



Kommunale Wärmeplanung

für die

Wallfahrtsstadt Kevelaer

- Zwischenbericht -

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Erstellt von:

HORIZONTE
GROUP

HORIZONTE-Group GmbH
Leithestr. 39
45886 Gelsenkirchen

30.09.2024

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert das Bundesumweltministerium seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen.

Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zur Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.



Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	5
1 Vorwort zum Projekt	6
2 Datenerhebung.....	9
2.1 Vorgehensweise.....	9
2.2 Datenaufbereitung.....	11
2.3 Datenqualität	11
3 Bestandsanalyse	12
3.1 Ziele der Bestandsanalyse	12
3.2 Ergebnisse der Bestandsanalyse	13
3.3 Flächennutzung der Gemeinde Kevelaer.....	13
3.4 Gebäude- und Siedlungstypen	15
3.5 Energieverbrauchs- oder Energiebedarfserhebungen	19
3.6 Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude	22
3.7 Energie- und Treibhausgasbilanz für das Basisjahr 2021	24
3.8 Wärme- und Kälteinfrastruktur.....	36
4 Potenzialanalyse	41
4.1 Potenziale zur Energieeinsparung durch Senkung des Wärmebedarfs	41
4.1.1 Wohnen	42
4.1.2 Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Industrie.....	43
4.1.3 Kommunale Liegenschaften.....	44
4.1.4 Gebäude mit Mischnutzung oder unbekannter Nutzungsart.....	44
4.1.5 Ergebnisse Energieeinsparpotenziale.....	45
4.2 EE-Potenziale und Abwärme.....	47
4.2.1 Geothermie.....	48
4.2.2 Umweltwärme.....	64
4.2.3 Solarthermie	81
4.2.4 Abwärme aus Industrie, Gewerbe bzw. öffentlicher Liegenschaften	86
4.2.5 Biomasse.....	88
4.2.6 Großwärmespeicher	96
4.2.7 Power-to-X (Windkraft & PV).....	97
4.2.8 Regionale Stoffkreisläufe	105



4.3	Potenziale für das Neubaugebiet Hütterath sowie für die Innenstadt	106
4.3.1	Ausgangssituation	106
4.3.2	Potenziale zur Wärmeerzeugung	108
4.3.3	Potenziale zur Stromerzeugung	113
4.3.4	Mögliche Varianten und Bewertung	113
4.3.5	Fazit und Maßnahmenkatalog	115
5	Literaturverzeichnis	117
6	Abbildungsverzeichnis	119
7	Tabellenverzeichnis	122

Abkürzungsverzeichnis

BEW	<i>Bundesförderung für effiziente Wärmenetze</i>
EE	<i>Erneuerbare Energien</i>
GEG	<i>Gebäudeenergiegesetz</i>
GHD	<i>Gewerbe, Handel und Dienstleistungen</i>
JAZ	<i>Jahresarbeitszahl</i>
KWK	<i>Kraft-Wärme-Kopplung</i>
PtX	<i>Power-to-X</i>
PVFFA	<i>Photovoltaik-Freiflächenanlagen</i>
PVT	<i>Photovoltaik-Thermie</i>
SCOP	<i>Seasonal Coefficient of Performance</i>
THG	<i>Treibhausgas</i>
vbh	<i>Vollbenutzungsstunden</i>

1 Vorwort zum Projekt

Die Wallfahrtsstadt Kevelaer liegt am unteren Niederrhein im Kreis Kleve im Nordwesten des Landes Nordrhein-Westfalen. Im Südwesten grenzt Kevelaer an die Niederlande, im Nordwesten an die Gemeinde Weeze, im Norden an die Gemeinde Uedem, im Nordosten an die Gemeinde Sonsbeck und im Süden an die Stadt Geldern. Die Stadt ist ca. 101 km² groß. Insgesamt gibt es in Kevelaer neben dem Zentrum vier weitere Ortschaften Winnekendonk, Wetten, Twisteden und Kervenheim. Der Außenbereich ist insbesondere durch einen hohen Anteil an Gartenbaubetrieben oder hiermit in Zusammenhang stehenden Nutzungen geprägt. In Kevelaer gibt es 26.447 oberirdische Gebäude, davon 9.330 Wohnhäuser sowie 214 Wohngebäude mit weiterer Nutzung bspw. Handel und Dienstleistungen. Das integrierte Klimaschutzkonzept von 2016 ermittelte die größten Energieeinsparpotenziale beim Energieträger Erdgas (mit 44 GWh/a Einsparung bis 2030).

Die Wallfahrtsstadt Kevelaer nimmt seit 2009 am European Energy Award (eea) teil, einem Programm zur Analyse und Bewertung der vorhandenen energetischen Strukturen und zur Umsetzung und Verbesserung der Energiearbeit und Energiepolitik in einer Kommune mit dem Ziel, die energetischen Aktivitäten auszubauen und "Europäische Energie- und Klimaskutzkommune" zu werden.

Grundlegende Aufgabenstellung bei der Entwicklung des kommunalen Wärmeplans ist die Basis einer Strategie zu schaffen für die langfristige CO₂-neutrale Wärmeversorgung des Gebietes der Kommune bis zum Jahr 2045. Der kommunale Wärmeplan zeigt dafür den aktuellen Sachstand der Wärmeversorgung sowie verschiedenste Perspektiven der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen, Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auf. Über einen Zwischenstand für das Jahr 2030 wird daraus das klimaneutrale Zielszenario für 2045 entwickelt. Im Wesentlichen gliedert sich die Planerstellung in vier Hauptphasen:

1. Bestandsanalyse

Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgas (THG) Emissionen, einschließlich Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baualtersklassen, der Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern sowie Ermittlung der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude. Erstellung einer Energie und Treibhausgasbilanz nach Energieträgern und Sektoren.

2. Potenzialanalyse

Ermittlung der Potenziale zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen, Industrie und öffentlichen Liegenschaften sowie Erhebung der lokal verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärmepotenziale. Die Öffentlichkeit wurde im Rahmen zweier abendfüllenden Informationsveranstaltungen vor Ort beteiligt. Die erste Veranstaltung fand Anfang März 2024 im Konzert- und Bühnenhaus in Kevelaer statt. Es handelte sich um eine Auftaktveranstaltung, bei der u.a. rechtliche Rahmenbedingungen und technische Grundlagen der kommunalen Wärmeplanung erläutert wurden. Die Bürger konnten Anregungen und Ideen für mögliche regionale Wärmepotenziale einbringen. Diese wurden im Rahmen der Potenzialanalyse berücksichtigt und bewertet. In einer zweiten Veranstaltung Ende August 2024, ebenfalls im Konzert- und Bühnenhaus in Kevelaer, wurden interessierte Bürger und Akteure über die Zwischenergebnisse von Bestands- und Potenzialanalyse in Kenntnis gesetzt. Von besonderem Interesse waren hier die Bewertungen der regionalen Abwärme- und Erneuerbare-Energien (EE) Potentiale. Neben der quantitativen Bewertung fand eine Einstufung nach theoretischen, technischen, wirtschaftlichen und realisierbaren Potentialen statt, die den Teilnehmern verdeutlichen sollten, welche Potentiale künftig eine besondere Relevanz für die Wärmeversorgung in Kevelaer haben könnten.

3. Entwicklung eines klimaneutralen Zielszenarios 2045

Entwicklung eines Szenarios für eine klimaneutrale Wärmeversorgung. Dazu wird die Ausnutzung der in Phase 2 ermittelten Potenziale für Energieeinsparung und erneuerbare Energien in einer Energie- und Treibhausgasbilanz nach Sektoren und Energieträgern für die Jahre 2030 und 2045 dargestellt. Außerdem erfolgt eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2045 mit einem Zwischenziel für 2030. Insbesondere soll eine Einteilung in Eignungsgebiete für Wärmenetze und Einzelversorgung erfolgen.

4. Festlegung der kommunalen Wärmewendestrategie und des Maßnahmenkatalogs

Formulierung eines Transformationspfads zum Aufbau einer klimaneutralen Wärmeversorgung und Beschreibung der dafür erforderlichen Maßnahmen. Die Maßnahmen sollen spezifisch auf unterschiedliche Eignungsgebiete und Quartiere eingehen. Insbe-

sondere sollen der Pfad und der Endzustand der Infrastruktur für Wärme- und Gasnetze festgelegt werden. Prioritäre Maßnahmen zur Umsetzung in den nächsten fünf bis sieben Jahren sollen dabei möglichst detailliert beschrieben werden. Für mittel- und langfristige Maßnahmen sind ausführliche Skizzen ausreichend. Die Summe der beschriebenen Maßnahmen soll zu den erforderlichen Treibhausgasminderungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung führen. Die Öffentlichkeit (Bürgerschaft, Interessengruppen und Vertreter der Wirtschaft) soll am Entwurf des Wärmeplans beteiligt werden.

Neben Informationen zum Projekt und der Datenerhebung stellt dieser Zwischenbericht die Ergebnisse von Bestands- und Potentialanalyse dar, welche von besonderem öffentlichem Interesse sind. Das Zielszenario sowie der Maßnahmenkatalog werden im Anschluss an diesen Zwischenbericht erstellt.

Die Wallfahrtsstadt Kevelaer hatte im Herbst 2023 die Förderzusage für die Erstellung ihrer kommunalen Wärmeplanung im Rahmen des Förderprogramms der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erhalten. Der Durchführungszeitraum des Projekts war Oktober 2023 – Dezember 2024.

Die Aufstellung des kommunalen Wärmeplans erfolgt unabhängig von Interessen wirtschaftlich orientierter Akteure, v.a. bei der Umsetzung des Wärmeplans. Bei der Erhebung und Verarbeitung der zu sammelnden Daten wurden die Vorgaben an den Datenschutz eingehalten.

2 Datenerhebung

Für eine praxisorientierte und umsetzbare kommunale Wärmeplanung ist eine fundierte und umfassende Datengrundlage unerlässlich. Dabei sind nicht nur die aktuell benötigten Wärmemengen und Energieträger von Bedeutung, sondern auch die derzeitigen Wärmeerzeugungsarten sowie die damit verbundenen Implikationen für die zukünftige Wärmeversorgung. An den Stellen, wo eine Erhebung von Realdaten rechtlich oder technisch nicht möglich war, wurde auf statistische Werte zurückgegriffen.

2.1 Vorgehensweise

Zur Datenerhebung hat der Auftraggeber Gas- und Stromnetzbetreiber, Schornsteinfeger, Unternehmen und weitere relevante Akteure der kommunalen Wärmeplanung kontaktiert. Die Datenanfragen und -übermittlungen liefen meist über die Klimaschutzmanager und Leiter des Fachbereichs 2 der Wallfahrtsstadt Kevelaer. Vereinzelt wurden Daten auch vom Dienstleister HORIZONTE-Group angefragt. Eine entsprechende Vollmacht hatte die Stadt hierfür ausgestellt.

Energieversorger und Netzbetreiber

Zur Erhebung der benötigten Daten bei Netzbetreibern wurden tabellarische Vorlagen bereitgestellt. Diese Abfragen wurden von der Wallfahrtsstadt Kevelaer an die Ansprechpartner bei den Netzbetreibern weitergeleitet. Für die Gasverbräuche konnten so detaillierte Listen erstellt werden, die die auf mehrere Adressen aggregierten Jahresgasverbräuche enthielten. Darüber hinaus wurde GIS-Daten für die georeferenzierte Abbildung des Gasnetzes bereitgestellt.

Die aggregierten Adress-Daten für den Wärmestromverbrauch in Kevelaer wurden seitens des Stromnetzbetreibers nicht zur Verfügung gestellt, da man sich auf die noch ausstehende Umsetzung der Wärmeplanung im Landesrecht des Landes NRW berief. Lediglich die Gesamtverbräuche und die bestehenden Stromleitungsverläufe (als GIS-Daten) wurden im Rahmen der Datenerhebung mitgeteilt.

Ein Wärmenetz existiert in Kevelaer zum aktuellen Zeitpunkt nicht. Ein Gebäudenetz ist jedoch vorhanden.

Industrieunternehmen

Für die Ermittlung von Großverbrauchern und Abwärmepotenzialen wurden von der Stadt in einem ersten Anlauf Fragebögen an insgesamt 751 Betriebe versendet. 49 meldeten direkt das nicht Vorhandensein von Abwärmepotenzialen. Lediglich 27 Fragebögen wurden zurückgesendet, davon waren 13 auswertbar. In einer zweiten Runde wurde die Branchenauswertung angefragt, um zielgerichtet Fragebögen an die Ansprechpartner bei den Unternehmen zu senden und somit die Rücklaufquote zu erhöhen. Im Ergebnis hat die zweite Runde die Zahl der Rückmeldung jedoch nicht erhöhen können.

Öffentliche Liegenschaften

Die Daten für die öffentlichen Liegenschaften beinhalteten die exakten Adressen und Energieverbräuche nach Energieträger. Sie wurden von der Stadt intern beschafft.

Schornsteinfeger

Als erstes mussten die Softwareanbieter der Kehrbezirksverwaltungssoftware auf die Erfordernisse des Datenschutzes angepasst werden. Gemäß Datenschutzbestimmungen in NRW mussten drei Häuser zusammengefasst werden, bevor sie zur Verfügung gestellt werden konnten. Die Datenabgabe erfolgte durch den für den Bereich zuständigen bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger, nicht durch die Schornsteinfegerinnung. Die Daten wurden danach auf ein Elster-Unternehmerkonto hochgeladen, auf das die Kommune zugreifen konnte. Der Umfang des Exports aus dem elektronischen KehrBuch umfasst die aggregierten Daten der Feuerstätten nach Art, Brennstoff, Nennwärmeleistung, Baujahr sowie weiteren Informationen zu Brenn- bzw. Heizwert und Zentral- bzw. Einzelraumheizung.

digipad

Der Datendienstleister digikoo erstellt im Auftrag der HORIZONTE-Group den digitalen Zwilling für Kevelaer. Auf Grundlage umfangreicher statistischer Daten in dem digitalen Zwilling, die z.B. auf Nexiga-Daten beruhen, können vor allem Gebäudedaten (z.B. Art der Nutzung des Gebäudes, Baualtersklassen, Grund- und Wohnfläche) in hoher Datenqualität abgebildet und ausgespielt werden.

2.2 Datenaufbereitung

Bei der Bearbeitung der eingereichten Energiedaten wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Prüfung der Vollständigkeit

Es wurde grundsätzlich davon ausgegangen, dass die bereitgestellten Datensätze vollständig sind. Daher bezog sich die Vollständigkeitskontrolle auf die Überprüfung der Attribute innerhalb eines Datensatzes. Fehlende Daten führten zur Ergänzung durch statistische Werte, welche bereits vorab im digitalen Zwilling für Kevelaer hinterlegt waren.

2. Plausibilitäts- und Konsistenzprüfung

Hierbei wurde die Plausibilität des Wertebereichs und die Verteilung der vorhandenen Werte überprüft und ob in den Daten Ausreißer vorhanden waren.

3. Fehleranalyse und Datenbereinigung

Fehlerhafte, unvollständige oder doppelte Datensätze wurden identifiziert, bewertet und bei Bedarf gelöscht.

4. Datenumwandlung und -ergänzung

In diesem Schritt wurde sichergestellt, dass in den Datensätzen dieselben Einheiten vorliegen. Bei Energiedaten sind dies insbesondere Energiemengen in Kilowattstunden (kWh), Leistungen in Kilowatt (kW), Flächen in Quadratmetern (m²). Aufbauend auf den vorherigen Schritten wurden die Datensätze um weitere nützliche Attribute für die folgenden Analysen erweitert. Dies sind beispielsweise gebäudetyp-spezifische Attribute wie Baualtersklasse, Gebäudenutzung oder flächenbezogene sowie straßenabschnittsbezogene Energieverbräuche.

2.3 Datenqualität

Bei den vorliegenden Datensätzen konnte eine sehr hohe Datenqualität festgestellt werden. Bei der Einspielung und Verarbeitung der Daten im digitalen Zwilling kommt es jedoch zwangsläufig zu Unschärfen – maßgeblich aufgrund der nicht vorliegenden Wärmestromverbräuche sowie der gemäß WPG erforderlichen Datenaggregation. Die georeferenzierten Informationen zu Gas-, Strom-, und Abwassernetze wurden im Shape-Dateiformat übermittelt und konnten direkt in den digitalen Zwilling übertragen werden. Daten zu Lage und Leistungen von Heizzentralen, Wärmespeichern, Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) sowie eines Gebäudenetzes wurden in gleicher Weise integriert.

3 Bestandsanalyse

Der erste Schritt in der kommunalen Wärmeplanung besteht in der Durchführung einer Bestandsanalyse. Diese dient der Erfassung des aktuellen energetischen Zustands der Wallfahrtsstadt Kevelaer. In diesem Prozess wurden umfangreiche Daten gesammelt und analysiert, da nur durch ein fundiertes Verständnis des aktuellen Zustands eine fundierte Entscheidungsfindung hinsichtlich notwendiger Maßnahmen ermöglicht wird.

Zunächst soll eine Definitionslücke im WPG erörtert werden hinsichtlich des Begriffs „leitungsgebundene Wärmeversorgung“. Im Rahmen dieses Dokuments wird „leitungsgebundene Wärmeversorgung“ mit der Versorgung durch ein *Wärmenetz* nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) angenommen. *Gebäudenetze*, welche auch eine Form der leitungsgebundenen Wärmeversorgung darstellen, werden aus Gründen der Einheitlichkeit und der Datenauskunftspflicht nach WPG nicht berücksichtigt. Unter *Gebäudenetzen* werden nach §3 des GEG leitungsgebundene Wärmeversorgungskonstrukte mit einer Anschlussnehmerzahl von unter 17 Gebäuden und 101 Wohneinheiten verstanden. Ab einer Anschlussnehmerzahl von 17 Gebäuden oder 101 Wohneinheiten gilt ein solches Konstrukt hingegen als *Wärmenetz*.

3.1 Ziele der Bestandsanalyse

Das Ziel der Bestandsanalyse ist es, einen umfassenden Überblick über die bestehende Energieinfrastruktur im Untersuchungsgebiet zu erhalten. Dazu müssen die verschiedenen Datenquellen geprüft, plausibilisiert und weiterverarbeitet werden. Die verschiedenen Datenquellen stellen teilweise widersprüchliche Sachverhalte dar. Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden diese Widersprüche bewertet und ein plausibles Lösungsverfahren eingesetzt. Dadurch wird mit einer Genauigkeit von 90-95% in der Bestandsanalyse gerechnet. Eine 100%-ige Genauigkeit der Daten kann praktisch nicht mit einem vertretbaren Aufwand erreicht werden.

Im Folgenden werden die häufigsten Widersprüche/Probleme aufgenommen und die ausgewählten Lösungswege skizziert:

- **Mehrere Heizungstypen für ein Gebäude:** Bei einer unklaren Zuordnung der Heizungsart zu einem Gebäude musste eine vorrangige Erzeugungsart priorisiert werden. Manchmal sind einem Gebäude neben einer Gasheizung oder einer Ölheizung eine Biomasseheizung vorhanden. Die Biomasseheizung wurde als nicht eingesetzte Back-

Up-Lösung klassifiziert. Auch fanden sich in den Schornstiefegerdaten häufig Angaben zu Anlagen, welche nicht der Gebäudeheizung zuzurechnen sind (z.B. Öfen in Bäckereien). Diese musste herausgefiltert werden.

- **Plausibilisierung bei verschiedenen Verbrauchsdaten:** Grundsätzlich gab es aus den eingesetzten Datenquellen einen Wärmeabsatz, welcher teilweise stark von Quelle zu Quelle abwich. Zunächst wurde auf Basis der Gasverbrauchsdaten ein Wärmebedarf abgeleitet. Sollten für eine Gebäude keine Realdaten vorliegen, so wurde mit den statistischen Daten aus dem digitalen Zwilling gerechnet.
- **Unterschiedliche Energieträger bzw. Heizungsarten in verschiedenen Datenquellen:** Hier wurden auf Basis der Schornstiefegerdaten die statistischen Daten aus dem digitalen Zwilling überschrieben.
- **Unterschiedliche Adressen:** Unterschiedliche Datenquellen haben eine unterschiedliche Bezeichnung oder Schreibweise der Gebäudeadressen. Über eine Zuordnungslogik wurden die Adressschreibweisen analysiert und vereinheitlicht. Dennoch konnten nicht alle Adressen im digitalen Zwilling zugeordnet werden.

