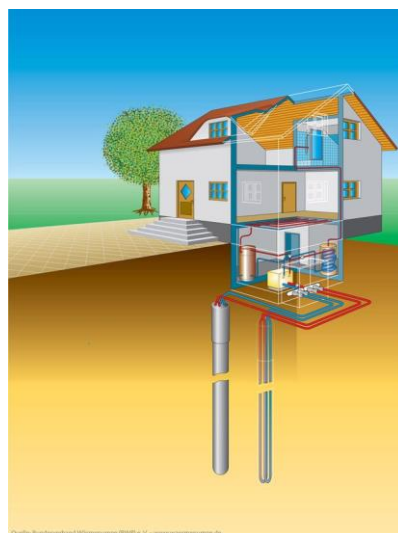


Abbildung 39: Schematische Darstellung einer Wärmepumpe mit Erdwärmesonden²⁸

²⁸ Quelle: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V., Copyright CC BY-NC-SA 3.0 AT

6.2.2 Variante 2: Eisspeicher

Ein Eisspeicher ist ein großer mit Wasser gefüllter Zylinder, der problemlos z. B. unter Parkplätzen gebaut werden kann. So braucht dieses System verhältnismäßig wenig Platz und ist als hydraulisch abgeschlossenes System auch genehmigungsrechtlich einfach abzuwickeln. Ein Eisspeicher ist ein System, das über die Heizperiode hinweg stetig abgekühlt wird und schließlich einfriert. Im Sommer wird er über z.B. solare Systeme und andere Formen von Wärmeertrag wieder aufgetaut.



Abbildung 40: Einbau eines Eisspeichers²⁹

²⁹ Quelle: energie.blog, <https://energie.blog/in-rendsburg-versorgt-ein-eisspeicher-gebäude-mit-heizenergie/>;
Bild: Sebastian Krug

6.3 Grundlagen

Das Energiekonzept funktioniert unter der Annahme, dass sämtliche Gebäude wärmepumpentauglich sind, sprich mit einem Temperaturniveau von ≤ 55 °C im Vorlauf auskommen. Das setzt im betrachteten Areal teilweise energetische Sanierungsmaßnahmen an den Gebäudehüllen voraus. Die in der folgenden Tabelle 8 angegebenen Werte sind somit Annahmen zu möglichen Wärmebedarfen nach einer energetischen Sanierung.

Tabelle 8: Grundlagendaten für das Energieversorgungskonzept

Gebäude	spez. Heizlast [W/m ²]	abs. Heizlast (Heizung) [kW]	spez. Wärmebedarf [kWh/m ²]	abs. Wärmebedarf (Heizung) [MWh/a]
Turnhalle	25	28	74	82
Schule	55	160	120	285
Kirche	80	95	123	190
Jugendzentrum	23	15	36	23
Kita	55	60	98	100
Flüchtlingsunterkunft	27	30	38	41

Darüber hinaus wird eine Genehmigungsfähigkeit und ein ausreichendes Platzangebot für das geplante Quellensystem vorausgesetzt.

6.4 Simulation der Konzeptvarianten

Die Simulation des Versorgungssystems wurde mit der Software Polysun durchgeführt. In Abbildung 41 und Abbildung 42 sind die Hydrauliksysteme und gleichzeitig Simulationsmodelle für die Variante Erdsonden und Eisspeicher dargestellt. Die übrigen Gebäude sind hydraulisch identisch aufgestellt, wie die hier im Ausschnitt dargestellte Turnhalle und Schule³⁰. Da die Warmwasserbereitung dezentral über elektrische Durchlauferhitzer³¹ erfolgt, ist diese hier nicht im Energiesystem berücksichtigt.

Vereinfacht wurde im Polysun-Modell angenommen, dass das Energiesystem mit einer einzigen Wärmepumpe auskommt. Unter anderem aus Gründen der Betriebssicherheit würden in der Realität bis zu drei Wärmepumpen die nötige Wärme erzeugen. Für die

³⁰ Dies bedeutet, dass die Hydraulik gebäudeseitig bestehend aus Hausanschlussstation, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe, bei den hier nicht abgebildeten Gebäuden im Wesentlichen vergleichbar aufgebaut ist.

³¹ Im Fall der Turnhalle wird eine elektrische Nacherhitzung über einen Trinkwasser-Booster vorgehen.

Simulationsergebnisse hinsichtlich der Quellentechnik und Gebäudebedarfe ergeben sich diesbezüglich aber keine Unterschiede.

Um die Laufzeiten der Wärmepumpe zu erhöhen und die Taktungen zu reduzieren wird in diesem Konzept ein 20 m³ Pufferspeicher nachgeschaltet. Dieser ermöglicht zusätzlich einen intelligenten Betrieb zum Beispiel im Hinblick auf Strompreise. Diese Steuerlogik wird hier aber nicht berücksichtigt.

Im Unterschied zum Erdsondensystem muss bei einem Eisspeicher zwingend eine zweite Komponente installiert werden, da dieser von allein nicht regeneriert. Der Einfluss der Wärme aus dem umliegenden Erdreich ist anders als bei dem tief reichenden Erdsonden hier nicht ausreichend. Dementsprechend werden Eisspeicher i.d.R. mit Solarkollektoren kombiniert, die im Sommer mit Hilfe der Sonnenwärme den Eisspeicher wieder auftauen.

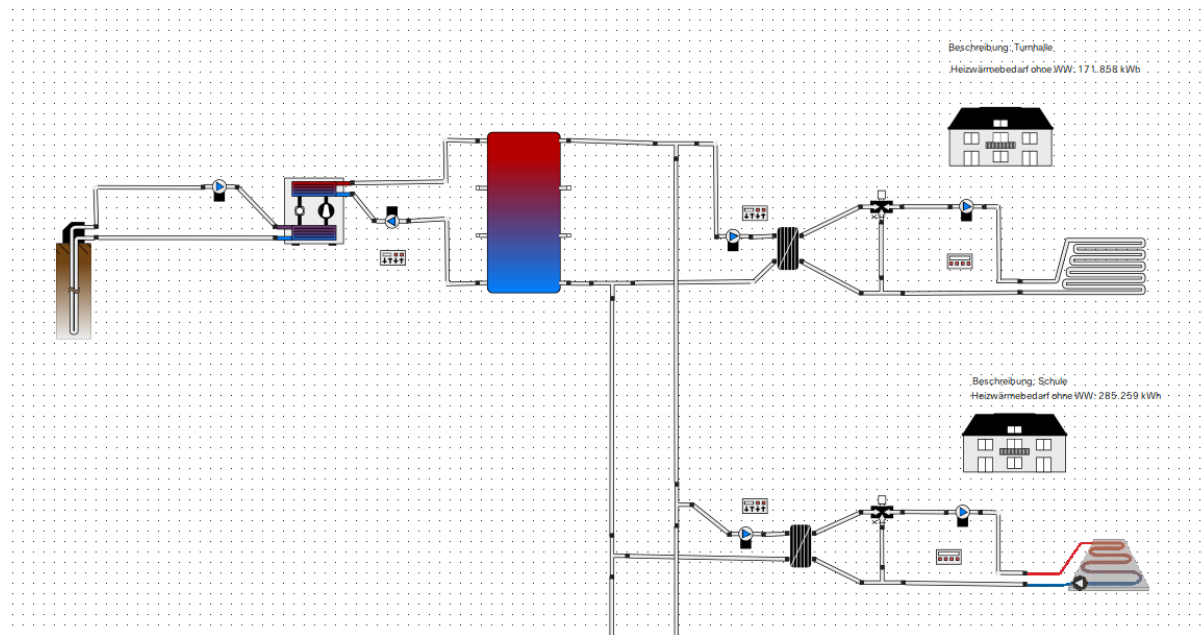


Abbildung 41: Hydraulikschema und Simulationsmodell der Variante Erdsonden (Ausschnitt)