Daraus resultierte eine umfassende, wenn auch nicht vollständige, Datenbasis zu 9.500 ermittelten Gebäuden in Kevelaer, auf dessen Basis die Bestandsanalyse durchgeführt wurde. 711 Adressen konnten nicht zugeordnet werden.

3.2 Ergebnisse der Bestandsanalyse

Die Darstellungen der Ergebnisse richten sich nach dem Leistungsverzeichnis der Wallfahrtsstadt Kevelaer zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung. Die angeforderten Darstellungen werden in diesem Kapitel, soweit eine ausreichende Datenlage vorhanden ist, aufgezeigt. Sollte keine ausreichende Datenlage bestehen, so wird der Datenbeschaffungsprozess und die Implikationen des Fehlens der Daten beschrieben.

3.3 Flächennutzung der Gemeinde Kevelaer

Die Flächennutzung der Gemeinde Kevelaer ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Der Großteil sind Flächen für Landwirtschaft (hellgrün), welche 66 % des Kevelaerer Gebietes ausmachen. Daneben existieren Waldflächen (dunkelgrün) und bebaute Flächen (orange, rot,

braun, grau) in ähnlichem Maße. Verglichen dazu gibt es in nur geringen Anteilen Wasserflächen (hellblau) und Grünflächen (diese vor allem in der Nähe von Gebieten baulicher Nutzung).

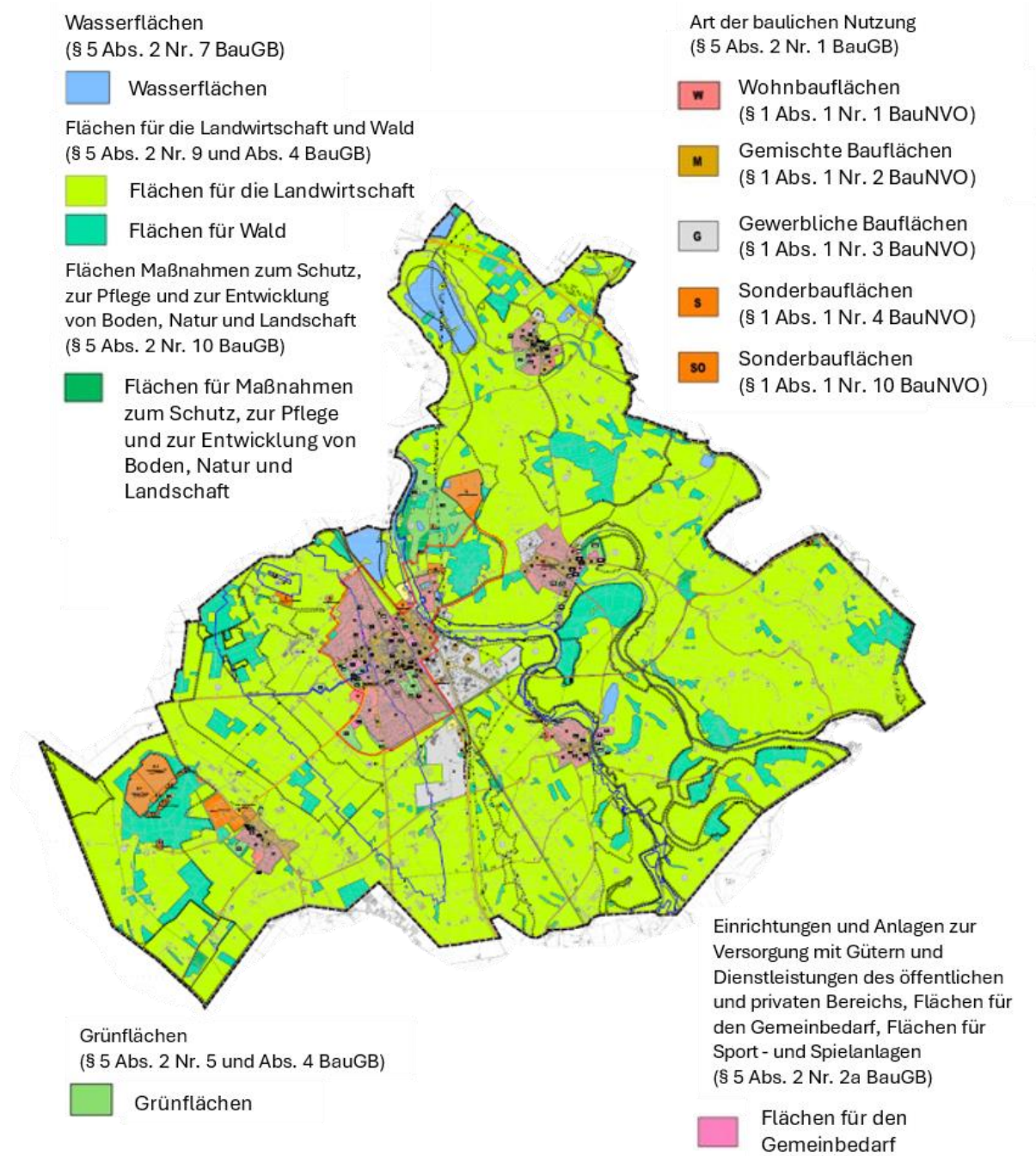


Abbildung 1: Flächennutzung in der Gemeinde Kevelaer [1]

3.4 Gebäude- und Siedlungstypen

Gebäudetypen

Die folgende Abbildung stellt die überwiegende Gebäudecharakteristik auf Baublöckeebene dar. Es zeigt sich ein zu erwartendes Bild mit einer Teilung zwischen den Wohn- und Gewerbegebieten sowie ländlicheren Abschnitten mit der überwiegenden Gebäudecharakteristik von Bauernhäusern.

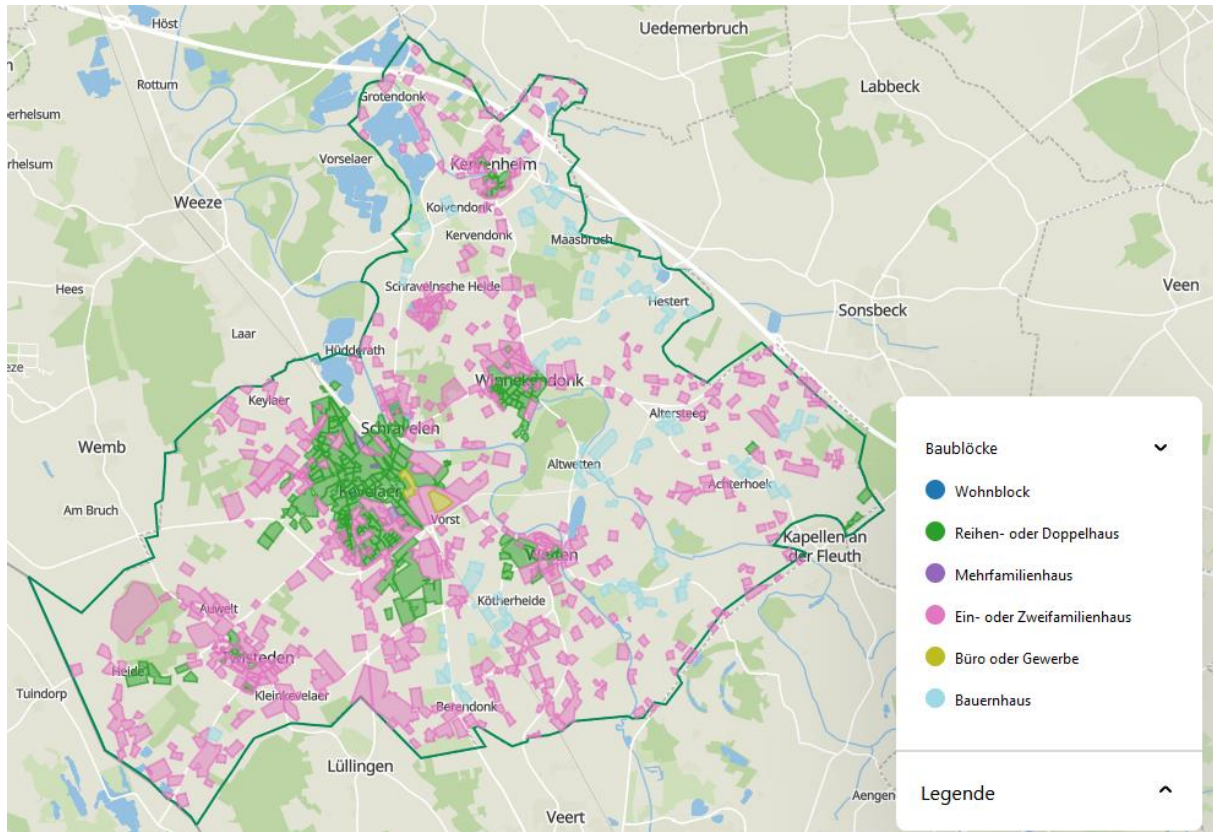
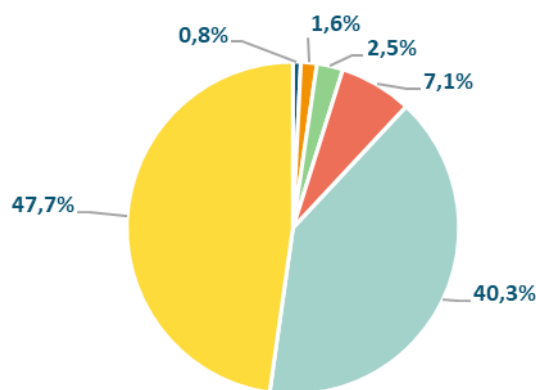


Abbildung 2: Überwiegende Gebäudecharakteristik nach Baublöcken

Auf gebäudescharfer Ebene stellt sich die prozentuale Verteilung der Gebäudecharakteristik bezogen auf die 9.500 Gebäude wie folgt dar:



- Wohnblock
- Büro oder Gewerbe
- Bauernhaus
- Mehrfamilienhaus
- Ein- oder Zweifamilienhaus
- Reihen- oder Doppelhaus

Abbildung 3: Prozentuale Aufteilung der Gebäudecharakteristik

Baualtersklassen

Die nächste Abbildung zeigt eine georeferenzierte Abbildung des aktuellen Gebäudebestandes mit einer Differenzierung nach Baualtersklassen. Die hellroten Bereiche markieren dabei Gebiete mit Neubauten, rote bis dunkelrote Bereiche zeigen einen älteren Gebäudebestand. Dieser findet sich vor allem in den Zentren der Stadtteile.

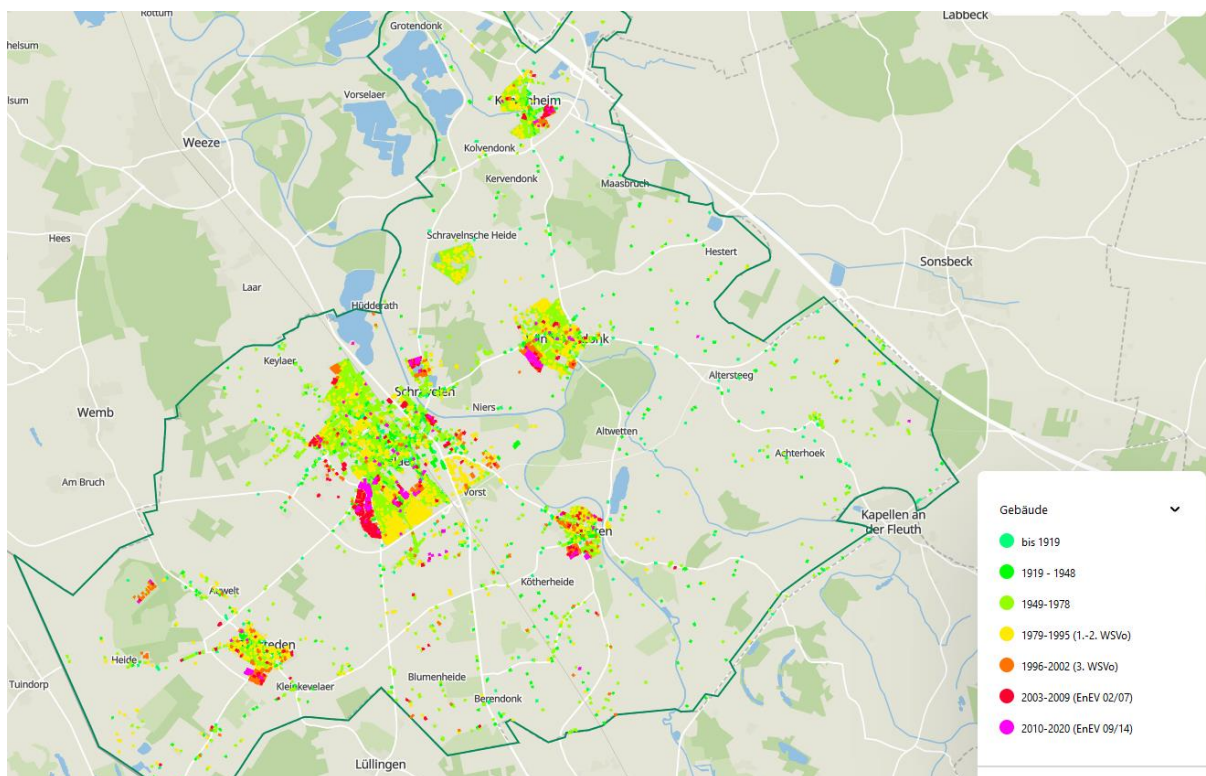
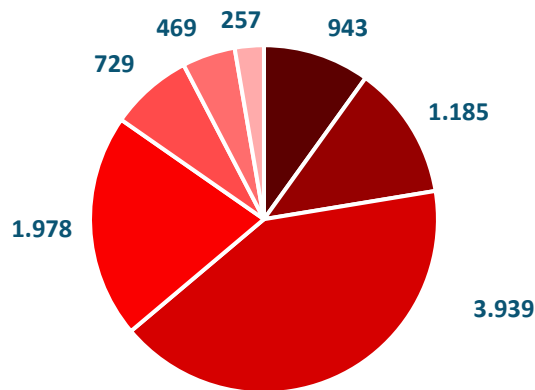


Abbildung 4: Gebäudebestand nach Baualtersklassen



- bis 1919
- 1919 - 1948
- 1949-1978
- 1979-1995
- 1996-2002
- 2003-2009
- 2010-2020

Abbildung 5: numerische Verteilung der Baualtersklassen

Gebäudenutzung

Für die Einteilung der Gebäudenutzung wurde unterschieden nach Öffentlichen Gebäuden, Gewerbe, Wohnen und Mischnutzung. Bei den dargestellten Zahlen ist zu beachten, dass von den 53 öffentlichen Liegenschaften nur 37 im digitalen Zwilling zugeordnet werden konnten.

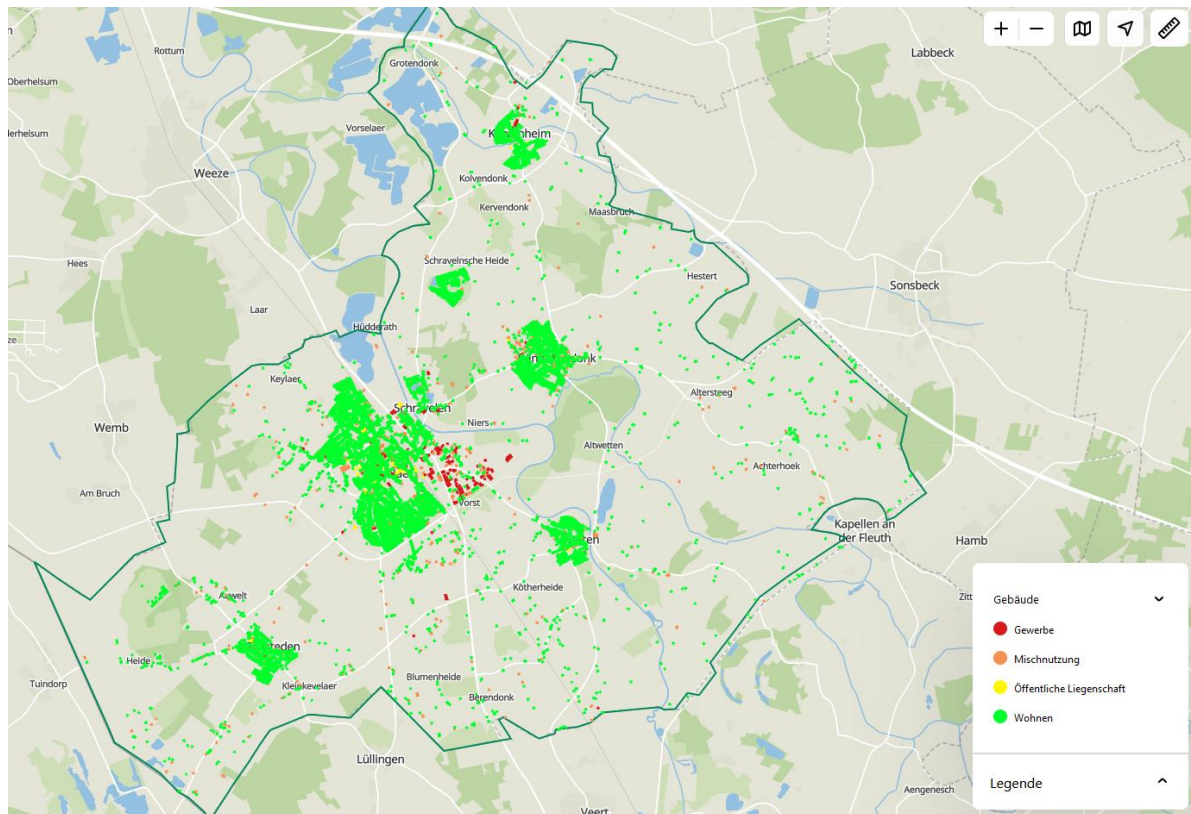


Abbildung 6: Gebäudenutzung in Kevelaer

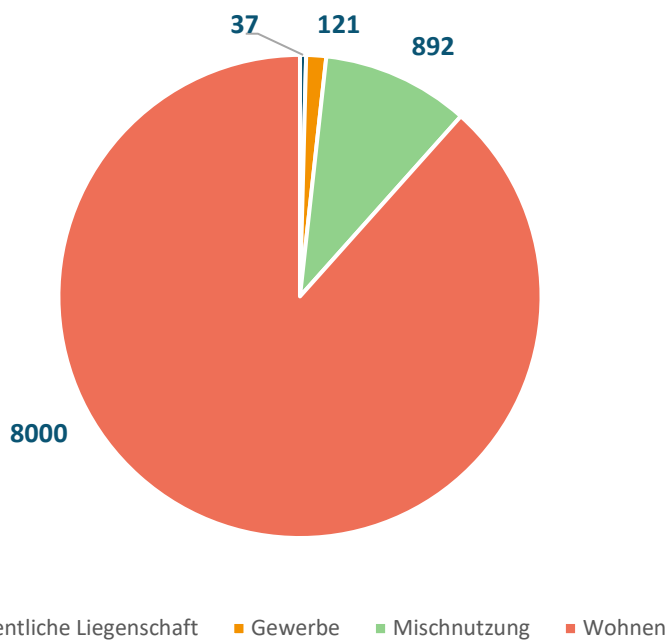


Abbildung 7: Gebäudenutzung in absoluten Zahlen

Wohn- bzw. Nutzfläche

Die Wohn- bzw. Nutzfläche wird im Rahmen der Wärmeplanung mit der zu beheizenden Fläche gleichgesetzt. Die 9.500 dargestellten Gebäude in Kevelaer haben zusammengenommen eine beheizte Fläche von ca. 2,17 Mio. m². Für die kartografische Darstellung wurde eine Aggregation der Gebäudedaten vorgenommen. Die folgende Abbildung ist zwar gebäudescharf, aufgrund der Aggregation aber datenschutzkonform.

Mit Blick auf die Karte in Abbildung 8 überrascht es nicht, dass die großen beheizten Flächen vor allem in den Stadtkernen zu finden sind. In den ländlicheren Gebieten finden sich zwar große Gebäude zu finden, allerdings handelt es sich hier weitestgehend um nicht bewohnte Gewächshäuser, Lagerhallen etc.

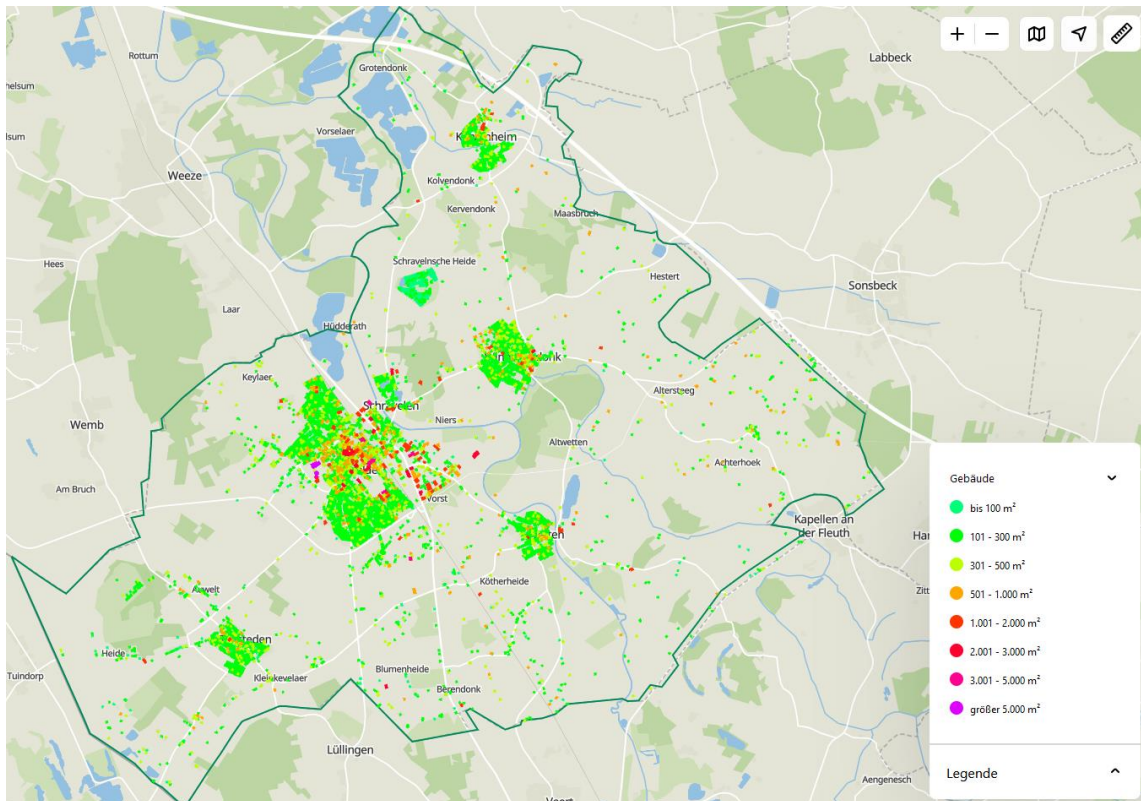


Abbildung 8: beheizte Flächen (aggregiert)

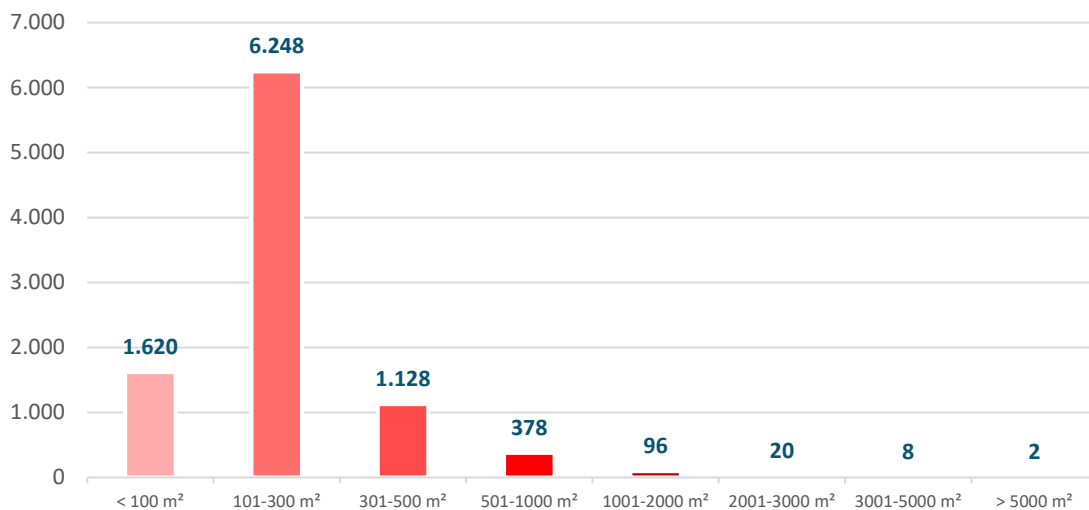


Abbildung 9: Numerische Aufteilung der beheizten Flächen in absoluten Zahlen (aggregiert)

3.5 Energieverbrauchs- oder Energiebedarfserhebungen

Die Wallfahrtsstadt Kevelaer hat einen jährlich Gesamtwärmebedarf von ca. **284 GWh/a**. Die kartografische Darstellung der Wärmebedarfe erfolgt der besseren Lesbarkeit halber auf Baublockebene. Die Daten liegen im digitalen Zwilling darüber hinaus gebäudescharf vor sowie für einzelne Teilgebiete.

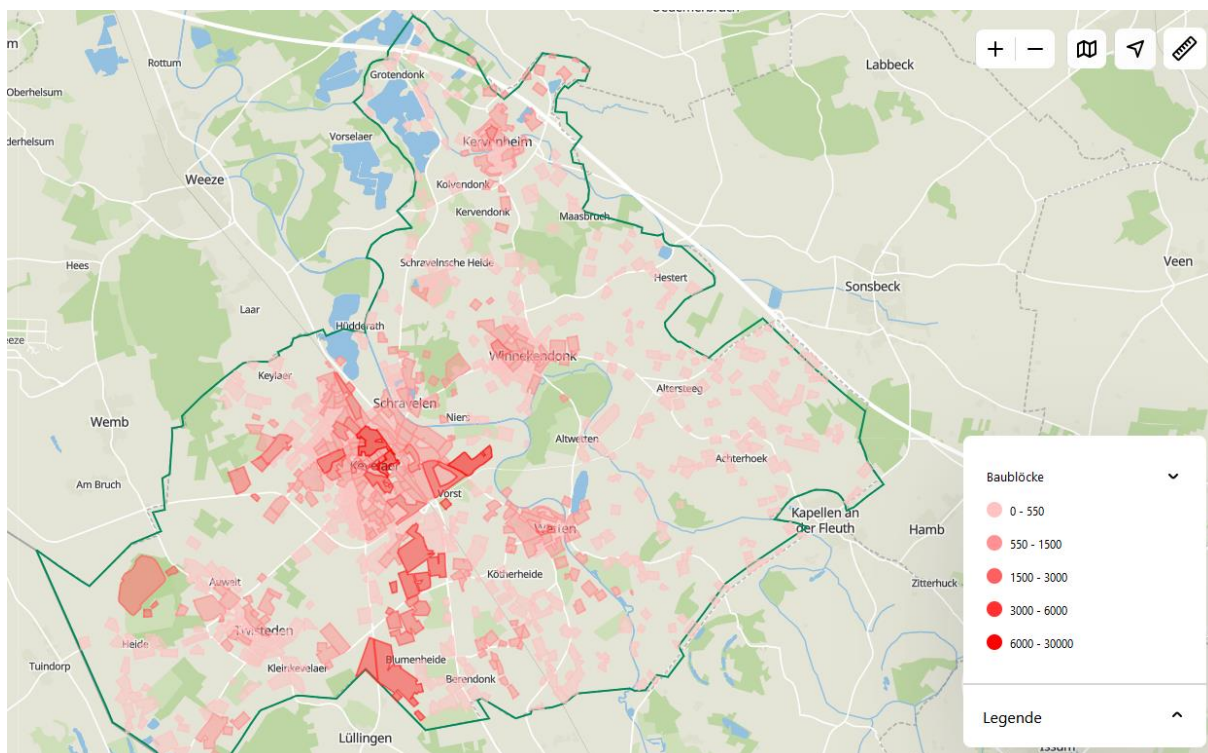


Abbildung 10: Verteilung der Wärmebedarfe in MWh/a

Die beiden folgenden Diagramme zeigen, wie sich der Wärmebedarf auf die verschiedenen Energieträger aufteilt. Die Strom- und Wärmepumpenverbräuche konnten aus einem Datensatz zur THG-Bilanz ermittelt werden. Kohle- und Ölverbräuche beruhen auf statistischen Daten. Der Nahwärmeverbrauch wurde von dem Gebäudenetzbetreiber mitgeteilt. Die auf mehrere Adressen aggregierten Gasverbräuche wurden vom Gasnetzbetreiber direkt übermittelt.

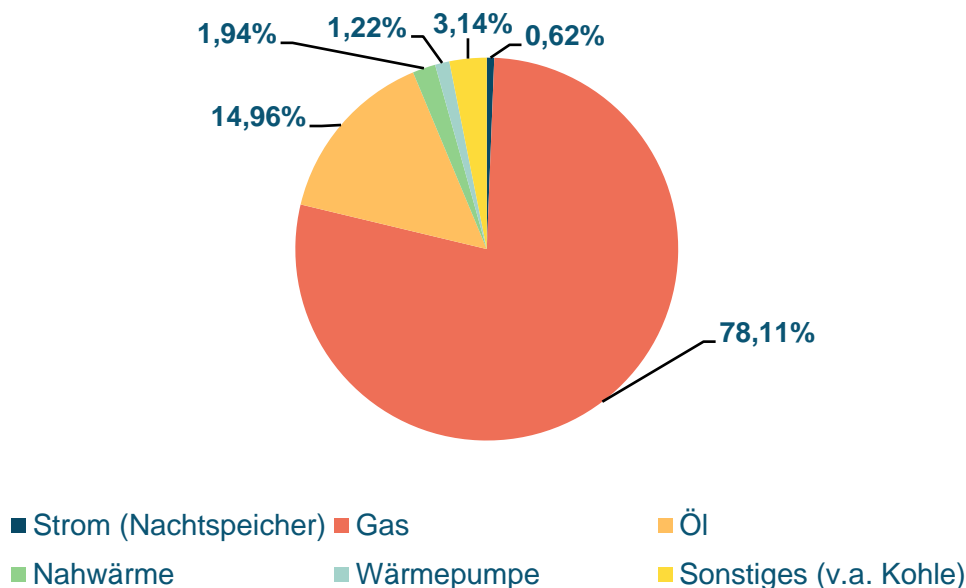


Abbildung 11: Aufteilung des Wärmebedarfs nach Energieträger, prozentual

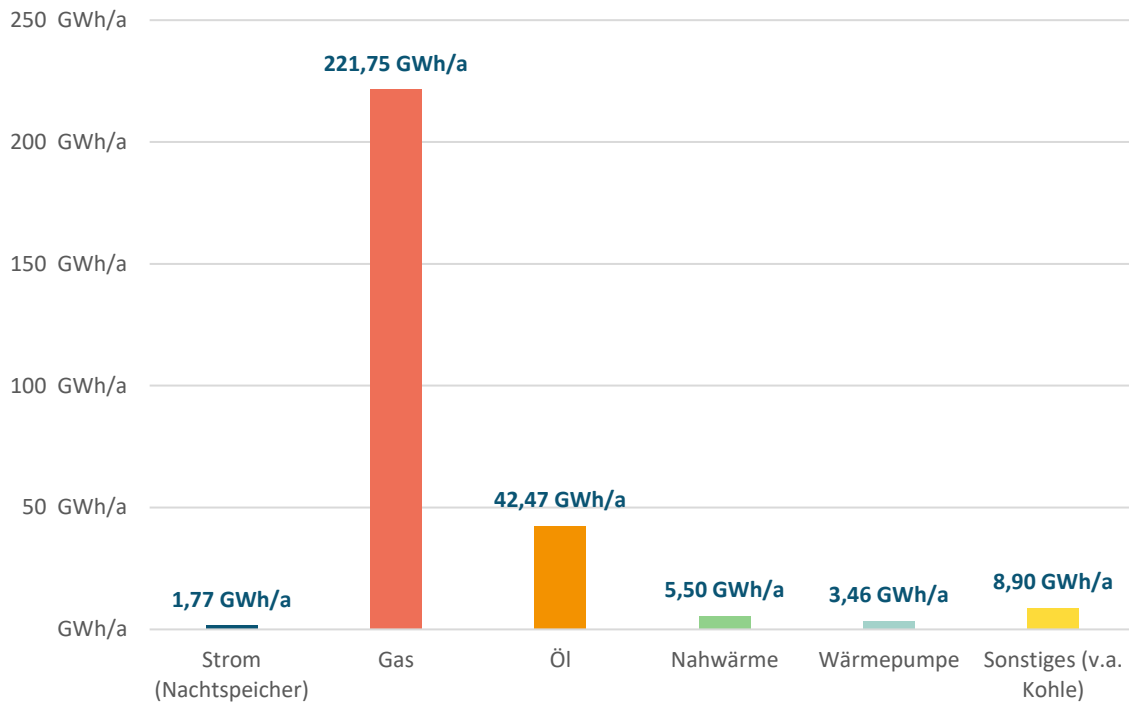


Abbildung 12: Aufteilung des Wärmebedarfs nach Energieträger, absolut

Die untere Abbildung zeigt den Wärmebedarf aufgeteilt nach Wohngebäuden, Gewerbegebäuden, Gebäuden mit Mischnutzung und öffentlichen Liegenschaften.

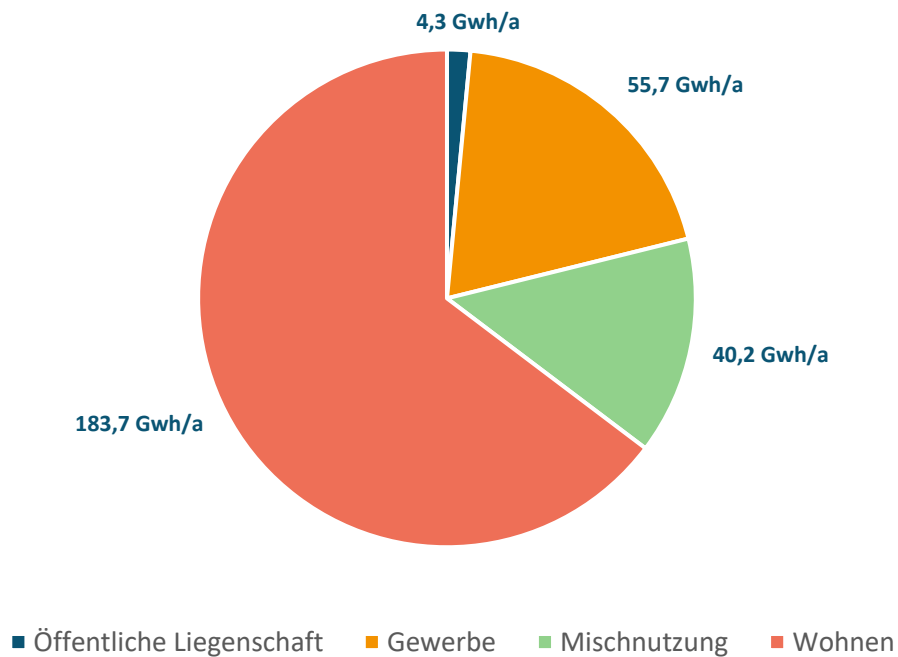


Abbildung 13: Aufteilung des Wärmebedarfs nach Gebäudenutzung, absolut

Im Fall von industriellen, gewerblichen oder sonstigen Unternehmen, die Wärme in ihren Prozessen einsetzen, war beabsichtigt, möglichst liegenschaftsbezogene Informationen und Daten zum jährlichen Prozesswärmeverbrauch der letzten drei Jahre in Kilowattstunden pro Jahr abzubilden. Im Rahmen mehrerer Ansprachen der Industrieunternehmen, wo damit verbunden auch Abwärmepotenziale angefragt wurden, ergaben sich leider nicht ausreichend Rückmeldungen, die eine robuste statistische Auswertung zulassen würden.

Eine Identifikation der aktuellen jährlichen Strom- und Wärmelast-Spitzen war ebenfalls nicht möglich. Der Gasnetzbetreiber konnte hierzu keine Daten bereitstellen, der Stromnetzbetreiber erteilte allgemeine keine Auskunft, wie bereits in der Einleitung erwähnt.

3.6 Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude

Wie im vorherigen Abschnitt ersichtlich, sind die Wärmeerzeugungstechnologien vor allem Gasheizungen und Ölheizungen. Die räumliche Verteilung der Heizungstechnologien ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Aus datenschutzrechtlichen Gründen darf hier keine gebäudescharfe Abbildung erfolgen. Aufgrund des überwiegenden Anteils von Gas- oder Ölheizungen in Kevelaer, teilt sich die vorherrschende Heizungstechnologie in sämtlichen Baublöcken auf diese beiden Technologien auf. Eine differenzierte, gebäudescharfe Darstellung findet sich im digitalen Zwilling.

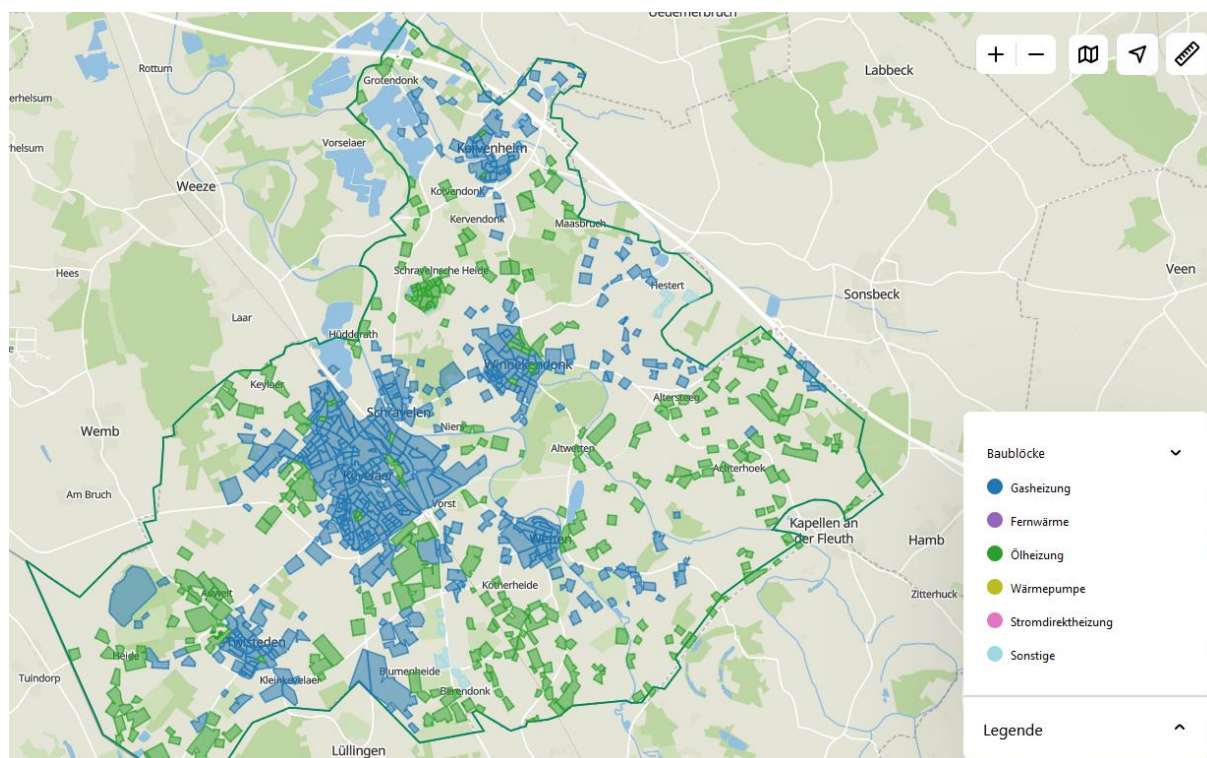


Abbildung 14: Verteilung der Heizungstechnologie auf Baublöckebene

Die Verteilung des Alters der Heizungen auf gebäudescharfer Ebene zeigt die nächste Abbildung. Hier handelt es sich wiederum um eine Aggregation nach Dekaden.