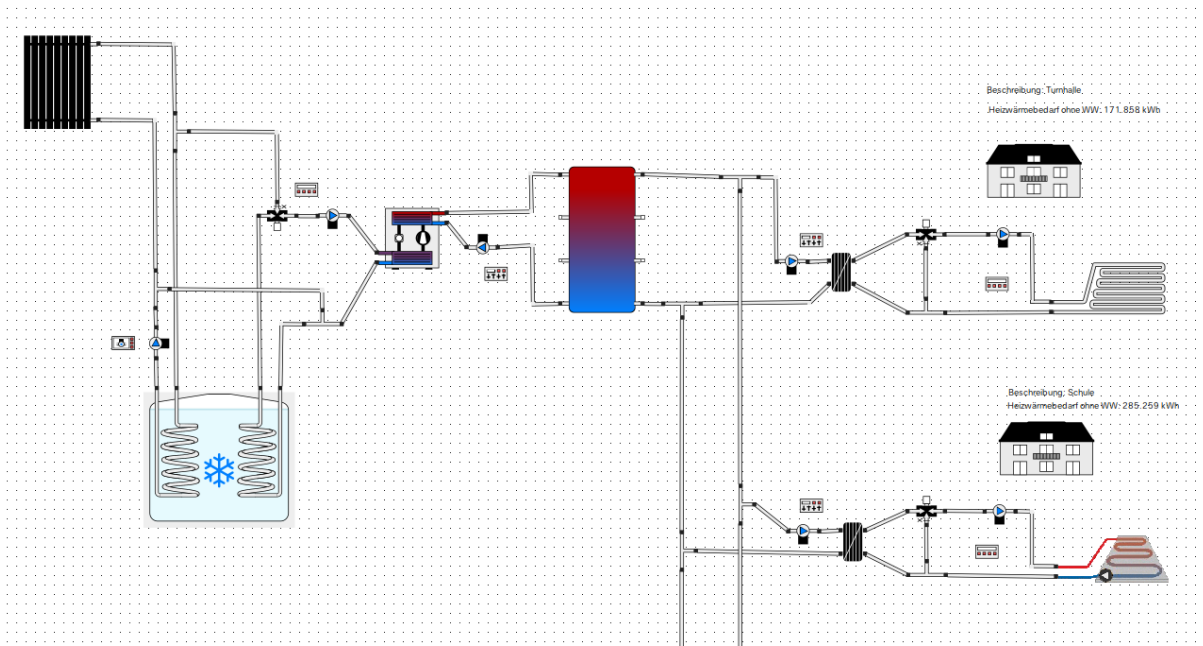


Abbildung 42: Hydraulikschemata und Simulationsmodell der Variante Eisspeicher (Ausschnitt)

Um den Energiebedarf der Gebäude zu decken, ergibt die Simulation aus der Variante „Erdsonden“ eine Anzahl von insgesamt 70 Erdsonden. Um diese Zahl zu validieren, müssten im Nachgang u. a. entsprechende Testbohrungen durchgeführt werden, um die Ergiebigkeit des Erdreichs zu untersuchen. Auf dieser Basis ergeben sich für diese Variante die in Tabelle 9 dargestellten Ergebnisse:

Tabelle 9: Simulationsergebnisse Variante Erdsonden

Parameter	Wert
Mittlere Außentemperatur am Standort	11,1 °C
Durchschnittliche Austrittstemperatur Erdsonde	1,7 °C
Entzugsenergie Erdsonde	439 MWh
Jahresarbeitszahl Wärmepumpe	3,01
Betriebsdauer Wärmepumpe	2.492 h
Stromverbrauch Wärmepumpe im Heizbetrieb	230 MWh
Abgegebene Heizenergie Wärmepumpe	691 MWh
Wärmeverluste im Wärmenetz	ca. 4%

Die Auslegung des Eisspeichers hängt u.a. maßgeblich vom Gebäudelastgang und den Kühlmöglichkeiten im Sommer ab. Sofern Gebäude gekühlt werden können, bedeutet das gleichzeitig eine Abfuhr von Wärme, die den Eisspeicher zusätzlich zu den Solarkollektoren regenerieren kann. So müsste hier im Nachgang eine genauere Erfassung der Gebäudedaten stattfinden.

Die Ergebnisse der Eisspeichersimulation sind in Tabelle 10 dargestellt. Der hier benötigte Eisspeicher hat einen Durchmesser von 16 m, eine Einbautiefe von ca. 5,5 m (Wasserstand =

4,5 m) und ein Wasservolumen von 904 m³. Zur Regeneration kommen 100 Solarkollektoren mit einer Bruttogesamtfläche von 256 m² zum Einsatz.

Tabelle 10: Simulationsergebnisse Variante Eisspeicher

Parameter	Wert
Mittlere Außentemperatur am Standort	11,1 °C
Durchschnittliche Austrittstemperatur Eisspeicher	6,8 °C
Maximaler Vereisungsgrad	72,8%
Jahresarbeitszahl Wärmepumpe	2,66
Betriebsdauer Wärmepumpe	2.684 h
Stromverbrauch Wärmepumpe im Heizbetrieb	264 MWh
Abgegebene Heizenergie Wärmepumpe	702 MWh
Wärmeverluste im Wärmenetz	ca. 4%

Als Ergänzung zum Wärmenetz für die oben berechneten kommunalen Einrichtungen, wird die Anbindung des nahegelegenen AWO-Campus als Grobkonzept zusätzlich mitberücksichtigt, siehe Abbildung 43 und Abbildung 44.

Mit Berichtsverfassung wurde nicht abschließend geklärt, welche Gebäude mit welchem Wärmebedarf angeschlossen werden können, somit wird hier vereinfacht der AWO-Campus als ein Anschlussnehmer betrachtet. Laut dem von der AWO für den Neubau beauftragten Architekten haben die Bestandsgebäude und der geplante Neubau einen Wärmebedarf von insgesamt 1.800 MWh.

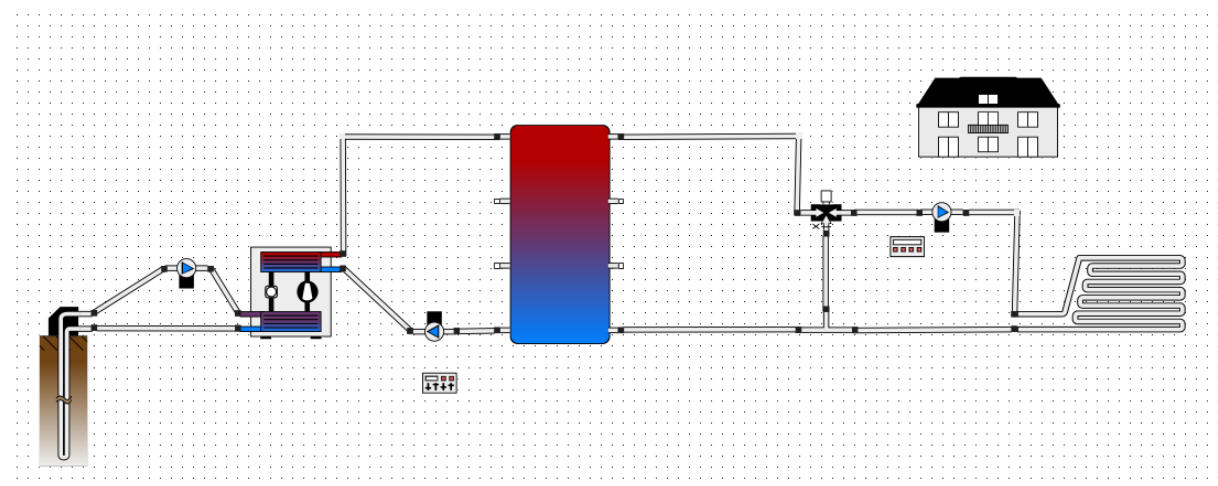


Abbildung 43: Vereinfachtes Hydraulikschema und Simulationsmodell der Variante Erdsonden (incl. Anbindung AWO-Campus)

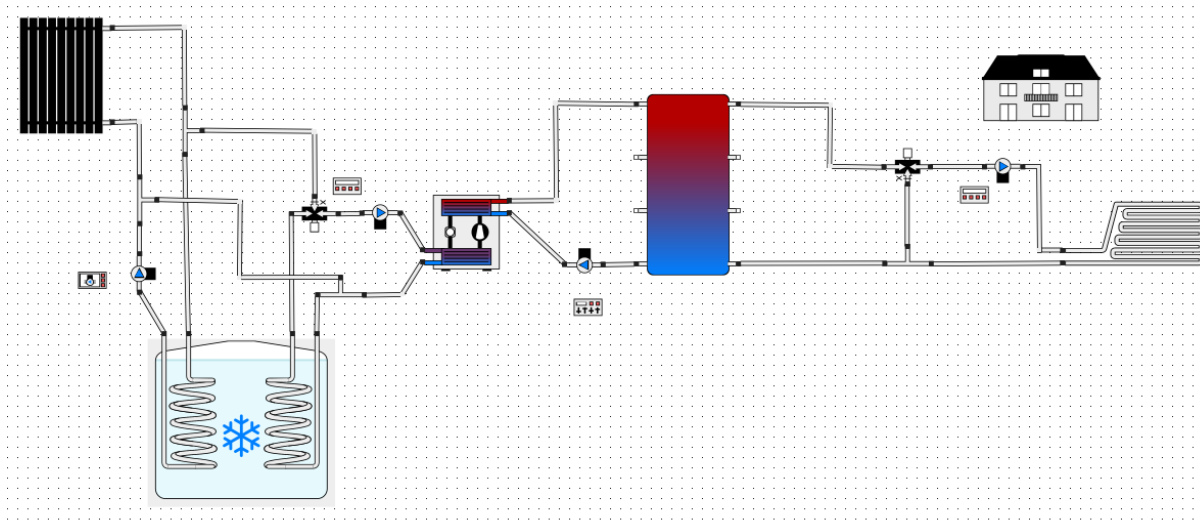


Abbildung 44: Vereinfachtes Hydraulikschema und Simulationsmodell der Variante Eisspeicher (incl. Anbindung AWO-Campus)

Mit der **Erweiterung um den AWO-Campus sind nochmal ca. 100 Erdsonden** zusätzlich nötig. Ein möglicher Eisspeicher bräuchte ein **Wasservolumen von ca. 2.500 m³ zusätzlich** zur einfachen Variante für die kommunalen Gebäude.