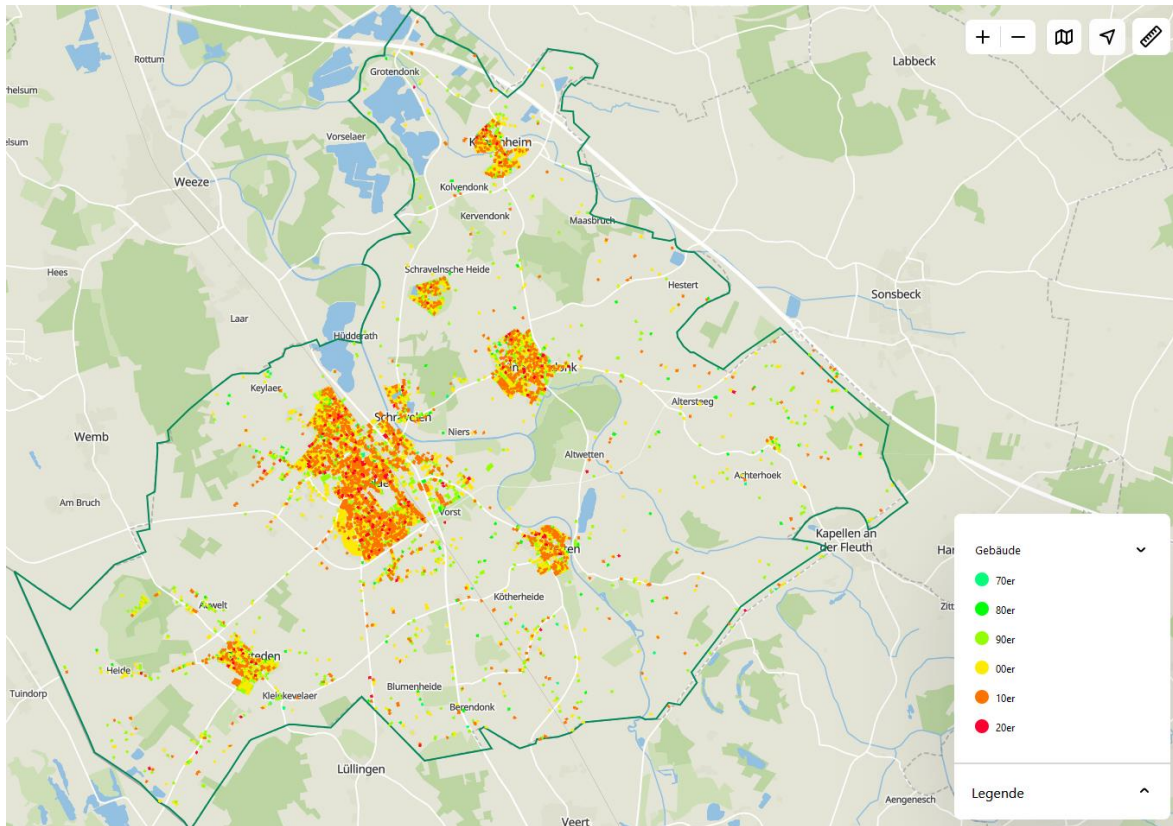


Abbildung 15: Heizungsalter, gebäudescharf

Die numerische Aufteilung in der nächsten Abbildung zeigt, dass die meisten Heizungen aus den 90ern, 2000ern und 2010ern stammen.

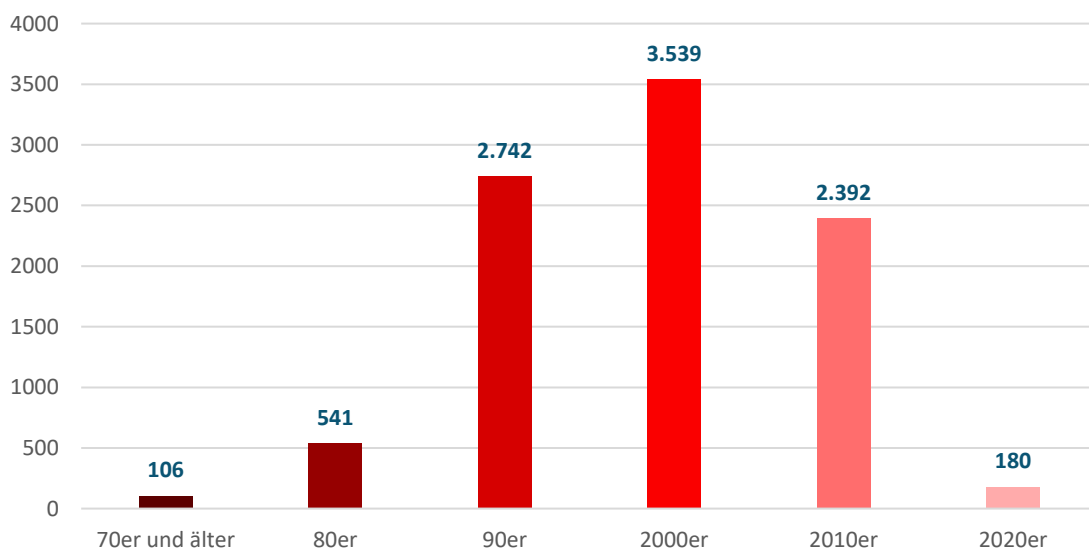


Abbildung 16: Numerische Verteilung der Heizungsanlagen nach Alter

Zu den Nennwärmeleistungen der Heizungsanlagen kann keine statistisch robuste Aussage getroffen werden, da die Schornsteinfegerdaten diesbezüglich keine ausreichende Datenqualität aufweisen.

3.7 Energie- und Treibhausgasbilanz für das Basisjahr 2021

Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist ein Treibhausgas, das sich aufgrund der einfachen Messbarkeit, vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger, als zentraler Indikator für die Kommunikation von Klimaschutzmaßnahmen etabliert hat. Die Bilanzierung von Energie und Treibhausgasen dient vielen Gemeinden und Landkreisen als Entscheidungshilfe zur Planung und Überwachung von Klimaschutzaktivitäten.

Das Energie- und Treibhausgas-Bilanzierungstool „Klimaschutz-Planer“ wurde von drei Partnern – Klima-Bündnis e.V., ifeu – Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg und dem Institut dezentrale Energietechnologien (IdE) – entwickelt. Diese internetbasierte Software ermöglicht es Kommunen, ihre Klimaschutzmaßnahmen zu überwachen und Energie- sowie Treibhausgas-Bilanzen nach der in Deutschland standardisierten BSKO-Methodik zu erstellen.

Das Tool ermöglicht es, eine kommunale Energie- und THG-Bilanz zu erstellen, selbst wenn nur wenige statistische Eingangsdaten verfügbar sind. Im Laufe der fortlaufenden Aktualisierungen können diese Daten weiter spezifiziert werden. Dank der einheitlichen Nutzung eines standardisierten Tools und einheitlicher Datenaufbereitung können Kommunen ihre Bilanzen miteinander vergleichen. Das Programm bietet die Möglichkeit, verschiedene Sektoren wie private Haushalte, Wirtschaft, Verkehr und kommunale Verwaltung sowie unterschiedliche Energieträger wie Strom, Erdgas und Wärme hinsichtlich ihres Anteils an den gesamten lokalen Treibhausgasemissionen zu vergleichen.

Für die Bilanz 2021 wurde auf die im „Klimaschutz-Planer“ bereits vorhandene Bilanz für 2020 aufgebaut. Neu in das Tool hinzugefügt wurden Daten für das Jahr 2021, die aus den in Kapitel 2.1 aufgeführten Quellen stammten. Wo weder Verbrauchsdaten noch statistische Daten vorlagen, wurden Schätzungen auf Grundlage der vergangenen Entwicklung vorgenommen. Die Dateneingabe Tool „Klimaschutz-Planer“ erfolgte im Juli 2024.

Die erstellte Bilanz umfasst nicht nur CO₂-Emissionen, sondern berücksichtigt auch andere klimarelevante Treibhausgase wie Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxid (N₂O). Um die Klimaschädlichkeit dieser verschiedenen Gase miteinander vergleichbar zu machen, werden sie

in CO₂-Äquivalente (CO₂äqu) umgerechnet. Diese Methode ermöglicht es, die Beiträge unterschiedlicher Gase zu den Treibhausgasemissionen in eine einheitliche Maßzahl zu fassen. Dabei ist CO₂ besonders bedeutsam, da es in Deutschland 87 % der vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen ausmacht und somit das klimarelevanteste Gas darstellt.

Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren

Die folgende Abbildung veranschaulicht den Gesamtenergieverbrauch in Kevelaer für das Basisjahr 2021, aufgeschlüsselt nach den verwendeten Energieträgern. In Summe betrug der Endenergiebedarf **454 GWh/a**.

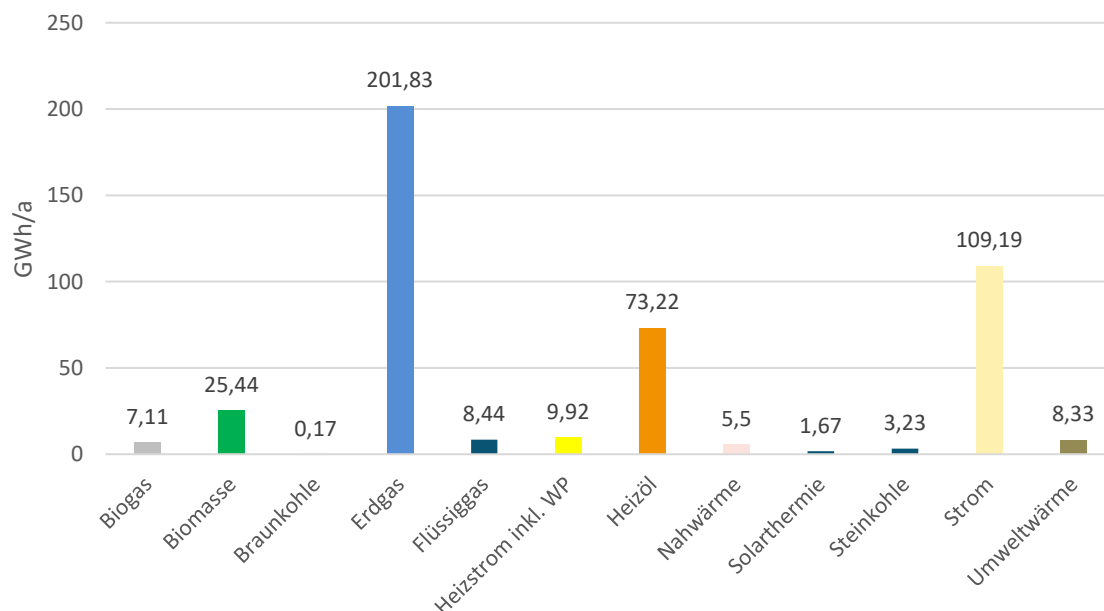


Abbildung 17: Endenergieverbrauch nach Energieträgern 2021

Abbildung 18 zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs über die vergangenen Jahre. Die grafische Darstellung erfolgte mittels des Klimaschutzplaner-Tools. Die roten und gelben Zahlenkästchen unterhalb der Jahreszahlen geben einen Hinweis auf die Datengüte. Je weniger präzise die Datengrundlage, desto näher ist der Wert an „0“. Der Wert „1“ steht für die bestmögliche Datengüte (z.B. jahresscharfe Verbrauchsdaten). Darauf folgt in Abbildung 19 der Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren.

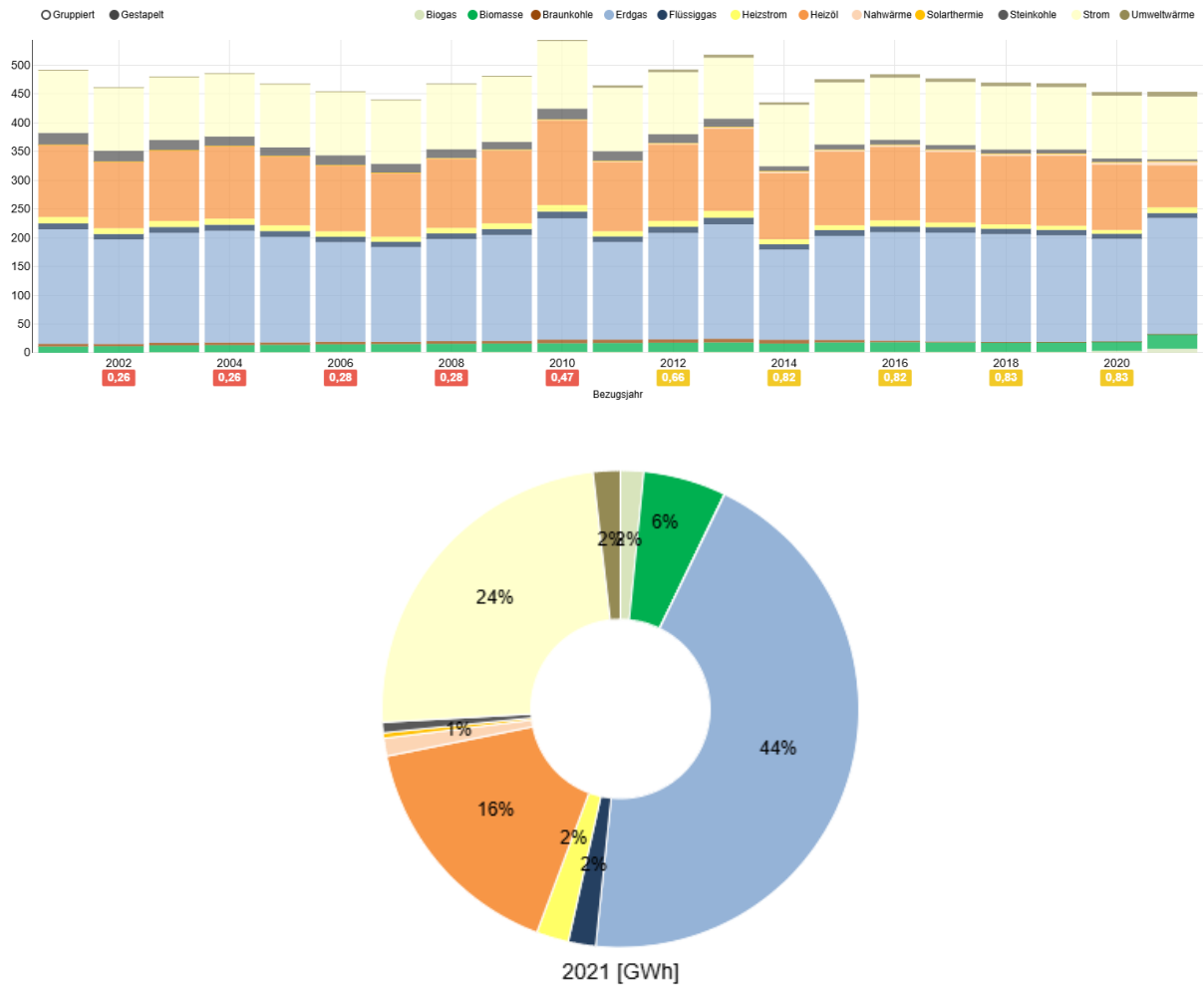


Abbildung 18: Gesamtenergieverbrauch in [GWh/a] nach Energieträger: Entwicklung sowie Verteilung im Jahr 2021

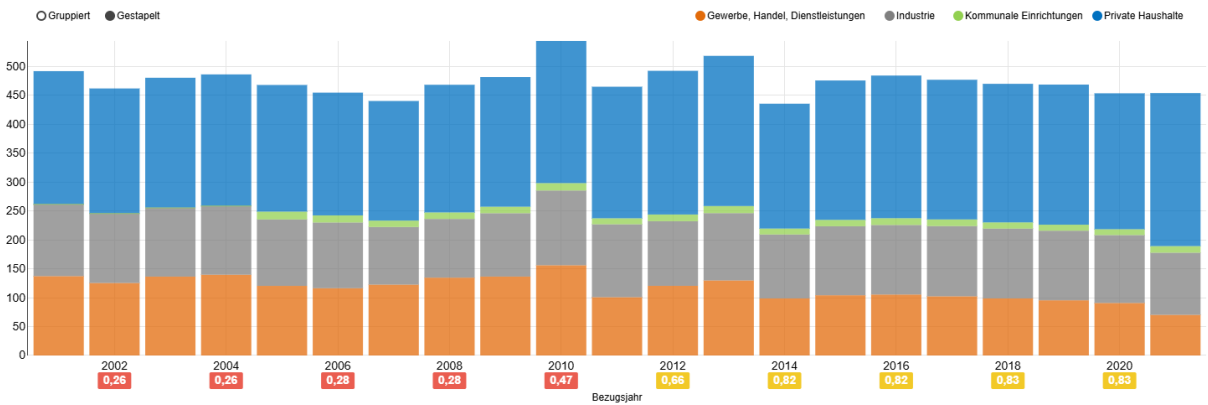


Abbildung 19: Endenergieverbrauch in [GWh/a] nach Sektoren - Entwicklung

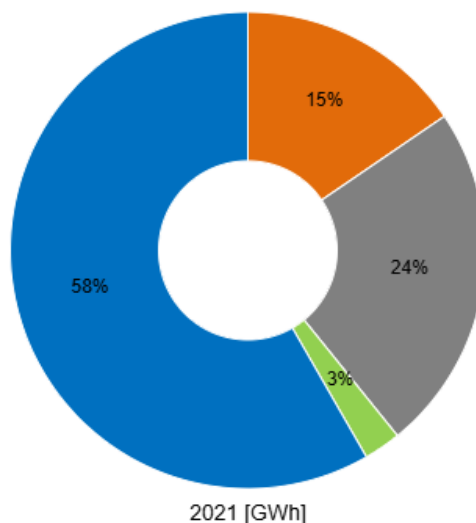


Abbildung 20: Endenergieverbrauch nach Sektoren - Verteilung im Jahr 2021

Für die Treibhausgasbilanz wurde nach vier Hauptsektoren unterschieden:

Private Haushalte: Der Sektor der privaten Haushalte dominiert den Energieverbrauch mit einem jährlichen Bedarf von ca. **263 GWh/a**. Der größte Anteil des Energieverbrauchs entfällt auf Erdgas, gefolgt von Heizöl. Strom und Flüssiggas spielen ebenfalls eine Rolle, wenn auch in deutlich geringerem Umfang.

Industrie: Der Industriesektor hat einen Gesamtenergieverbrauch von ca. **107 GWh/a**. Auch hier ist Strom der dominierende Energieträger, jedoch mit einem höheren Anteil an Erdgas und einem geringeren Anteil an Heizöl und Steinkohle.

Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD): Mit einem Energieverbrauch von etwa **70 GWh/a** stellt der GHD-Sektor den drittgrößten Sektor dar. Die Verteilung der Energieträger ähnelt der des Industriesektors, jedoch mit einem geringeren Gesamtverbrauch.

Kommunale Einrichtungen: Dieser Sektor hat den geringsten Energieverbrauch von ca. **8 GWh/a**, wobei der Verbrauch hauptsächlich durch Strom gedeckt wird.