Bei diesen Dimensionen wird ein monovalenter Betrieb nicht möglich sein, sprich man wird verschiedene Technologien im System kombinieren müssen. Eine Alternative könnten tiefere Bohrungen in Kombination mit Solarer Wärme darstellen.

Solche Konzepte sind aber mit tiefergehenden Simulationen und gleichzeitiger Prüfung der Genehmigungsfähigkeit verbunden.

6.5 Kostenrahmen und Fördermittel

Im Rahmen dieser Potenzialstudie wird keine detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung vorgenommen und keine Finanzierung vorgeschlagen. Die pauschale Abschätzung der Kosten ist ohne konkrete Angebote und Planung äußerst schwierig und dementsprechend ungenau. Dennoch können die hier ermittelten Kosten (Nettokosten) als Orientierung für ein zukünftiges System dienen.

6.5.1 Fördermittelübersicht

Für die Errichtung solcher nachhaltiger Energieversorgungslösungen stehen Bundesprogramme für Fördermittel zur Verfügung. Für die Sanierung einzelner Gebäude, ggf. auch als Einzelmaßnahme gibt es das Bundesprogramm effiziente Gebäude (BEG), das entweder als Zuschuss über die BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) oder als Kredit von der KfW-Bank (Kreditanstalt für Wiederaufbau) gewährt wird. Als weiteres Programm ist in diesem Zusammenhang das Sesa (Bundesförderung für serielles Sanieren) zu nennen, welches ebenfalls ein Bundesprogramm der BAFA ist.

Für die Errichtung eines Wärmenetzes der 4. oder 5. Generation sieht die BAFA das Bundesprogramm effiziente Wärmenetze (BEW) vor, welches das Vorhaben mit bis zu 50 % unterstützt.

Der Vorteil der aktuellen Förderrichtlinie nach BEW liegt darin, dass auch Betriebskosten teilweise förderfähig sind. Zum Beispiel wird der Eintrag von solarer Wärme mit 1 ct/kWh bezuschusst. Die genauen Bedingungen sind im Merkblatt der Förderbekanntmachung nachzulesen³².

6.5.2 Investitionskosten

Die Kosten wurden zunächst vor Förderung berechnet. Dabei ist zu beachten, dass die Investitionskosten für das Wärmenetzsystem bei einem möglichen Betreiber anfallen und diese voraussichtlich anteilig an die einzelnen Anschlussnehmer weitergegeben werden.

Des Weiteren ist anzumerken, dass die Kosten einen groben Kostenrahmen darstellen, die Preise derzeit sehr volatil sind und ohne genaue Planung und Angebotslegung schwierig zu kalkulieren sind. Die hier aufgeführten Kosten resultieren auf Erfahrungswerten, vergleichbaren älteren Angeboten aus anderen Projekten (ca. 1 Jahr alt), Preislisten verschiedener Hersteller und offiziellen Kostentabellen, z. B. dem Baupreislexikon. Da auch regionale Unterschiede auftreten, ist auch dieser Aspekt bei der Bewertung der Kosten zu berücksichtigen.

Die Förderung für die Investitionskosten werden hier mit 40 % gemäß BEW - Modul II angesetzt. Etwaige Planungskosten aus Modul I (Machbarkeitsstudie) sind bei den Gesamtinvestitionskosten, jeweils vor und nach Förderung, inkludiert. Unter der Annahme, dass die Abnehmer eine Heizleistung von zusammen 600 kW haben, ergeben sich die hier aufgeführten spezifischen Kosten je kW Heizleistung. Damit lassen sich in etwa die anteilig umgelegten Anschlusskosten abschätzen, siehe Tabelle 11.

Tabelle 11: Kostenrahmen für Wärmeverbundsystem (netto)

	V1: Variante Erdsonden	V2: Variante Eisspeicher
Gesamtinvestitionskosten exklusive Förderung	1.985.000 €	1.950.000 €
Gesamtinvestitionskosten inklusive Förderung (BEW)	1.190.000 €	1.170.000 €
Spez. Investitionskosten inklusive Förderung	1.985 €/kW	1.950 €/kW

In den Investitionskosten sind folgende Komponenten zur schlüsselfertigen Errichtung des konzeptionierten Systems enthalten:

- Energiequelle (V1: Erdsonden; V2: Eisspeicher + Solarkollektoren) schlüsselfertig

³² Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW): https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waerменetze/Effiziente_Waerменetze/effiziente_waerменetze_node.html

- Technikzentrale (Gebäude, Wärmepumpen, Speicher, Peripherie, Mess- und Steuerungstechnik)
- Nahwärmenetz
- Wärmeübergabe
- Planungs- und Genehmigungskosten
- Sonstiges

Der Anschluss der Gebäude an das Nahwärmenetz gilt nach BEG jeweils als Einzelmaßnahme und ist somit zu 30 % förderfähig.

6.5.3 Betriebskosten

Da die Betriebskosten immer eine interne Kalkulation des Betreibers sind, können an dieser Stelle nur grobe Annahmen getroffen werden. Jeder Betreiber setzt unterschiedliche Renditen an, hat individuelle Finanzierungsbedingungen und Konditionen für z. B. Strombezug oder Versicherungen.

Diese Betriebskostenabschätzung erfolgte angelehnt an die VDI 2067, in welcher die Kosten nach verbrauchsgebundenen, betriebsgebundenen und sonstigen Kosten gegliedert sind. Unter die verbrauchsgebundenen variablen Kosten fallen die Stromkosten für die Wärmepumpe und sonstige Technik, wie Netzpumpen.

Die betriebsgebundenen Kosten beinhalten fixe Kosten, wie Wartung und Instandhaltung sowie technische und kaufmännische Betriebsführung. Unter den Punkt „sonstige Kosten“ fallen u.a. Versicherungen, Jahresabschlüsse, Rückstellungen und Kapitalkosten.

Für diese Potenzialstudie wurden für die Betriebskostenabschätzung folgende Annahmen getroffen:

- Der Gesamtwärmebedarf der Gebäude inkl. Wärmeverlusten liegt bei 800 MWh.
- Die Kapitalkosten sind statisch auf 20 Jahre gerechnet.
- Die Abschreibung nach Afa³³ der einzelnen Komponenten wird nicht berücksichtigt.
- Die betriebsgebundenen Kosten werden anhand wirtschaftlicher Standards aus Bankensicht kalkuliert
- Die Stromkosten für Wärmepumpen und Allgemeinstrom sind mit aktuell marktüblichen Preisen hinterlegt (Stand 06/23)³⁴.

Da die wirtschaftlichen Standards aus Bankensicht auch anteilig die Erlöse einbeziehen, diese aber logischerweise hier nicht beziffert werden können, sind die Gestehungskosten entsprechende Richtwerte.

Daraus ergeben sich für folgende Wärmegestehungskosten, die beim Betreiber anfallen und mit einem unbekanntem Aufschlag dem Endkunden als Wärmepreis in Rechnung gestellt werden. Zu beachten ist an dieser Stelle, dass sämtliche Kapitalkosten in die

³³ Abschreibungstabelle für allgemein verwendbare Anlagegüter

³⁴ Wärmepumpenstrom: 20ct/kWh; Allgemeinstrom: 30 ct/kWh (incl. Grundpreis, netto)

Wärmegestehungskosten einfließen und noch kein Beitrag für den Anschluss seitens des Endkunden eingerechnet ist. Das heißt, dass die Wärmegestehungskosten voraussichtlich niedriger ausfallen als hier in Tabelle 12 angegeben.