Treibhausgasemissionen pro Kopf und pro Fläche

Für das Basisjahr 2021 wurden die Treibhausgasemissionen der Wallfahrtsstadt Kevelaer auf Grundlage der Endenergieverbräuche in verschiedenen Sektoren und der spezifischen CO₂-

Emissionsfaktoren berechnet. Mit einer Einwohnerzahl von etwa 28.000 ergibt sich ein durchschnittlicher Pro-Kopf-Ausstoß von ca. 4.800 kg CO₂-Äquivalenten. Die Gesamtemissionen belaufen sich somit auf ca. 135.000 Tonnen CO₂.

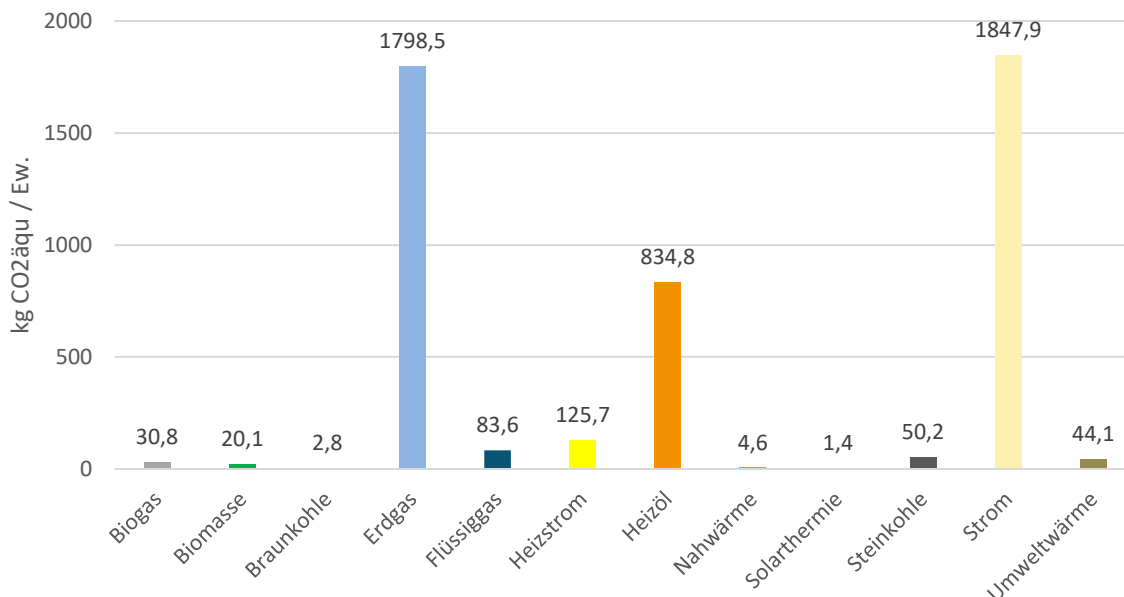


Abbildung 21: Treibhausgasemissionen pro Kopf 2021

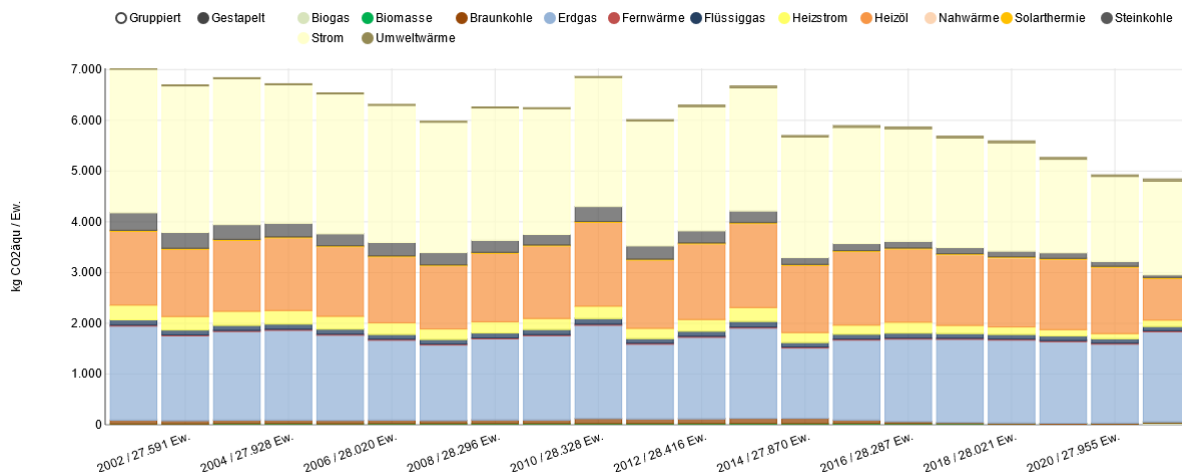


Abbildung 22: Treibhausgasemissionen pro Kopf – Entwicklung

In Kevelaer wird mit Heizöl, Wärmestrom, Biomasse, Biogas und vor allem mit Erdgas geheizt. Die für diese Energieträger dargestellten Emissions-Werte sind somit auch die Emissions-Werte der Wärmeversorgung. Pro Einwohner ergeben sich 2.800 kg CO₂-Äquivalent. Das sind etwa 58 % des Gesamt-CO₂ Ausstoßes pro Kopf.

Für die Kalkulation der Treibhausgasemissionen pro beheizte Fläche wurde von einer aus dem digitalen Zwilling ermittelten Gesamtheizfläche von 2,17 Mio. m² ausgegangen. Die Aufteilung

der THG-Emissionen für 2021 nach Energieträger ist in der nächsten Abbildung dargestellt, darauf folgt die Darstellung der Entwicklung über die Jahre.

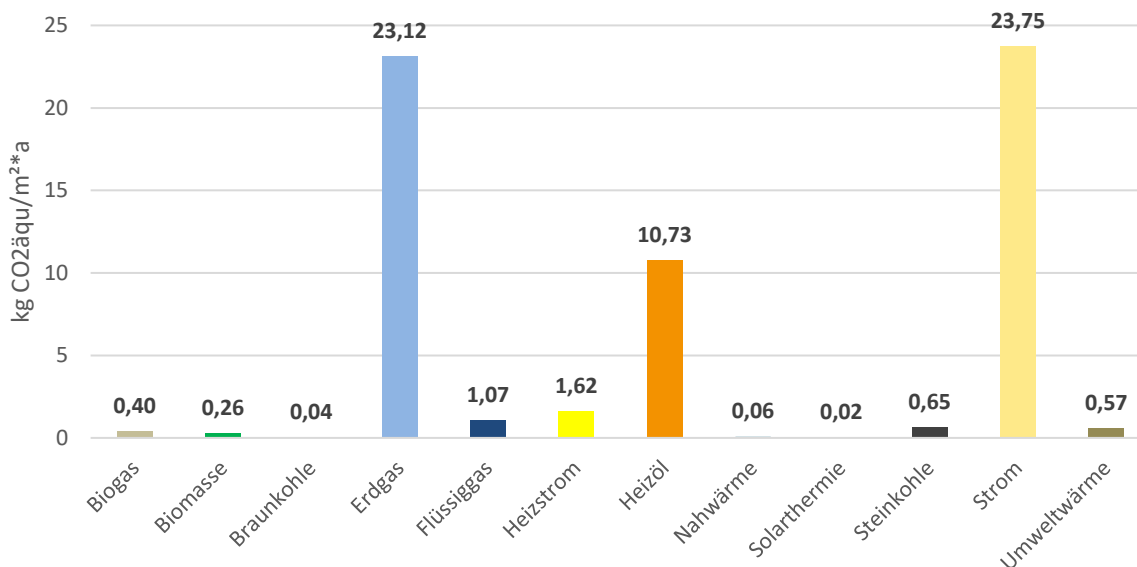


Abbildung 23: Aufteilung der THG-Emissionen für 2021 nach Energieträger

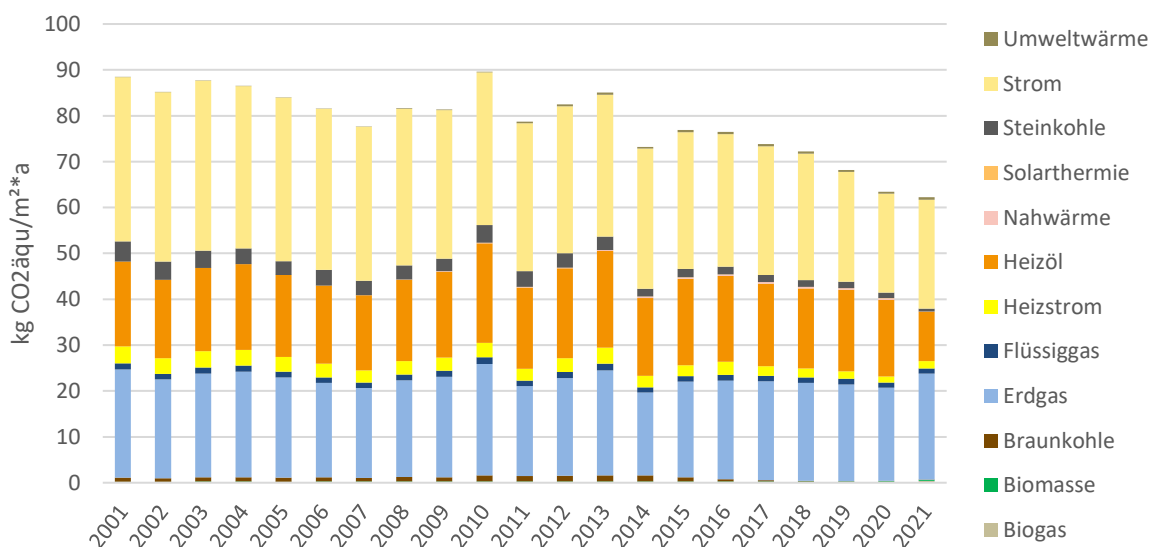


Abbildung 24: Treibhausgasemissionen pro m² beheizte Fläche nach Energieträger – Entwicklung

Auf Grundlage des Endenergieverbrauchs und der spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren ergibt sich folgendes Bild:

Private Haushalte verursachen den größten Anteil der CO₂-Emissionen, was auf den hohen Strom- und Erdgasverbrauch zurückzuführen ist.

Industrie und **Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)** tragen ebenfalls erheblich zu den Gesamtemissionen bei, hauptsächlich durch die Nutzung von Strom, Erdgas sowie Heizöl in geringerem Maße.

Kommunale Einrichtungen haben einen relativ geringen Einfluss auf die Gesamtemissionen, da sie weniger Energie verbrauchen.

Der Wert von 4.800 kg CO₂-Äquivalenten pro Kopf liegt im mittleren Bereich und zeigt, dass sowohl im privaten als auch im industriellen Bereich erhebliche Einsparpotenziale vorhanden sind. Besonders der hohe Anteil fossiler Energieträger für die Wärmeversorgung der privaten Haushalte bietet Ansatzpunkte für Verbesserungen. Maßnahmen könnten unter anderem die Förderung erneuerbarer Energien und die Steigerung der Energieeffizienz durch Sanierungsmaßnahmen von Wohngebäuden sein.

Endenergieverbrauch Wärme nach Energieträgern und Sektoren

Der Endenergieverbrauch für Wärme aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.

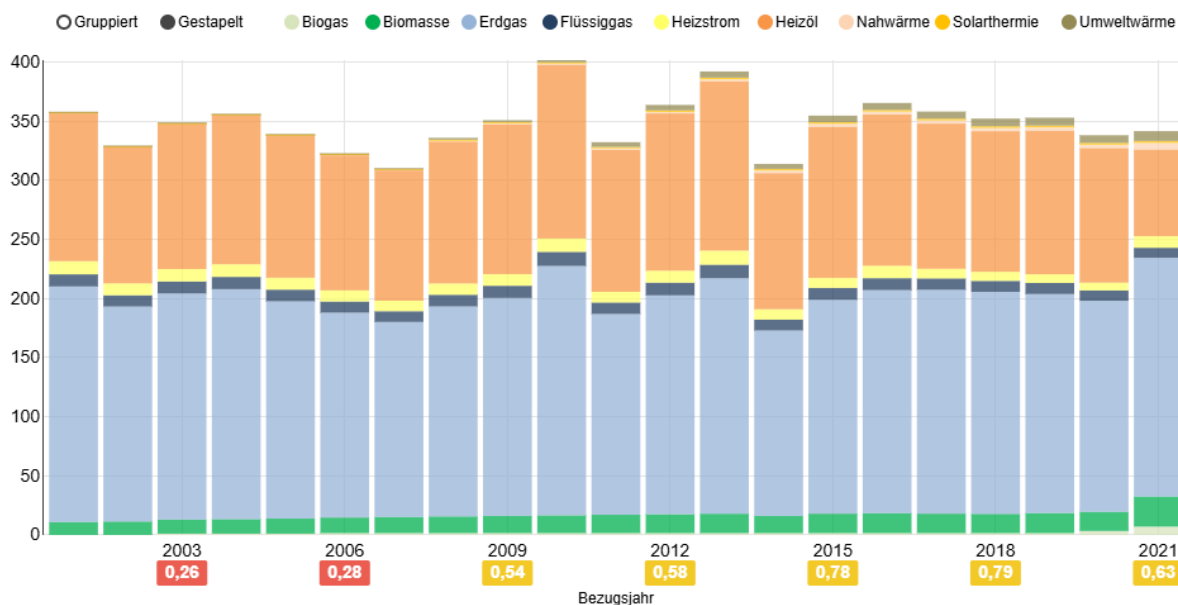


Abbildung 25: Endenergieverbrauch in [GWh/a] für Wärme aufgeteilt nach Energieträgern – Entwicklung

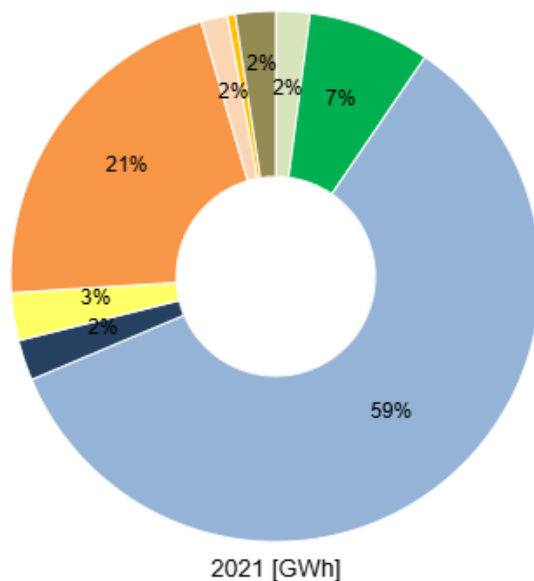


Abbildung 26: Endenergieverbrauch in [GWh/a] für Wärme aufgeteilt nach Energieträgern – Verteilung im Jahr 2021

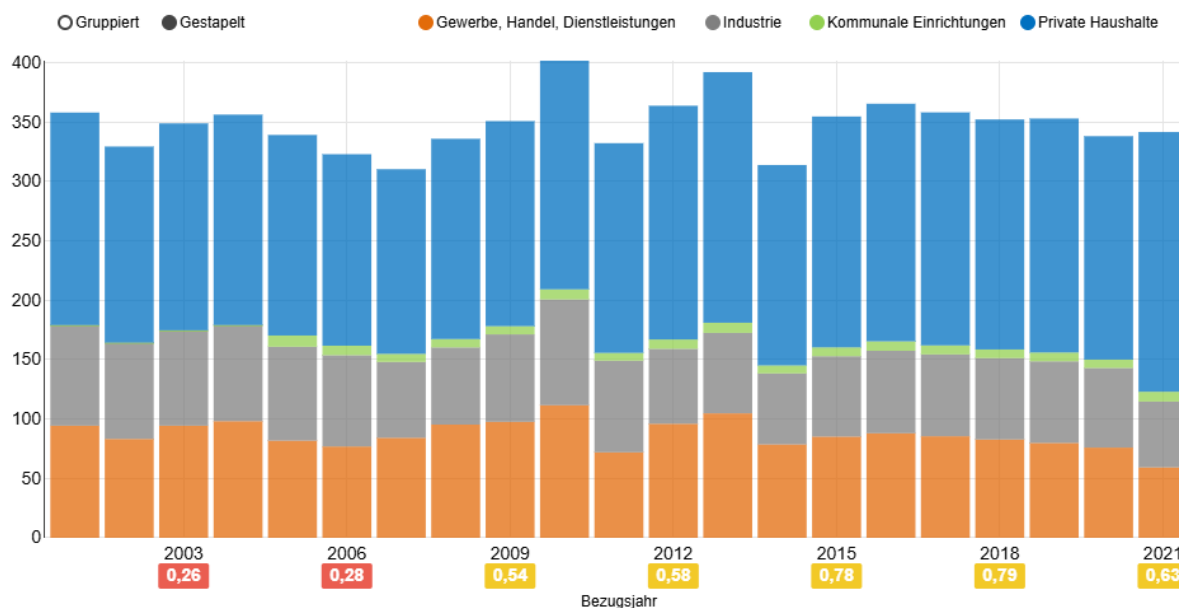


Abbildung 27: Endenergieverbrauch in [GWh/a] für Wärme aufgeteilt nach Sektoren – Entwicklung

Treibhausgasemissionen für Wärme pro Kopf

Die Treibhausgasemissionen für die Wärmeerzeugung pro Kopf und pro Fläche kann Abbildung 21 und Abbildung 23 entnommen werden. Außer Strom, Steinkohle und Braunkohle dienen die dort aufgeführten Energieträger größtenteils der Wärmeversorgung. Zu welchen Anteilen beispielsweise Biogas zur Strom- oder Wärmeversorgung genutzt wird, lässt sich aufgrund mangelnder Daten nicht beziffern.

Endenergiebedarf für Wärme der Wohngebäude pro Quadratmeter Wohnfläche

Abbildung 28 zeigt den Endenergieverbrauch für Wärme in Wohngebäuden pro Quadratmeter beheizter Wohnfläche (in kWh/m²*a). Darauf folgt in Abbildung 29 eine Darstellung der Entwicklung über die vergangenen Jahre.

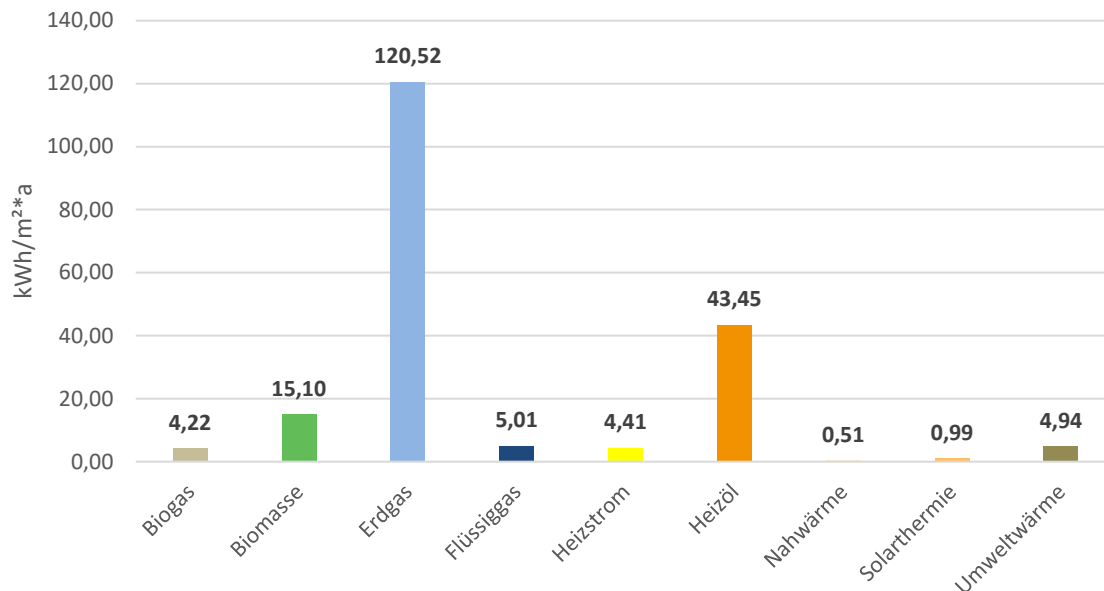


Abbildung 28: Endenergiebedarf Wärme pro m² beheizte Wohnfläche 2021

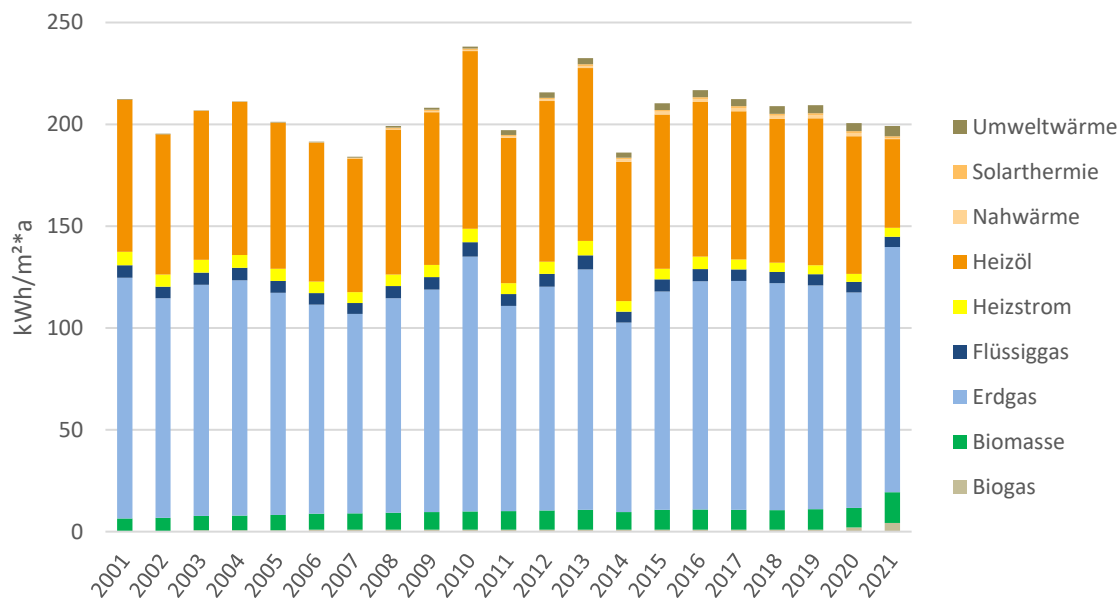


Abbildung 29: Endenergiebedarf Wärme pro m² beheizte Wohnfläche - Entwicklung

Für die Sektoren teilt sich der Verbrauch wie folgt auf:

GHD: Der Energiebedarf liegt bei etwa 35 kWh/m²*a. Der größte Anteil wird durch Erdgas gedeckt, gefolgt von Heizöl und einem kleineren Anteil Biomasse.

Industrie: Der Energiebedarf ist mit etwa 40 kWh/m²*a nur minimal größer als im vorherigen Sektor. Auch hier dominiert Erdgas, aber der Anteil von Heizöl ist ebenfalls bedeutend. Biomasse spielt eine kleinere Rolle.

Kommunale Einrichtungen: Der Energiebedarf ist sehr gering, liegt bei etwa 3 kWh/m²*a, und wird fast ausschließlich durch Erdgas gedeckt.

Private Haushalte: Hier ist der Energiebedarf am höchsten, etwa 125 kWh/m²*a. Erdgas macht den größten Teil des Energieverbrauchs aus, gefolgt von Biomasse. Es gibt auch nennenswerte Beiträge von Heizöl, Heizstrom, Biogas und Solarthermie.

Die Zahlen machen deutlich, dass private Haushalte den höchsten Wärmebedarf pro Quadratmeter beheizter Wohnfläche aufweisen, wobei hauptsächlich fossile Energieträger (vor allem Erdgas) zum Einsatz kommen.

Stromverbrauch zur Wärmeversorgung der Haushalte pro Kopf

Der gesamte Stromverbrauch zur Wärmeversorgung (Speicherheizung und Wärmepumpenstrom) beträgt gemäß Daten des Stromnetzbetreibers **9,9 GWh/a**. 75 % des gesamten Wärmestroms wird für Speicherheizungen verwendet (7,43 GWh/a), lediglich 25 % werden für Wärmepumpen aufgewendet (2,5 GWh/a).

Es entfallen ca. 7,94 GWh/a des genannten Stromverbrauchs auf die Haushalte. Pro Kopf ergeben sich somit 280 kWh/a Wärmestromverbrauch. Der übrige Wärmestromverbrauch entfällt auf Gewerbe, Handel und Dienstleistung und beträgt 1,98 GWh/a.

Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch / Anteil erneuerbarer Energien an Lokaler Strom- und Wärmeerzeugung

Bezüglich der Stromproduktion wurden im Jahr 2021 in Kevelaer insgesamt **100,2 GWh/a** aus Biomasse, Wind und PV in das Stromnetz eingespeist. In Anbetracht des Gesamtstromverbrauchs von Kevelaer in Höhe von 119 GWh/a (inkl. Heizstrom und Wärmepumpe) ist dies ein

Anteil von 84 %. Da es sich jedoch um eine volatile, zeitlich stark schwankende Stromerzeugung handelt, ist nicht davon auszugehen, dass der in Kevelaer aus EE erzeugte Strom vollständig in Kevelaer verbraucht wurde.

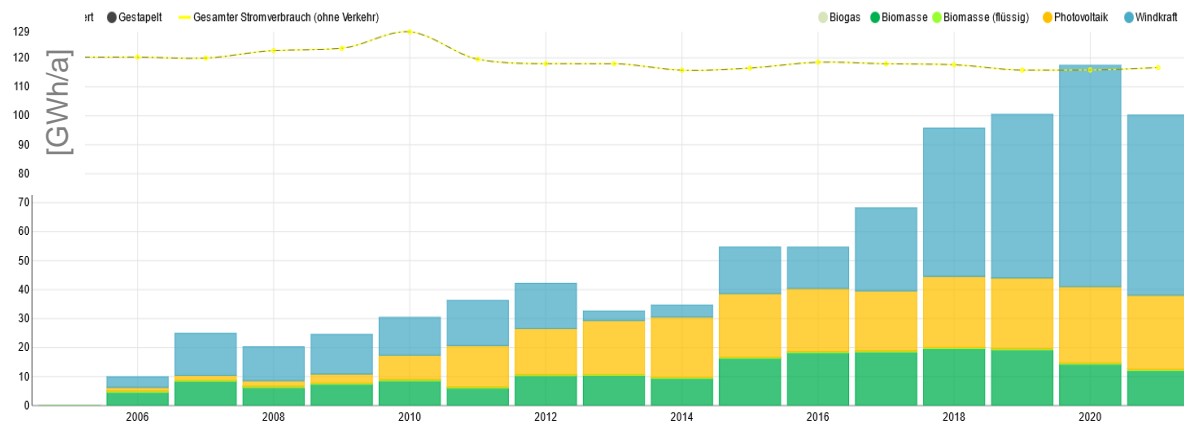


Abbildung 30: Bereitstellung von Strom aus lokalen EE-Anlagen

Die Wallfahrtsstadt Kevelaer setzt bei der Stromerzeugung auf eine vielfältige Energieinfrastruktur, die sowohl erneuerbare als auch konventionelle Energiequellen umfasst. Die 31 Erdgasanlagen mit einer Gesamtleistung von 315 kW und die Mineralölanlagen mit einer Kapazität von 35.260 kW spielen eine zentrale Rolle in der Stromversorgung der Stadt. Im Gegensatz dazu leisten die 15 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von knapp 32 MW und die 6 Biomasseanlagen, die zusammen fast 4,9 MW liefern, einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Diese Anlagen erzeugen saubere, emissionsfreie Energie und sind daher ein zentraler Bestandteil der Umweltstrategie der Stadt. Im Basisjahr 2021 lag der Anteil erneuerbarer Energien für die lokale Stromerzeugung bei etwa 66%.

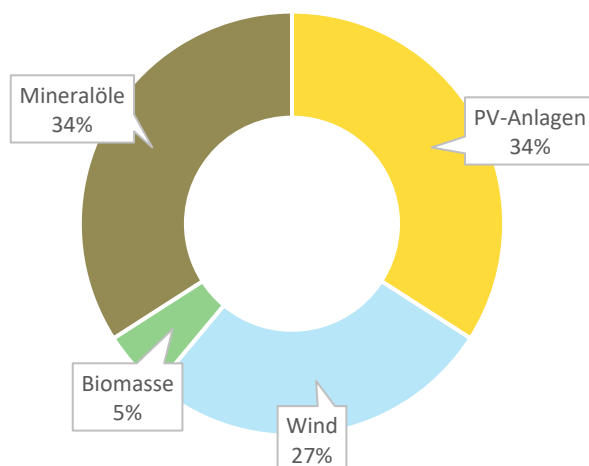


Abbildung 31: Anteile der vorhandenen lokalen Stromerzeugungsanlagen

Im Jahr 2021 zählte Kevelaer insgesamt 1237 Photovoltaikanlagen, mit einer Bruttoleistung von 35.260 kW. Dies entspricht ca. 1,25 kW/Einwohner im Jahr.

Diese Zahl stellt den Stand der Anlagen am Ende des Jahres dar und reflektiert das bestehende Potenzial an Solarenergie in der Stadt. Die erreichte Gesamtkapazität von 35.260 kW verdeutlicht die bedeutende Rolle, die Photovoltaikanlagen in der Energieversorgung Kevelaers spielen. Diese Anlagen tragen zur nachhaltigen Energieversorgung der Stadt bei und unterstützen die lokale Energiewende. Eine Nutzung synthetischer Brennstoffe mittels *Power-to-X* existiert im Basisjahr in Kevelaer aktuell nicht.

Angaben über den Anteil der produzierten Wärme aus Erneuerbaren Energie und Abwärme existieren nicht vollumfänglich. Für die Nahwärme betrug der Wert für 2021 schätzungsweise 5,5 GWh/a. Gemessen an einem Gesamtwärmebedarf von 284 GWh/a wären dies ca. 2 %.

Fläche von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen pro Kopf

Angabe zu der Größe der installierten PV-Flächen oder solarthermischen Flächen im Jahr 2021 existieren nicht. Jedoch lag die erzeugte Energiemenge für Solarthermie bei 1,67 GWh/a (Schätzung gem. Daten im Klimaschutz-Planer).

Installierte KWK-Leistung pro Kopf (elektrisch und thermisch)

Die bekannte installierte elektrische Leistung beläuft sich im Jahr 2021 auf 565 kW. Dies entspricht einer Leistung von ca. 20 W/Ew. Für die installierte thermische Leistung in Kevelaer liegen keine Daten vor.

Installierte Speicherkapazität Strom und Wärme

Im Basisjahr konnte Kevelaer 207 Energiespeicher vorweisen, die zusammen eine Gesamtkapazität von 1.389 kW aufwiesen. Diese Speichertechnologien ermöglichen es, den erzeugten Solarstrom effizient zu speichern und bedarfsgerecht zu nutzen, insbesondere wenn die Sonne nicht scheint oder der Energiebedarf hoch ist. Die Integration von Speichern in das Energiesystem erhöht die Flexibilität und Unabhängigkeit der Energieversorgung. Wärmespeicher für Wärmenetze existierten im Basisjahr nicht. Daneben existiert ein Wärmepufferspeicher des Gebäudenetzbetreibers Schloss Wissen mit 750 m³ Speichervolumen.

Anzahl der Hausanschlüsse in Gas- und Wärmenetzen / Länge der Transport- und Verteilungen in Gas- und Wärmenetzen

Im Jahr 2022 betrug die Anzahl der Gasnetzanschlüsse im Gebiet Kevelaer 5.875. Für das Basisjahr 2021 dürfte sie bei über 5.900 gelegen haben. Die Länge an Gasverteilungen beträgt ca. 131,7 km, die Länge der Transportleitungen (Hochdruckleitungen <16 bar) beläuft sich auf ca. 19 km.

3.8 Wärme- und Kälteinfrastruktur

In Kevelaer existieren keine **Wärmenetze**. Auch sind aktuell keine Wärmenetze konkret geplant oder genehmigt.

Die existierenden **Gasnetze** sind in Abbildung 32 dargestellt. Die Abbildung zeigt den Leitungsverlauf der Transport- und Verteilungen.

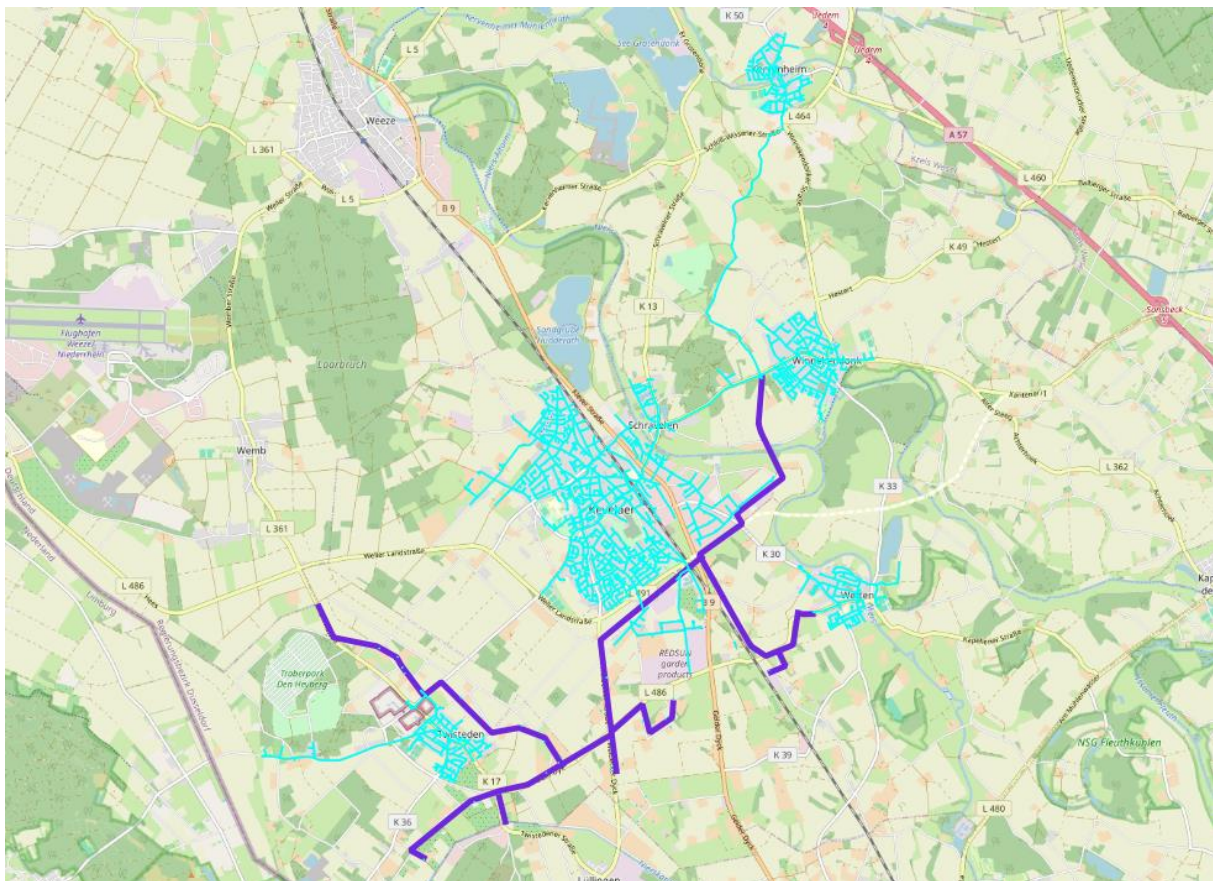


Abbildung 32: Transportleitungen (lila) und Verteilungen (blau) Gasnetz Kevelaer

Derzeit übernimmt der Gasnetzbetreiber Gelsenwasser (GWN) am bestehenden Netzkopplungspunkt in Kevelaer Erdgas vom vorgelagerten Netzbetreiber Thyssengas. Über ein eigenes Hochdrucknetz (<16 bar) wird neben der Kommune Kevelaer auch Weeze, Geldern (Orts- teil Lüllingen) und Straelen versorgt. Am Hochdruckring sind insgesamt 10 Ortsnetz-/Kunden- stationen in Kevelaer angeschlossen, die Erdgas auf Mitteldruck entspannen und zu den an- geschlossenen Letztverbrauchern verteilen. Weitere Informationen zu konkret geplanten oder genehmigten Gasnetzen liegen nicht vor, ebenso wenig zu den Spitzenlasten. Die Inbetrieb- nahmen der einzelnen Strangabschnitte sowie deren Länge sind im digitalen Zwilling hinterlegt und werden hier aufgrund der Datenmenge nicht aufgeführt. Aktuell existieren in Kevelaer 5355 Gasanschlüsse.

Heizzentralen und Wärmespeicher existieren in Kevelaer im Zusammenhang mit dem Ge- bäudenetz in der Innenstadt, welches vom Schloss Wissen betrieben wird.

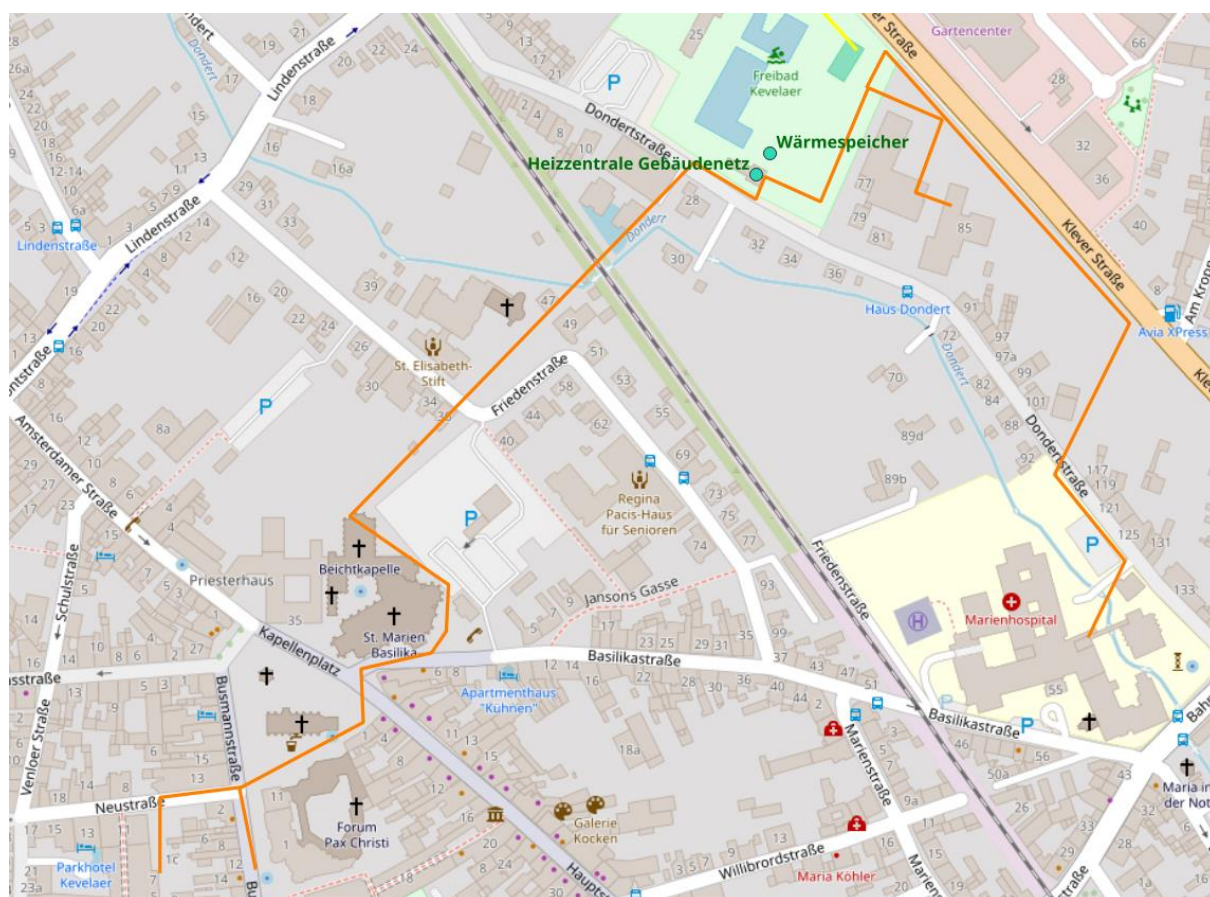


Abbildung 33: Heizzentrale und Wärmespeicher (grün), Gebäudenetz (orange)

Die Heizzentrale wird über eine Biogasleitung aus der Biogasproduktionsanlage in Weeze gespeist. Die Heizzentrale hat eine Leistung von 3,42 MW und eine Wärmeproduktion von 5,5 GWh/a (Mittelwert der letzten drei Jahre). Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, hat der Wärmespeicher 750 m³ Speichervolumen. Die untere Abbildung zeigt die Lage von Heizzentrale und Wärmespeicher und den Leitungsverlauf des Gebäudenetzes. Über die Anzahl der Hausanschlüsse liegt keine Angabe vor.