Tabelle 12: Betriebskostenabschätzung

	V1: Variante Erdsonden	V2: Variante Eisspeicher
Wärmegestehungskosten	20,1 ct/kWh	21,0 ct/kWh

6.5.4 Kostenrahmen für das erweiterte Netz zum AWO-Campus

Je größer die Komponente des Gesamtsystem, desto schwieriger ist es, die Kosten pauschal zu kalkulieren. Da bereits die Schätzung aus Kapitel 6.5.2 relativ ungenau ist, sind die folgend angegebenen Werte mit großer Vorsicht zu bewerten.

Auch hier sind die Investitionskosten noch als Kapitalkosten in den Wärmegestehungskosten als statische Position enthalten.

Zusammenfassend, als Grundlage für nachfolgende Berechnungen: der Wärmebedarf beläuft sich für die **Kostenrechnung auf 800 MWh (Schulareal) plus 1.770 MWh AWO-Campus. Die Heizleistung wird mit 600 kW (Schulareal) plus 950 kW (AWO-Campus) angesetzt.**

Tabelle 13: Kostenübersicht für die Netzerweiterung

	V1: Variante Erdsonden	V2: Variante Eisspeicher
Investitionskosten vor Förderung	4.300.000 €	4.000.000 €
Spez. Investitionskosten nach Förderung	1.665 €/kW	1.548 €/kW
Wärmegestehungskosten	14,28 ct/kWh	15,19 ct/kWh

Die technische Auslegung der Energiequelle für das Versorgungskonzept müsste im Vergleich zur Basisvariante um in etwa den **Faktor 2,5 vergrößert** werden. Hier gelten dieselben Annahmen wie in den vorherigen Kapiteln bereits beschrieben. Aufgrund von Skaleneffekten erhöhen sich die Kosten voraussichtlich aber nur um den **ungefähren Faktor von 2,1**, wobei sich die **spezifischen Investitionskosten für die Endkunden auf ca. 80 % des vorher angenommenen Preises belaufen**, siehe Tabelle 13.

6.6 Ergebnis und Zusammenfassung

Ohne weitere Untersuchungen und detaillierte Planung des Energieversorgungssystems ist die Bestimmung des Kostenrahmens sehr ungenau. Ein nationaler Vergleich der Konditionen für Wärme aus Niedertemperaturnetzen ist ebenfalls schwierig, da die meisten innovativen Wärmenetze der 4. und 5. Generation auf einem Temperaturniveau zwischen 10 und 40 °C betrieben werden. Im Quartier Deichhaus muss das Wärmenetz mit einer Vorlauftemperatur von 50 bis 55 °C geplant werden, da einerseits die hier geplante Standardwärmepumpen kein höheres Temperaturniveau bereitstellen können und andererseits die Verbraucherseite nicht mit einem niedrigerem Temperaturniveau versorgt werden kann (Gebäude im teilsanierten Zustand). Somit ist die Effizienz des Gesamtsystems immens verringert und in der Folge die benötigte Erzeugerleistung der Wärmepumpen erhöht.

7 Quartiersbilanz (AP6)

Quartiersbilanz: Berechnete Energiebedarfe und CO₂-Emissionen für die Wohngebäude im Quartier

Die Gesamtenergie- und CO₂-Bilanz umfasst den IST-Zustand und die sanierten Zustände (MOD1 & MOD2) der **Wohngebäude für das gesamte Quartier**, auf Basis der Arbeiten in AP2 und ist in nachfolgender Tabelle 14 zusammengefasst.

Tabelle 14: Gesamtenergie- und CO₂-Bilanz der Wohngebäude für das gesamte Quartier

	IST	MOD 1	MOD 2
Endenergiebedarf des Wohngebäudebestands in MWh pro Jahr	28.968	7.536	3.346
CO₂-Emissionen des Wohngebäudebestands in Tonnen pro Jahr	6.038	2.758	1.224

Bezüglich der Randbedingungen zur Ermittlung der Kennwerte wird auf Kapitel 3 verwiesen. Die hier dargestellten theoretischen Kennwerte beziehen sich jeweils auf eine vollumfängliche Sanierung gemäß MOD 1 und MOD 2 aller Wohngebäude im Quartier. Die Einsparpotenziale für CO₂ ergeben sich in Bezug auf den IST-Zustand für MOD 1 zu 54% und für MOD 2 zu 80%. Zu beachten ist, dass die aktuellen CO₂-Emissionfaktoren für den derzeitigen Strom-Mix angesetzt wurden. Da zukünftig mit einer weiteren Dekarbonisierung des Stromsektors zu rechnen ist, werden sich entsprechend höhere CO₂-Einsparpotenziale ergeben.

Teilbilanz: Berechnete Energiebedarfe und CO₂-Emissionen für Detailanalysen der zwei kommunalen Nichtwohngebäude sowie der vier Wohngebäude (Typgebäude)

Tabelle 15: Energie- und CO₂-Bilanz der zwei kommunalen Nichtwohngebäude sowie der vier Wohngebäude (Typgebäude)

	IST End- energie	IST CO ₂	SAN 1 End- energie	SAN 1 CO ₂	SAN 2 End- energie	SAN 2 CO ₂
	in kWh/m ² a	in kg/m ² a	in kWh/m ² a	in kg/m ² a	in kWh/m ² a	in kg/m ² a
Turnhalle	554	131	21	12	144	27
Jugend- zentrum	197	50	12	7	59	14
EFH C	204	52	23	13	-	-
MFH C	221	56	20	10	-	-
MFH D	213	54	21	12	-	-
MFH E	142	35	10	5	-	-

Analog zu den Bedarfsberechnungen auf Quartiersebene, wird für die repräsentativen Wohngebäude sowie für die kommunalen Nichtwohngebäude im Detail aufgezeigt, wie eine energetische Sanierung hin zu einen zukunftsfähigen Gebäudebestand aussieht, siehe Tabelle 15.

Teilbilanz: Gemessene Energieverbräuche und CO₂-Emissionen für die kommunalen Nichtwohngebäude im Quartier

Für die kommunalen Nichtwohngebäude im Quartier werden nachfolgend Auswertungen zu den spezifischen Energieverbräuchen analysiert. Die Auswertungen der Verbräuche umfassen die Energiemengen für die Bereitstellung von Raumwärme und Trinkwarmwasser (Gas und Strom). Aufgrund der Nutzungseinschränkungen der Gebäude in den Jahren 2020 bis 2021, welche auf Maßnahmen im Rahmen der Covid-19 Pandemie zurückzuführen sind, werden lediglich die Verbrauchsdaten aus dem Jahr 2022 für die Auswertung herangezogen.

Nachfolgende Tabelle 16 gibt zunächst einen Überblick über die Grunddaten der Gebäude.

Tabelle 16: Grunddaten der kommunalen Nichtwohngebäude im Quartier

Gebäude	Straße	Baujahr Gebäude, Sanierungen	Anzahl Stockwerke	Dachform
KiTa (Deichmäuse), Schubertstr. 7	Schubertstr.	1992, Umbau/Erweiterung 2013	2	Flachdach
Jugendzentrum Deichhaus, Frankfurter Str. 90	Frankfurter Str.	1963, Sanierung Saal, 1989	2	Satteldach
KiTa, Deichhaus-Küken, Frankfurter Str. 92	Frankfurter Str.	1974, Umbau/Erweiterung 2015	1	Satteldach
Hans Alfred Keller Schule, Schulgebäude, Chemie-Faser-Allee 5	Chemie-Faser-Allee Schulgebäude	1993	2	Flachdach
Hans Alfred Keller Schule, Turnhalle, Chemie-Faser-Allee 5	Chemie-Faser-Allee Turnhalle	1978	1	Flachdach
Asylunterkunft, Frankfurter Str. 110	Frankfurter Str.	2016	2	Flachdach

Weiterhin zeigt die folgende Tabelle 17 die Energieverbrauchskennwerte der Gebäude, welche im darauffolgenden Diagramm unten zudem graphisch dargestellt sind.