Aktuell existieren in Kevelaer 4 **KWK-Anlagen** mit einer elektrischen Gesamtleistung von ca. 5 MW und einer thermischen Leistung von ca.4,9 MW. Über die eingespeisten Mengen gibt das Marktstammdatenregister keine Auskunft. Sicher ist, dass die Anlage des Schloss Wissen (in der oben abgebildeten Heizzentrale am Freibad Kevelaer) durchschnittlich 5,5 GWh/a an Wärme in das Gebäudenetz einspeist. Die Lage aller 4 KWK-Anlagen zeigt die folgende Abbildung:

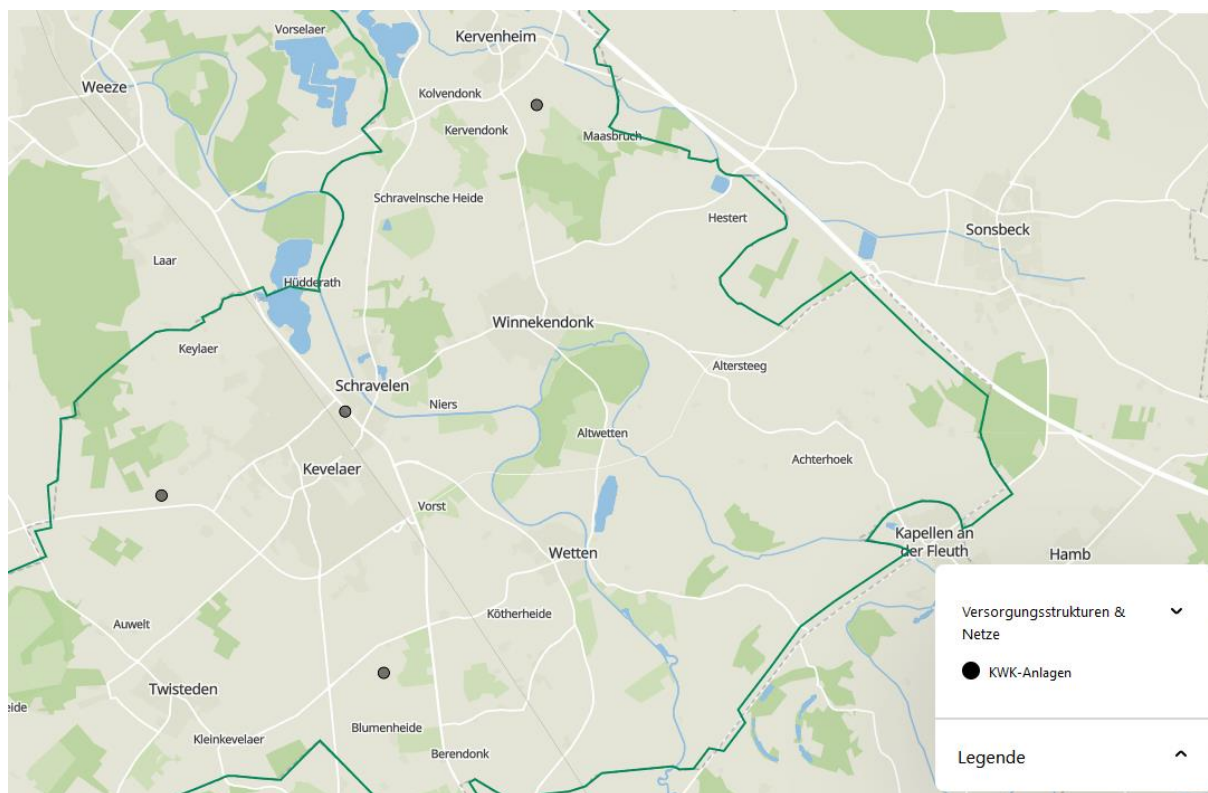


Abbildung 34: örtliche Verteilung der KWK-Anlagen im Untersuchungsgebiet Kevelaer

Die Abwassernetze sind in der unteren Abbildung dargestellt. Wie auch beim Gasnetz sind die Informationen zu Nennweite und Jahr der Inbetriebnahme für die einzelnen Abschnitte der Übersicht halber nicht hier aufgeführt, jedoch im digitalen Zwilling hinterlegt. Informationen zu den Trockenwetterabflüssen lagen den Stadtwerken nicht vor und konnten deshalb nicht übermittelt werden.

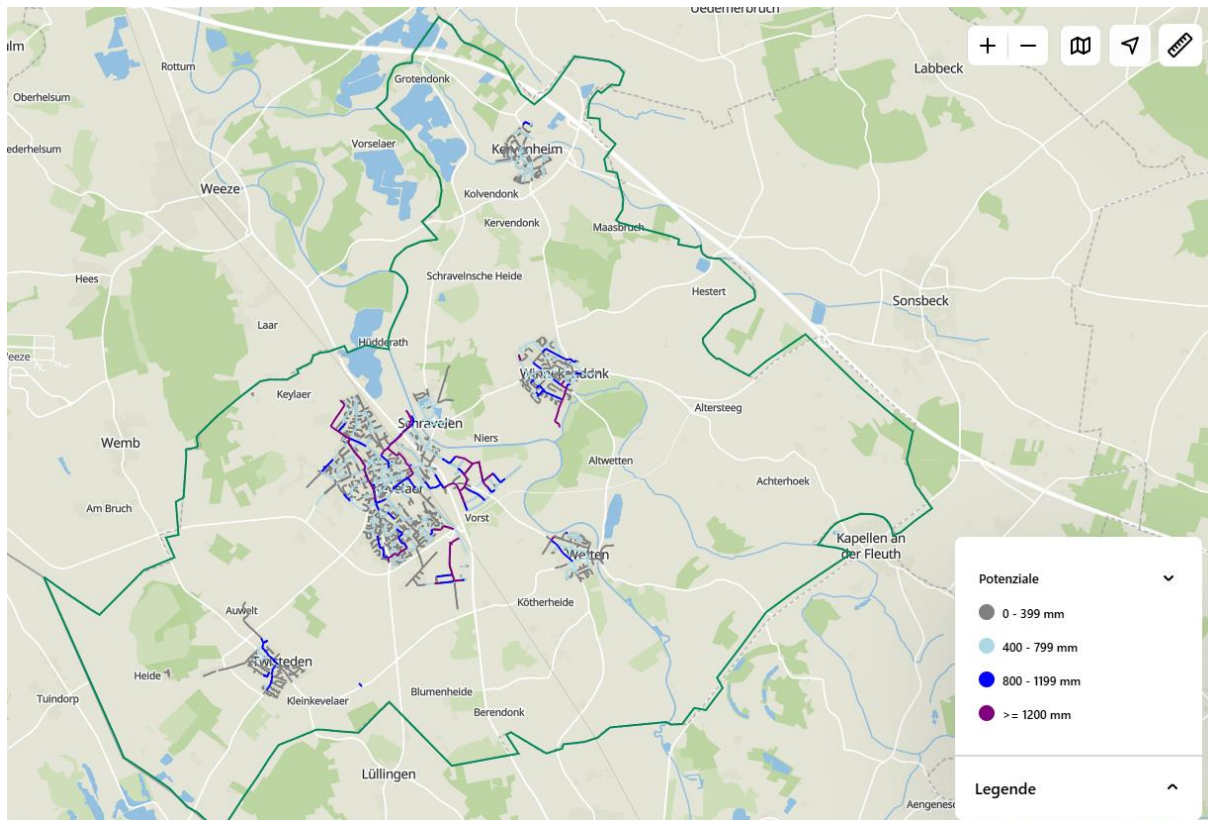


Abbildung 35: Abwassernetz Kevelaer, aggregiert nach Nennweiten der Kanäle

Die nächste Abbildung zeigt die **Stromnetze** in Kevelaer auf Hoch- und Mittelspannungsebene einschließlich der Umspannstationen auf Mittelspannung und Niederspannung. Informationen zu geplanten Optimierungs-, Verstärkungs-, Erneuerungs- und Ausbaumaßnahmen im Niederspannungsnetz wurden durch den Stromnetzbetreiber nicht mitgeteilt. Auch hier sind die Daten in detaillierterer Weise im digitalen Zwilling verfügbar.

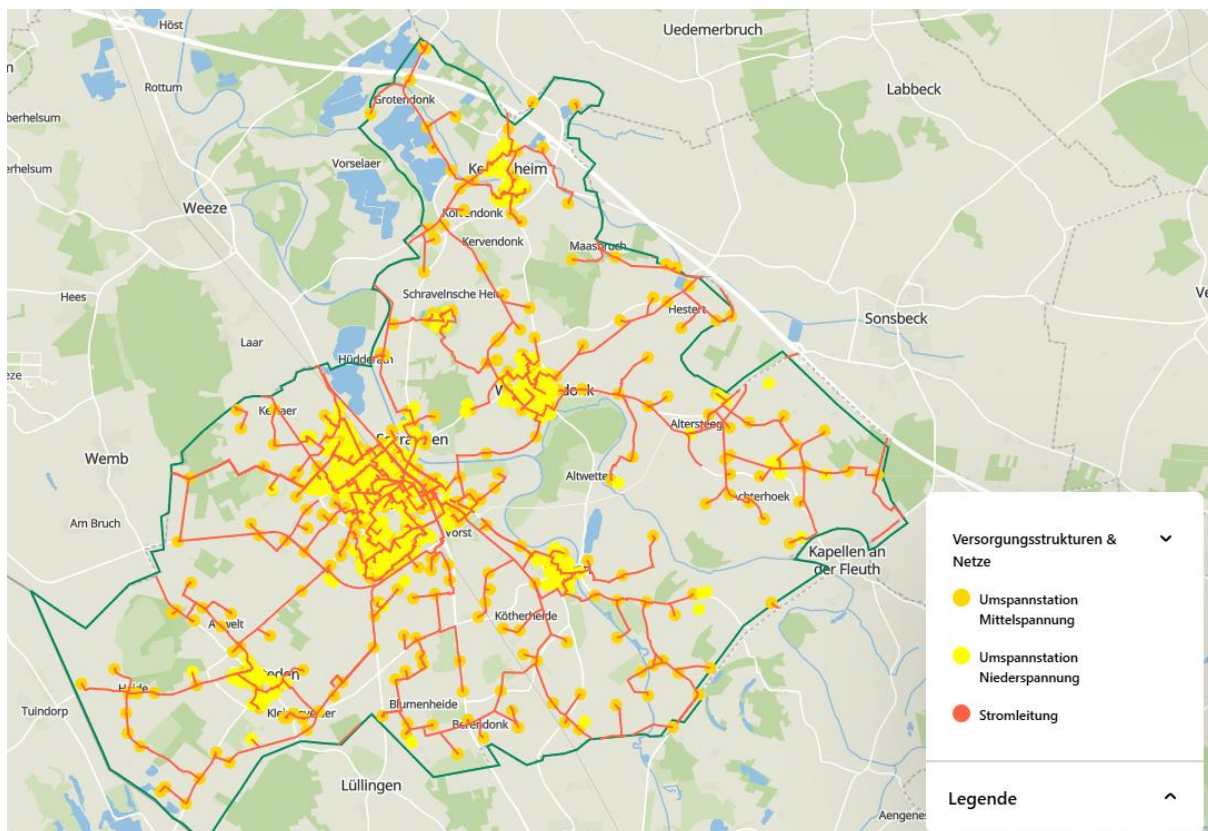


Abbildung 36: Stromnetze in Kevelaer auf Hoch- und Mittelspannungsebene einschließlich der Umspannstationen auf Mittelspannung und Niederspannung

Anlagen zur Erzeugung von **Wasserstoff oder synthetischen Gasen** existieren in Kevelaer nicht, Planungen hierzu oder Genehmigungen sind nicht bekannt. Bereits beschlossene, noch nicht umgesetzte **Projekte der Wärmeversorgung** existieren ebenfalls nicht.

4 Potenzialanalyse

In dieser Analyse werden die Möglichkeiten der Wärmeverbrauchseinsparung von Gebäuden und der Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien und Abwärme im Gebiet von Kevelaer untersucht.

Auf der Nachfrageseite wird eine Reduktion des Wärmebedarfs u.a. durch die energetische Sanierung der Gebäudehülle berücksichtigt. Die Analyse von Wärmepotenzialen aus erneuerbaren Energien betrachtet Geothermie, Umweltwärme (Luft, See-, Fluss-, Trink- und Abwasser), Biomasse, Solarthermie und Power-to-X (Windkraft und Photovoltaik). Weiterhin werden Abwärmepotenziale aus Gewerbe und Industrie erhoben und bewertet.

4.1 Potenziale zur Energieeinsparung durch Senkung des Wärmebedarfs

Die Energieeinsatzpotenziale in Gebäuden stellen einen wichtigen Hebel in der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung dar. Jede Kilowattstunde Wärme, welche nicht benötigt wird, muss auch nicht aus den begrenzten erneuerbaren Wärmequellen bereitgestellt werden. Somit kann das Energieeinsparpotenzial als Teil der Potenzialanalyse angesehen werden. Aus den Bestands- und Gebäudedaten werden im Rahmen der Potenzialanalyse je nach Gebäudeart und spezifischen Wärmebedarf verschiedene Ansätze zur Bestimmung des Energieeinsparpotenzials gewählt.

Art der Gebäudenutzung	Wärmebedarf
Wohngebäude	183,7 Gwh/a
Gewerbe	55,7 Gwh/a
Kommunale Nutzung	4,3 GWh/a
Mischnutzung/Unbekannt	40,2 GWh/a

Tabelle 1: Wärmebedarf nach Nutzungsart der Gebäude

Abbildung 37 stellt das Vorgehen der Analyse der Energiepotenziale grafisch dar. Es wird zwischen Wohngebäuden, kommunalen Gebäuden, Gebäuden mit gewerblicher oder industrieller Nutzung und Gebäuden mit unbekannter Nutzungsart unterschieden. Wie bereits in Kapitel 3 beschrieben, gelten folgende Anteile der Gebäudearten am Gesamtwärmebedarf:

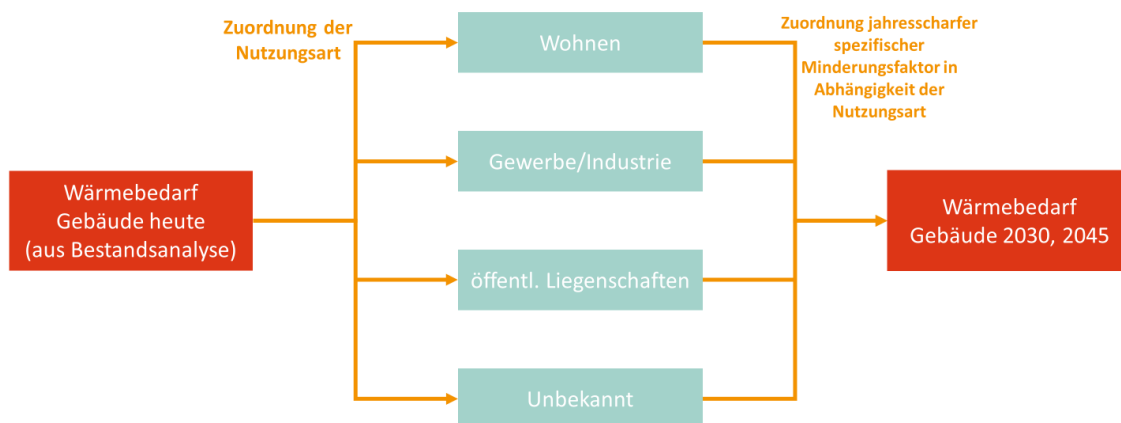


Abbildung 37: Vorgehen zur Ermittlung der Energieeinsparpotenziale

4.1.1 Wohnen

Zur Berechnung der Energieeinsatzpotenziale in Wohngebäuden wurde auf eine Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (heute BMWK) zurückgegriffen. Die Studie beschreibt den Sanierungsbedarf im Gebäudebestand und nimmt ein gewisse Sanierungsquote und Sanierungstiefe bzw. einen verbleibenden spezifischen Wärmebedarf von Bestandsgebäuden in Abhängigkeit der Gebäudealtersklasse an, welcher erreicht werden müsste, um die Klimaziele in Deutschland zu erreichen [2]. Über lineare Interpolation kann dieser Zielwert auf das Stützjahr 2030 projiziert werden. Abbildung 38 stellt die verbleibenden Wärmebedarfe im Zieljahr 2045 in Abhängigkeit der Baualtersklasse dar.

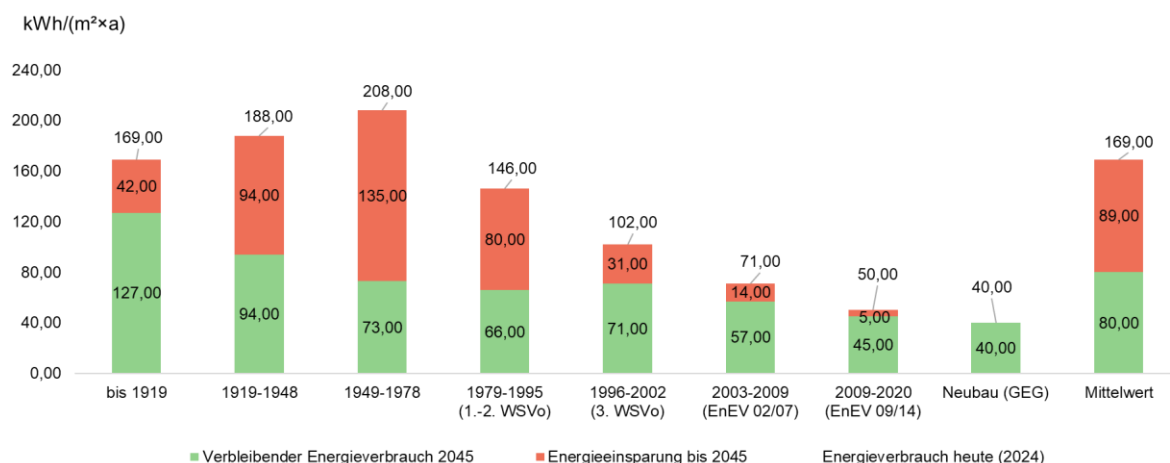


Abbildung 38: Flächenbezogener Endenergieverbrauch für Wohngebäude nach Altersklasse im IST-Stand und nach energetischer Sanierung mit Ziel 2045

Aus den Bestandsdaten liegen sowohl die Baualtersklasse, die Wohnfläche und der heutige Energiebedarf vor. Somit konnte für jedes Wohngebäude ein spezifischer Wärmebedarf in

kWh/m²a Wohnfläche zu ermittelt werden. Nun wird für die Stützjahre 2030, 2035, 2040 und 2045 geprüft, ob der Zielwert bereits zuvor erreicht wurde. Wird der Zielwert heute überschritten, so ergibt sich ein Energieeinsparpotenzial in Höhe der Differenz zwischen heutigem Wert und Zielwert.