Tabelle 17: Energiebezogene Daten der kommunalen Nichtwohngebäude im Quartier

Gebäude	Typ / Alter Heizungsanlage	Energie-träger	Energieverbrauch 2022 [kWh]	A _N [m ²]	spez. Energieverbrauch (Gas/Strom; Raumwärme/Trinkwarmwasser) 2022 [kWh/m ² a]	CO ₂ -Emissionen (nach GEG2020) [kg/m ² a]
KiTa (Deichmäuse), Schubertstr. 7	Gas-Brennwert (Brötje WGB70i, 70 kW, 2022)	Gas	74.013	785	104	25
Jugendzentrum Deichhaus, Frankfurter Str. 90	Gas-Brennwert (Viessmann Vitocrossal CT3, 116kW, 2004)	Gas	116.566	642	78	19
KiTa, Deichhaus-Küken, Frankfurter Str. 92		Gas		850		
Hans Alfred Keller Schule, Schulgebäude, Chemie-Faser-Allee 5	Gas-Brennwert (Viessman Vitocrossal, 246 kW)	Gas	277.132	1.825	152	36
Hans Alfred Keller Schule, Turnhalle, Chemie-Faser-Allee 5	Gas (Buderus, 280 kW, 1979)	Gas	298.179	697	428	103
Asylunterkunft, Frankfurter Str. 110	Gas-Brennwert (Wolf CGB-75, 2016)	Gas	154.421	1.092	141	36
	Luft/Wasser-Wärmepumpe (Wolf BWL-1-14-A, 2016)	Strom-Mix (WP)	4.909		4	

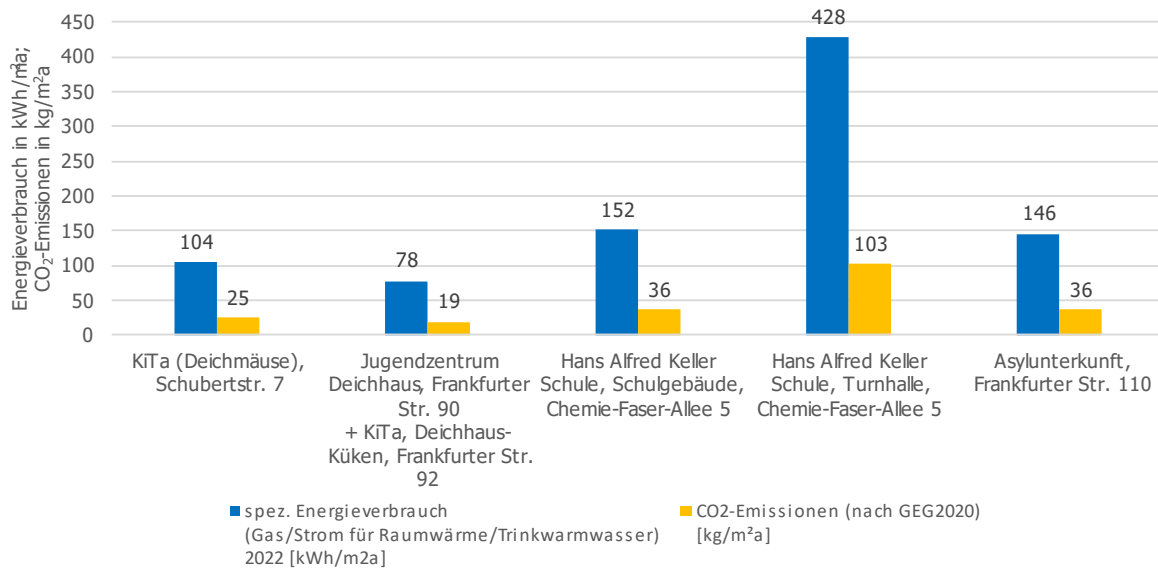


Abbildung 45: Auswertung energiebezogener Daten der kommunalen Nichtwohngebäude im Quartier

Die Auswertung in Abbildung 45 zeigt, dass insbesondere die Turnhalle einen hohen spezifischen Energieverbrauch aufweist. Da das Jugendzentrum sowie die KiTa Deichhaus-Küken gemeinsam versorgt werden und keine gebäudescharfe Verbrauchserfassung vorliegt, wurden beide Gebäude gemeinsam ausgewertet. Auf Basis der Qualität der Gebäudehülle des Jugendzentrums (siehe Kapitel 4), wird davon ausgegangen, dass die KiTa einen wesentlich niedrigeren spezifischen Energieverbrauch hat, als das Jugendzentrum.

8 Fazit und Ausblick

Die hier vorliegenden Ergebnisse zeigen klar die Potenziale zur Umsetzung der Energiewende im Quartier Deichhaus auf.

Durch Gespräche mit wichtigen Ankerakteuren konnte dokumentiert werden, dass es durch diese eine signifikante Unterstützung zum Gelingen der Energiewende im Quartier Deichhaus geleistet werden kann (**AP1**). Darunter fallen z.B. das Agieren als Multiplikator, eine genossenschaftliche Organisation bei der Umsetzung von Maßnahmen oder Angebote als Contractor für Wärmeversorgungslösungen zu fungieren. Weitere Ideen für die Umsetzung von Maßnahmen einzelner Akteure sind:

- Erstellung von regionalen Handwerkerlisten
- Erweiterung von einem digitalen Wärmetlas zur Identifikation der langfristigen Strom- und Wärmenetzplanung
- (Energie-) Beratung zu u.a. Sanierungsmaßnahmen, Fördermitteln und Photovoltaik
- Etablierung eines Energy Sharings im Quartier.

Die Analysen aus **AP2** erkennen, dass es hohe CO₂-Einsparpotenziale im Bereich der Wohngebäude gibt. Diese liegen unter Annahme der aktuellen CO₂-Faktoren des Strom-Mixes bei theoretisch 54% (MOD 1) bzw. 80% (MOD 2). Mit einem steigenden Anteil an erneuerbaren Energien im Stromnetz wird das CO₂-Einsparpotenzial weiter steigen. Dies ist bedingt durch die zukünftige Energieversorgung der Gebäude mit Strom zum Betrieb von Wärmepumpen. Dieses Szenario ist in den Varianten MOD1 und MOD 2 abgebildet.

Im Detail werden diese Einsparpotenziale in **AP3** aufgezeigt. Die Gebäudesteckbriefe für vier repräsentative Wohngebäude (Typgebäude) zeigen den Weg einer energetischen Sanierung dieser Wohngebäude in Hinblick auf technische Details und wirtschaftlicher Parameter auf.

Ein analoger Ansatz wird bei den Energiekonzepten der Turnhalle der Hans Alfred Keller-Schule sowie des Jugendzentrums Deichhaus verfolgt.

Die Energiekonzepte für die Wohn- und Nichtwohngebäude sind somit ein wichtiger erster Schritt für die energetische Sanierung der Gebäude. Insbesondere können die Gebäudesteckbriefe im Rahmen von Energieerstberatungen bei den passenden Gebäudetypen genutzt werden, um Eigentümern mögliche energetische Maßnahmen zu erläutern.

Analysen zu den Potenzialen für die Nutzung von erneuerbaren Energien in **AP4** zeigen, dass:

- ein Großteil der Gebäude im Quartier ein nutzbares PV-Potenzial hat. Ein hohes PV-Potenzial besteht bei Nichtwohngebäuden und großen Wohngebäuden. Das theoretisch nutzbare PV-Potenzial aller geeigneten Dachflächen in Deichhaus beläuft sich auf 8,4 MWp.
- Solarthermie bei vielen Gebäuden im Quartier eingesetzt werden kann. Jedoch steht die Flächennutzung in Konkurrenz zur Nutzung von Photovoltaik.
- Das Geothermiepotenzial (bis 100 m und bis 1000 m Sondenlänge) hoch bis sehr hoch ist. Jedoch müssen die jeweiligen Randbedingungen zur Nutzung der Technologie im Einzelfall betrachtet werden.

- das Potenzial für die Nutzung von Abwasserwärme unter Berücksichtigung weiterer Parameter wie dem Trockenwetterabfluss weitergehend untersucht werden sollte. Prinzipiell könnten geeignete Kanalabschnitte für eine weitergehende Untersuchung aufgezeigt werden.

Insgesamt sind somit viele Möglichkeiten zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energien verfügbar, jedoch sind diese derzeit weitestgehend nicht ausgeschöpft.

Für ein mögliches Nahwärmenetz um die Hans Alfred Keller-Schule (und exemplarisch für eine Erweiterung zur Anbindung des AWO-Campus) wurde in **AP5** ein Wärmeversorgungskonzept (Grobkonzept) erstellt. Dies umfasst unter anderem eine techno-ökonomische Analyse und zeigt die Randbedingungen zur Nutzung der Technologie auf. Auch eine Übertragung des Konzepts auf andere Standorte ist denkbar.

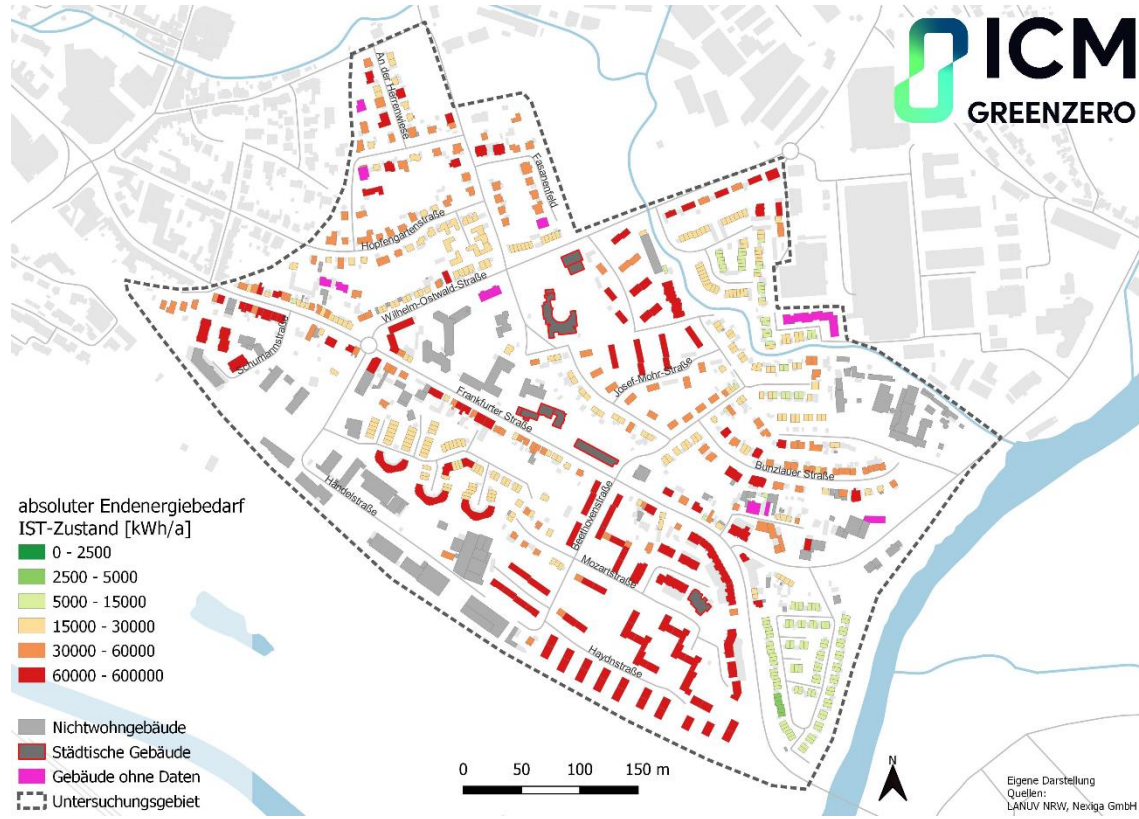
Prinzipiell können beide Varianten (Variante 1: Erdwärmesonden und 2: Eisspeicher) in nachfolgenden Konzepten weiterverfolgt werden. Es wird darauf verwiesen, dass weitere Untersuchungen und eine detaillierte Planung erforderlich sind, um eine genauere Bestimmung des Kostenrahmens vorzunehmen. Eine weitere Absenkung der Vorlauftemperatur unter 55°C wird die Systemeffizienz in beiden Varianten weiter erhöhen. Jedoch sind gebäudeseitig weitergehende energetische Sanierungsmaßnahmen erforderlich, um die Wärmeversorgung der Gebäude mit einer Vorlauftemperatur von unter 55°C zu ermöglichen.

Im **AP6** sind wichtige Kennzahlen dieser Potenzialstudie als Quartiersbilanz bzw. in Form von Teilbilanzen zusammengestellt.

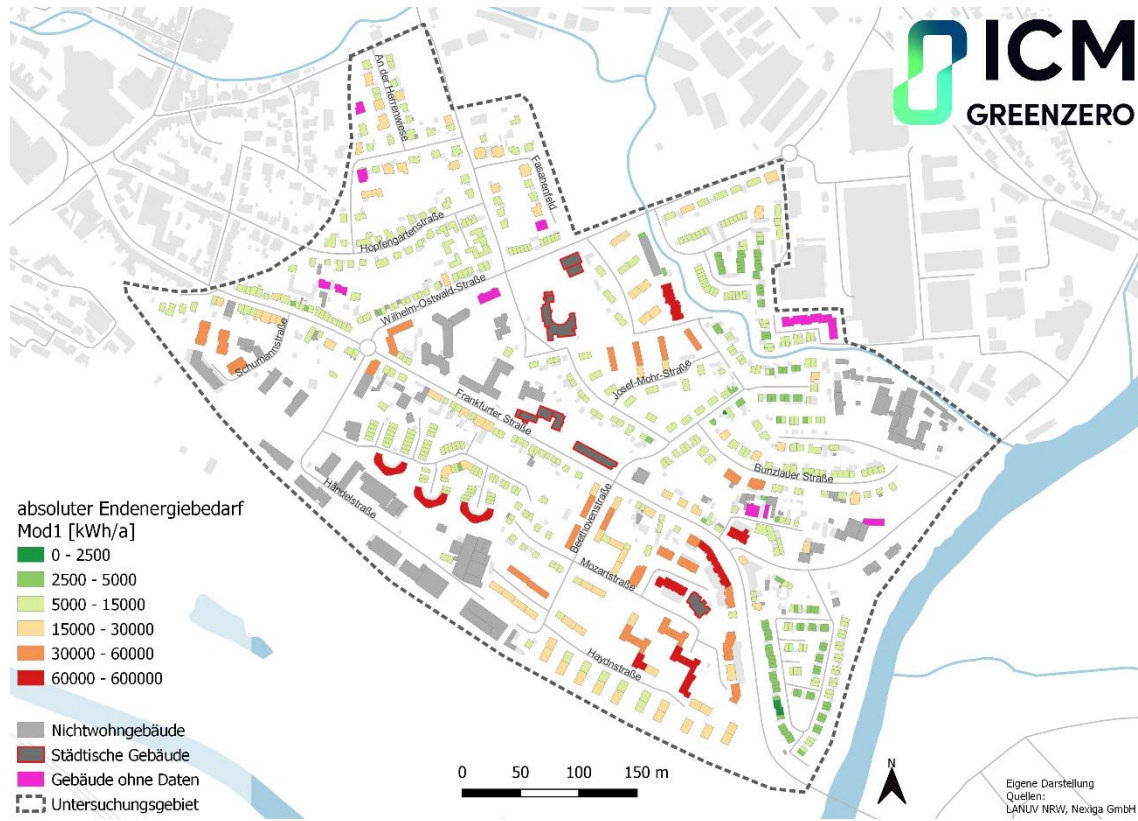
Mögliche nachfolgende Konzepte und Studien sind beispielsweise die Ausarbeitung eines energetischen Quartierskonzepts nach KfW432 oder die Beauftragung einer Machbarkeitsstudie für ein Nahwärmenetz im Areal um die Hans Alfred Keller-Schule herum. Zudem sollte im nächsten Schritt eine Konkretisierung von energetischen Maßnahmen auf Gebäude- und Quartiersebene erfolgen. Die hiermit vorliegende Potenzialstudie kann bei allen weiteren Teilschritten als Grundlage herangezogen werden.

Anhang

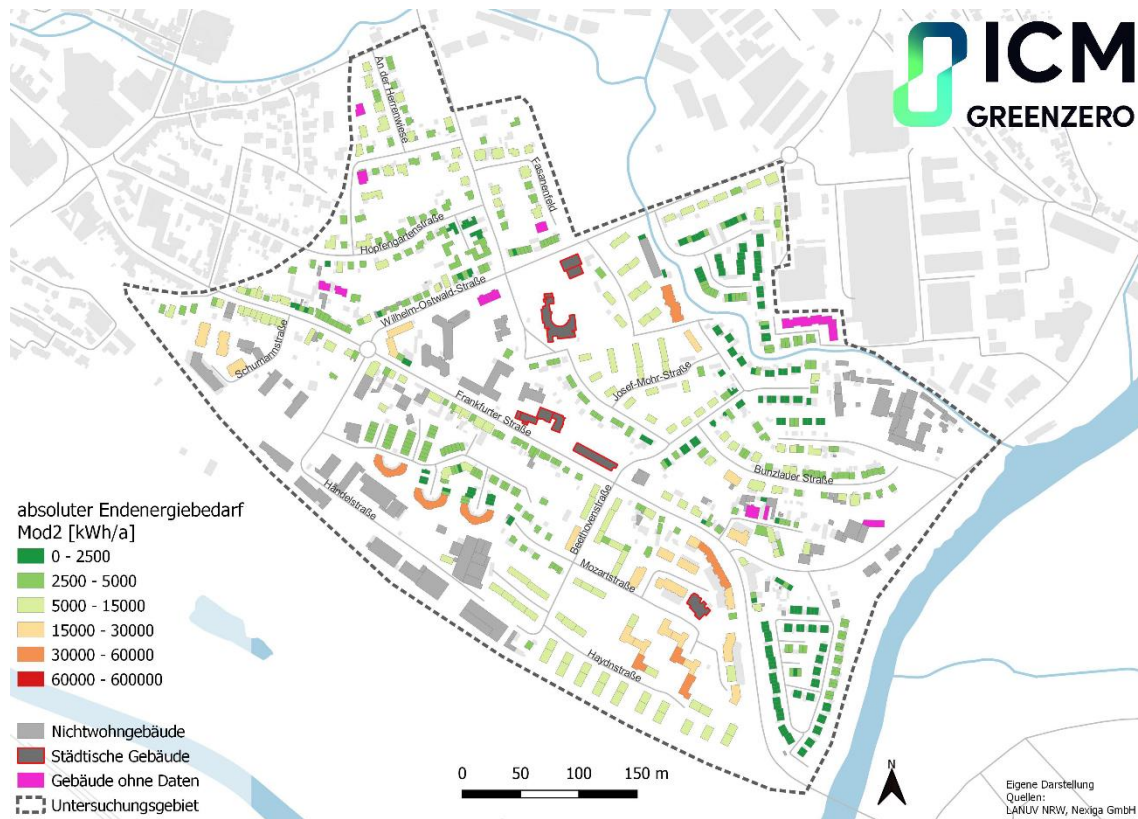
Zu Kapitel 3 – Weitere Karten der Potenzialanalyse



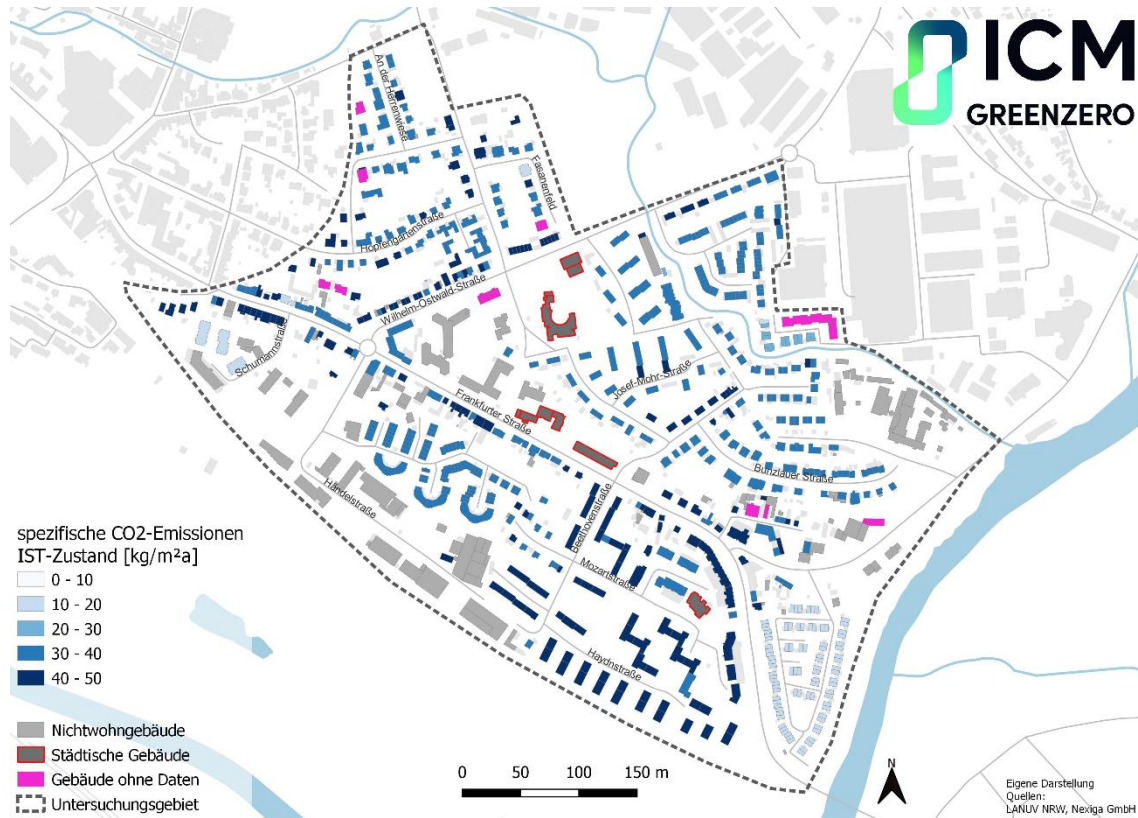
Wohngebäude - Wärmebedarf, absolut (IST-Zustand)



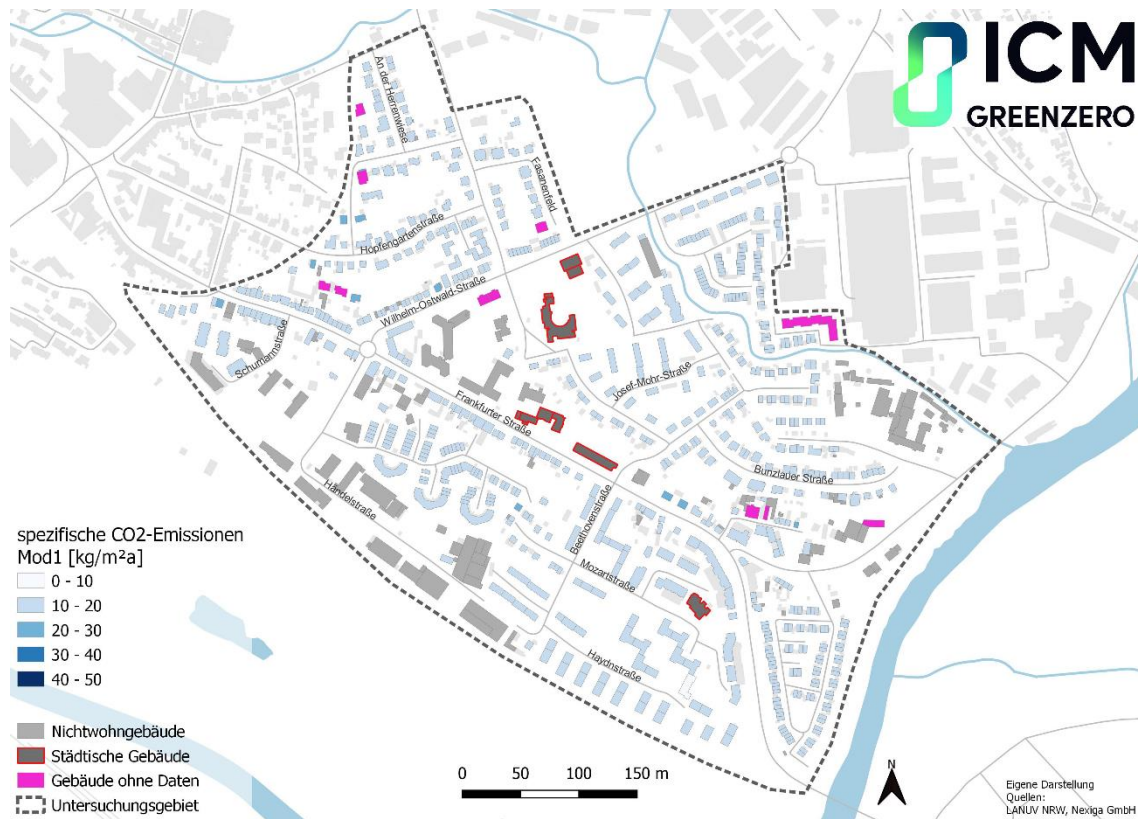
Wohngebäude - Wärmebedarf, absolut (MOD1)



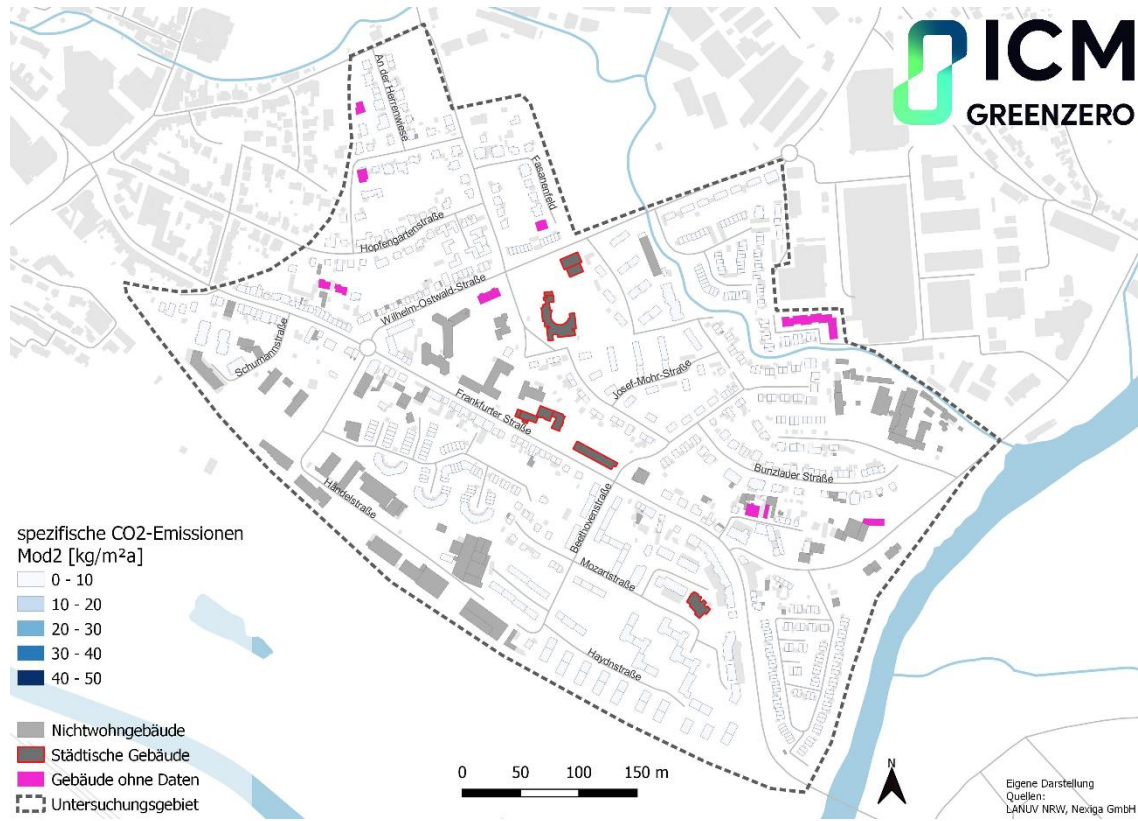
Wohngebäude - Wärmebedarf, absolut (MOD2)



Wohngebäude – CO₂-Emissionen, spezifisch (IST)



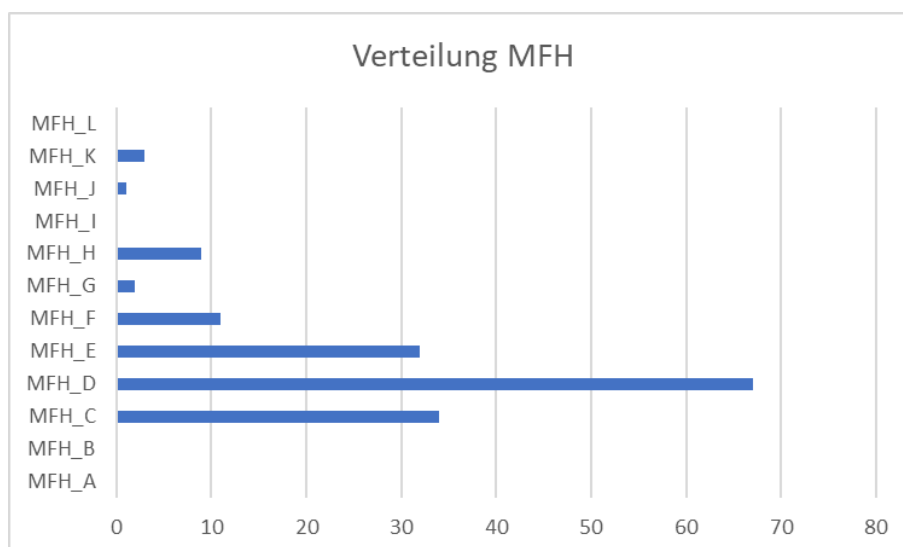
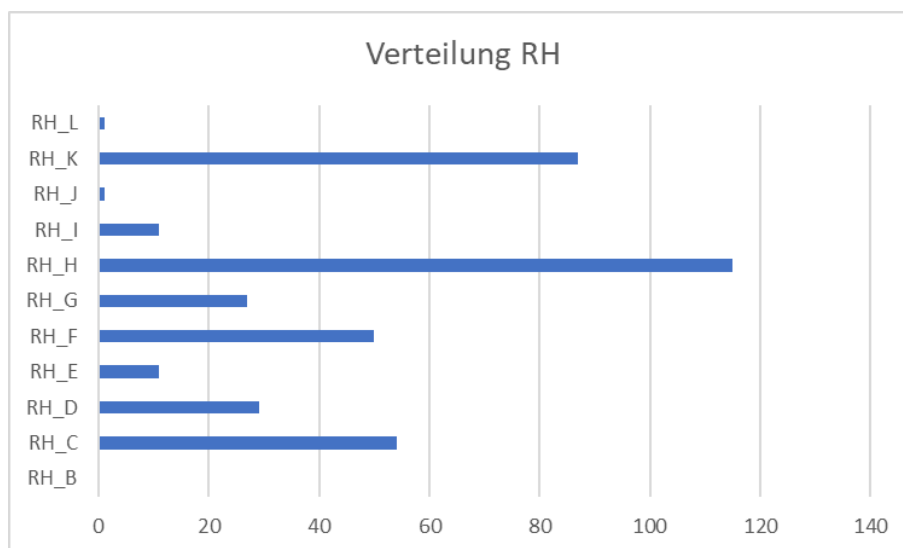
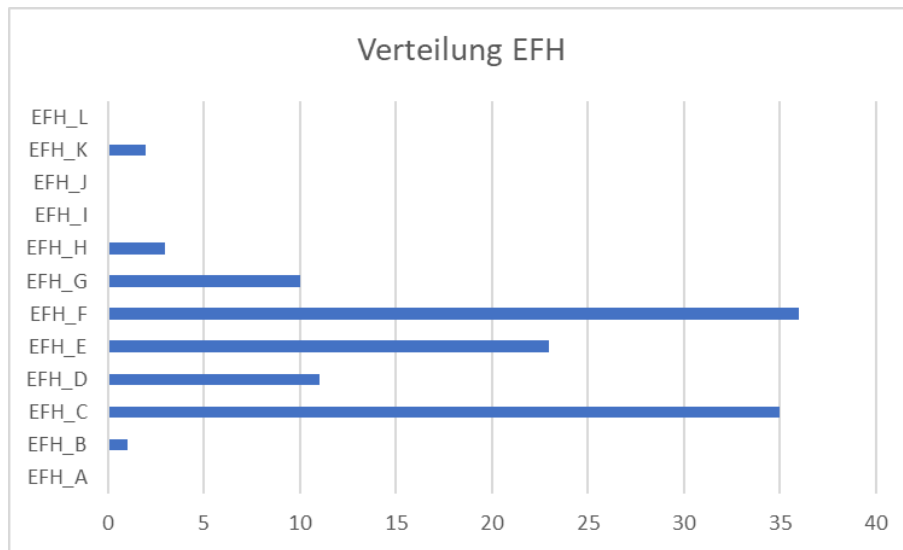
Wohngebäude – CO₂-Emissionen, spezifisch (MOD1)



Wohngebäude – CO₂-Emissionen, spezifisch (MOD2)

Zu Kapitel 4.1 – Wohngebäude (Gebäudesteckbriefe)

Verteilung der Gebäudetypen im Quartier



Vollständige Gebäudesteckbriefe

Die vollständigen Gebäudesteckbriefe der Typgebäude

- EFH C
- MFH C
- MFH D
- MFH E

sind als separater Anhang beigefügt.

Zu Kapitel 4.2 – Nichtwohngebäude

Die **Energieberatungsberichte** sowie die DIN 18599 Berechnungsunterlagen für die **Turnhalle** sowie für das **Jugendzentrum** sind als separater Anhang beigefügt.



Innovation City Management GmbH

Gleiwitzer Platz 3

D-46236 Bottrop

Telefon +49 2041 723 0650

info@icm.de

www.icm.de

Geschäftsführer:

Burkhard Drescher (Sprecher)

Carsten Tum

Registergericht - Gelsenkirchen: HRB 11233