4.1.2 Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Industrie

Für die Gebäudeart Gewerbe/Industrie wird ein gesondertes Energieeinsparpotenzial berechnet, welches tendenziell höher ist als das der Wohngebäude. Die Höhe der Einsparung wird in Anlehnung an eine Prognos AG-Studie für die Bundesregierung zu Grunde gelegt, welche Energieszenarien für eben diesen Gebäudesektor untersuchte [3]. In Kevelaer ist kein dezidiertes Prozesswärmebedarf bekannt. Somit wurde keine gezielte Auswertung oder Abschätzung einer möglichen Entwicklung des Prozesswärmebedarfs vorgenommen.

Eine Entwicklung der beheizten Fläche von Gebäuden mit gewerblicher oder industrieller Nutzung wird mit einem pauschalen Wachstum der beheizten Flächen in Höhe von 1% pro Jahr berücksichtigt. Dieser spiegelt eine interpolierte Abschätzung der Entwicklung der Beschäftigungszahlen in Deutschland wider.

Es ergibt sich folgende Entwicklung der Wärmebedarfe, welche pauschal auf alle Gebäude mit Nutzungsart Gewerbe und Industrie angewandt wurde.

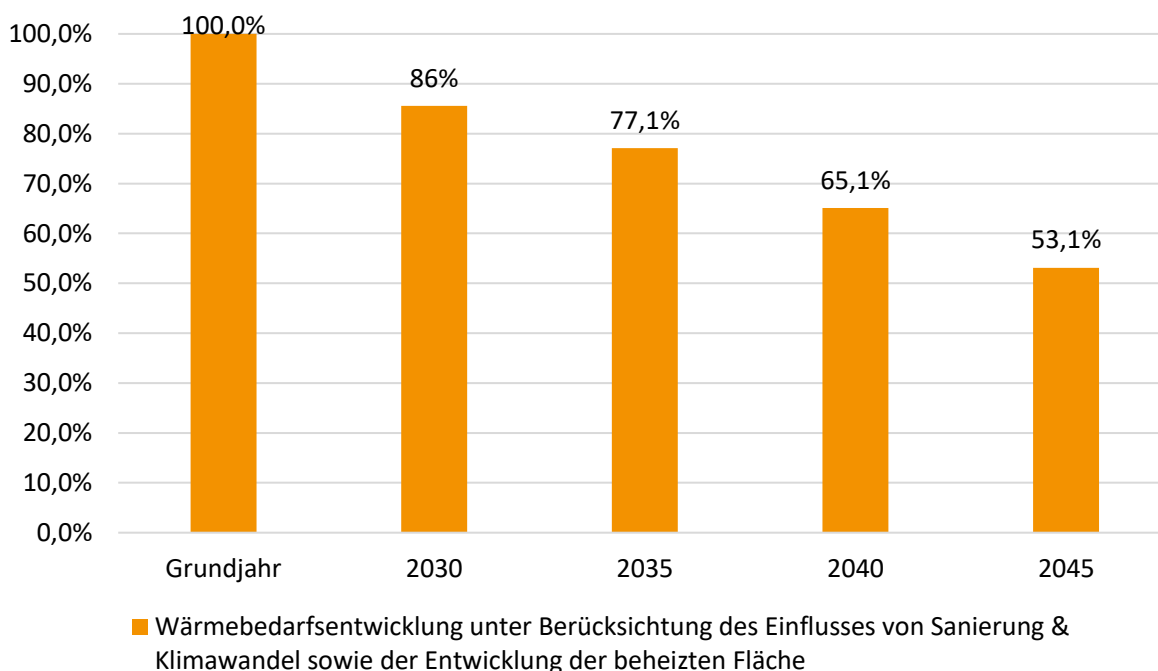


Abbildung 39: Entwicklung des Wärmebedarfs der Gebäudeart „Gewerbe und Industrie“

4.1.3 Kommunale Liegenschaften

Alle kommunalen Liegenschaften der Wallfahrtsstadt Kevelaer wurden im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung abgefragt und übermittelt. In der Nutzung sind kommunale Liegenschaften am ehesten den Gewerbe-Liegenschaften zuzuordnen, weshalb eine Zuweisung desselben Einsparfaktors wie bei Gewerbe-Liegenschaften sinnvoll erscheint.

4.1.4 Gebäude mit Mischnutzung oder unbekannter Nutzungsart

Nicht zu allen Gebäuden liegt eine definitive Nutzungsart vor. Damit eine jahresscharfe Wärmebedarfsprognose getätigt werden kann, müssen Wärmebedarfsminderungen auch für diese Gebäude durch eine Sanierungsquote und -tiefe und klimatische Veränderungen berücksichtigt werden.

In der Studie „Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiebedarf von Gebäuden und den Ertrag erneuerbarer Energien“ aus dem Jahr 2016 prognostizieren die Autoren eine Senkung des Heizbedarfs aufgrund des Klimawandels in Höhe von ca. 25% bis zum Jahr 2050 und 30% bis zum Jahr 2100. Die Autoren beziehen sich in der Studie auf die Stadt Freiburg am Breisgau, schätzen ihre Ergebnisse jedoch allgemeingültig für ganz Deutschland ein. Eine Senkung der sogenannten Gradtagszahlen, welche den Heizbedarf in einem Jahr darstellen, ist tatsächlich in ganz Deutschland erkennbar.

Rechnet man die aufgerufene theoretische Entwicklung bis zum Jahr 2100 auf eine jährliche Wärmebedarfsminderung runter, erhält man eine Wärmebedarfsminderung durch klimatische Veränderung in Höhe von etwa 0,4% p.a. [4]. Auf eine gesonderte Analyse der Entwicklung der Gradtagszahlen und der Klimaveränderung in Kevelaer wird aufgrund des Anforderungsgebiets der kommunalen Wärmeplanung und der Datenlage verzichtet.

Für die Wärmebedarfsminderung durch Sanierung wurden empirische Daten aus dem Dena Gebäudereport 2023 für Deutschland verwendet. Klimabereinigt lag der Rückgang des Wärmebedarfs in Gebäuden zwischen 2008 und 2021 bei 11,25%. Jährlich lässt sich somit ein durchschnittlicher Rückgang in Höhe von etwa 0,85 % p.a. ermitteln. Dieser wird auch für die weitere Entwicklung bis 2045 zugrunde gelegt [5].

Addiert man somit die durchschnittliche Wärmebedarfsminderung zusammen, erhält man eine jährliche Wärmebedarfsminderung von **1,25 % p.a.**, welche pauschal für Gebäude mit unbekannter Nutzungsart veranschlagt wird.

4.1.5 Ergebnisse Energieeinsparpotenziale

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden insgesamt 9.500 Gebäude mit einem Gesamtwärmebedarf in Höhe von 284 GWh im Jahr 2023 erfasst. Tabelle 2 und Abbildung 40 zeigen auf, wie viel Prozent des ermittelten Wärmebedarfs in den Stützjahren des kommunalen Wärmeplans auf Basis der beschriebenen Berechnungsmethodik eingespart werden kann.

Jahr	Gesamtwärmebedarf	Einsparung zum Ausgangsjahr
2023 (Ausgangsjahr)	284 Gwh/a	
2030	223 Gwh/a	ca 21 %
2035	211 GWh/a	ca. 27 %
2040	193 GWh/a	ca. 32 %
2045	171 GWh/a	ca. 40 %

Tabelle 2 Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs in [GWh/a] bis 2045

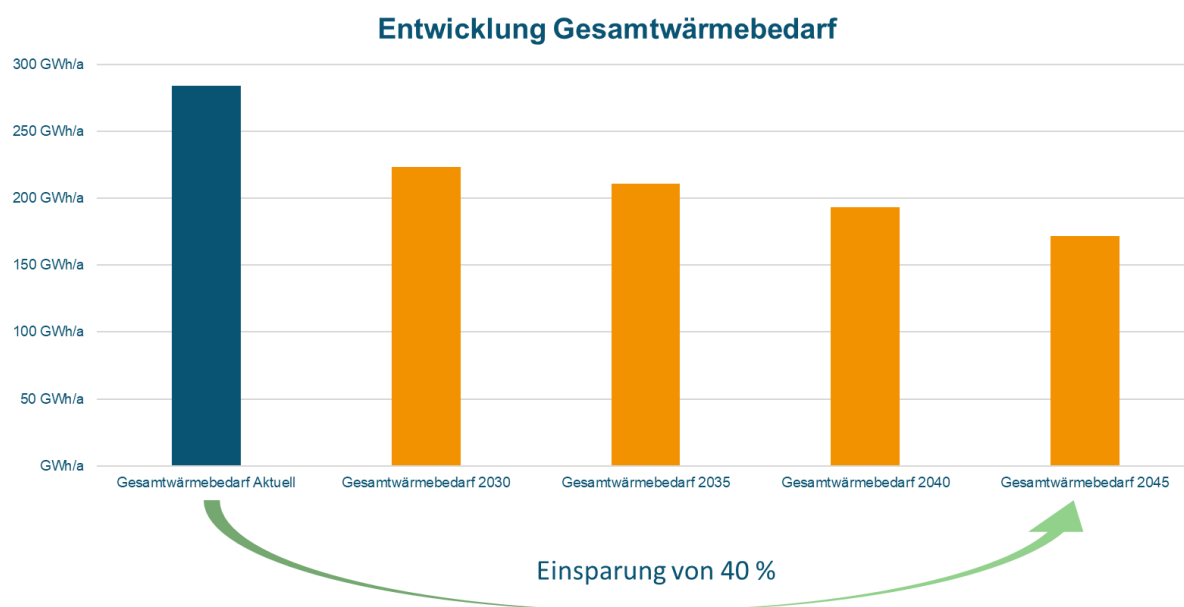


Abbildung 40: Übersicht Entwicklung des Wärmebedarfs in Kevelaer

Insgesamt zeigt sich, dass 40 % des gesamten Wärmebedarfs sowohl über die energetische Sanierung des Gebäudebestands als auch kürzere Heizperioden eingespart werden kann. Dabei ist ein Zubau von Gebäuden mit gewerblicher Nutzung bereits eingerechnet. Die frühzeitige Erstellung von Energiekonzepten für Neubaugebiete wird im Maßnahmenkatalog thematisiert. Bei der Verteilung nach Gebäudeart sind unterschiedliche Einsparraten zu erkennen. Im Zieljahr betragen die Anteile der Gebäudeart nach Gesamtwärmebedarf:

Art der Gebäudenutzung	Ziel-Anteil am Gesamtwärmebedarf
Wohngebäude	36 %
Gewerbe und Industrie	47 %
Kommunal	47 %
Mischnutzung/Unbekannt	47 %

Tabelle 3: Angestrebter Anteil am gesamten Wärmebedarf nach Gebäudenutzung

Somit lässt sich festhalten, dass Wohngebäude ein um 11 % geringeres Energieeinsparpotenzial besitzen. Aufgrund ihres sehr hohen Anteils am Gesamtwärmebedarf (ca. 2/3) kann jedoch das absolut gesehen höchste Einsparpotential bei dieser Gebäudeart realisiert werden.

4.2 EE-Potenziale und Abwärme

Innerhalb dieses Kapitels werden die genannten EE-Potentiale sowie Abwärmepotentiale eingehend untersucht und das damit verbundene Vorgehen erläutert. Wo nötig wird eine weitere Untergliederung der Potentiale vorgenommen. So hat beispielsweise die Umweltwärme mehrere Unterkategorien, zu der sowohl Umgebungsluft, Gewässer oder Abwasser gehören können. Die Unterscheidung verschiedener EE-Potentiale bezieht sich auf die Wärmequellen (z.B. Wärme aus Abwasser, Sonneneinstrahlung, etc.) nicht auf die Erzeugungstechnologie (z.B. WP, KWK, etc.) zur Nutzbarmachung der entsprechenden Wärmequelle. Die benötigte bzw. übliche Erzeugungstechnologie im Zusammenhang eines EE-Potentials wird stets zum Anfang eines Kapitels kurz erläutert.

Weiterhin soll auf die Notwendigkeit zur Abstufung hinsichtlich verschiedener Potentiale hingewiesen werden. Nicht jedes Potential lässt sich erschließen bzw. technisch nutzen. In einer nächsten Eingrenzung stellt sich stets die Frage nach der Wirtschaftlichkeit eines Potentials. Insofern die ersten beiden Fragen positiv beantwortet können, müssen sonstige Restriktionen oder Hemmnisse überprüft werden, bevor ein Potential als realisierbar eingestuft werden kann. Einen Überblick zu den Abstufungen und deren Definition gibt die folgende Abbildung:

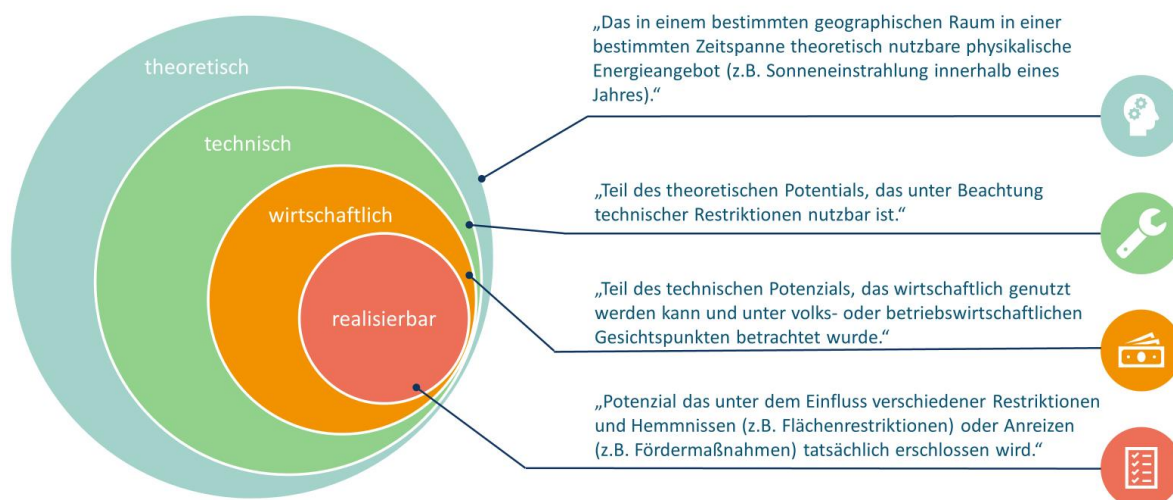


Abbildung 41: Definition der Potentialbegriffe nach Kaltschmitt, Streicher, Wiese [6]

Die Wärmeentnahme bei vielen der in den folgenden Kapiteln untersuchten Potentiale erfolgt durch die Abkühlung einer Quelle (z.B. Flusswasser oder Abwasser) oder des Kreislaufwassers z.B. bei Erdsonden. Für die Kalkulation der Entzugsleistungen gilt dabei die Formel:

$$P_{\text{Wärme}} = c_p \cdot \rho_{\text{Wasser}} \cdot \text{Fließmenge} \cdot \Delta T$$

Dabei ist c_p spezifische Wärmekapazität von Wasser und beträgt 4,19 kJ/kg·K, ρ_{Wasser} ist die Dichte und kann mit 1 kg/l angenommen werden. ΔT steht für die Temperaturabsenkung des Quell- oder Kreislaufwassers. Insofern die Entzugsleistung einer Quelle mittels einer Wärmepumpe auf ein nutzbares Temperaturniveau gehoben werden muss, ist eine Jahresarbeitszahl (JAZ) oder ein Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) zugrunde zu legen. Der SCOP ist das Verhältnis von abgegebener Nutzwärmeleistung und eingesetzter Wärmepumpenleistung. Die Nutzwärmeleistung ist die Summe aus Wärmepumpenleistung und Quellwärmeleistung. Da die Quelltemperatur und damit die Quelleistung i.d.R. über das Jahr hinweg variiert (z.B. ist Flusswasser im Sommer wärmer als im Winter) variiert der SCOP je nach Jahreszeit. Die JAZ hingegen setzt die Gesamtjahresnutzwärme zu der Gesamtjahreswärmepumpenarbeit ins Verhältnis. Sie ist somit der Jahresdurchschnittswert des SCOP. Fasst man alle jährlichen Betriebsstunden einer Anlage zu sog. Vollbenutzungsstunden (vbh) zusammen (läuft eine Anlage z.B. insgesamt 100 Stunden im Jahr zu 20% wären dies 20 Vollbenutzungsstunden), und multipliziert diese vbh mit der Nutzwärmeleistung, so erhält man die Jahreswärmeleistung einer Anlage.

4.2.1 Geothermie

Im Zeitalter der Energiewende eröffnet Geothermie die Möglichkeit, die unterhalb der festen Erdoberfläche gespeicherte Wärme zu nutzen. Als eine der vielversprechendsten erneuerbaren Energiequellen bietet die Geothermie eine Kombination aus Zuverlässigkeit, Umweltfreundlichkeit und Vielseitigkeit. Die Nutzung dieser ermöglicht es Kommunen, einen entscheidenden Schritt in Richtung Klimaneutralität zu machen und gleichzeitig die lokalen Wirtschaftssysteme zu stärken.

Jedoch stellt die Erschließung des geothermischen Potenzials keine einfache Aufgabe dar. Herausforderungen wie geologische Faktoren, insbesondere in Gebieten mit komplexer Grundwasserstockwerksgliederung, und wasserwirtschaftliche Bedingungen, bei denen alte, fossile Wasservorkommen mit geringer Neubildungsrate eine besondere Herausforderung darstellen, müssen sorgfältig bewertet werden. Zusätzlich kompliziert wird die Situation in Regionen, die aus wasserwirtschaftlicher Sicht unzulässig sind oder unter strengen Schutzzonen

fallen. Diese Aspekte sind entscheidend bei der Beurteilung der Machbarkeit und der Entwicklung von Geothermieprojekten und erfordern eine sorgfältige Planung sowie die Berücksichtigung aller ökologischen und regulatorischen Rahmenbedingungen.

4.2.1.1 Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie reicht bis zu einer Tiefe von 400 Metern und kann das ganze Jahr über unabhängig vom Klima fast überall genutzt werden. Dies erfolgt durch Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden oder Grundwasserbrunnen.

Bei oberen Bodentiefen bis ca. 15 Meter wird die Temperatur von atmosphärischen Faktoren wie Sonneneinstrahlung, Luftwärmeaustausch und versickerndes Regenwasser beeinflusst. Darunter und bis zu etwa 50 Metern Tiefe, ist die Temperatur relativ konstant bei ca. 10 °C. Ab 50 Metern Tief steigt die Temperatur aufgrund des innerirdischen Wärmestroms im Durchschnitt um 3 °C pro 100 Meter an.

Einzelne Anlagen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie werden zur Beheizung und Warmwasserversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern verwendet. Größere Anlagen lassen sich auch zur Einspeisung in ein Wärmenetz nutzen. Dafür muss die dem Boden entzogene Wärme mittels einer (Groß-)Wärmepumpe auf die nötige Vorlauftemperatur des Heizkreises bzw. Wärmenetzes gebracht werden. Für mögliche Wärmeentnahmestellen ist daher immer auch die oberirdische Aufstellungsfläche einer Wärmepumpe bzw. Heizzentrale mit einzuplanen. Diese haben häufig die Größe von 1-2 Baucontainern. Geräuschemissionen spielen hierbei eine untergeordnete Rolle, da es sich um Wasser-Wasser-Wärmepumpen handelt, die im Gegensatz zu Luft-Wasser-Wärmepumpen ohne laute Ventilatoren auskommen.

Erdwärmekollektoren in Kevelaer - Analyse der Randbedingungen

Horizontale Erdwärmekollektoren entziehen die Energie aus den obersten 2 Metern des Bodens. Diese Energie wird hauptsächlich im Sommer durch Sonneneinstrahlung und das ganze Jahr über durch die Wärme im Niederschlags- und Sickerwasser wieder aufgefüllt. Damit Sonne und Regen diesen Energieentzug ausgleichen können, müssen die Erdwärmekollektoren unbebaut bleiben. Eine zusätzliche Versickerung von Niederschlagswasser kann den Flächenbedarf eines Erdwärmekollektors erheblich reduzieren.

Die geothermische Nutzung in Kevelaer mittels Erdwärmekollektoren unterliegt verschiedenen technischen und energetischen Bewertungen, die sich auf den Aufbau des Bodens und die

geothermische Ergiebigkeit in den obersten zwei Metern der Erdschicht konzentrieren. Die spezifischen Standortanalysen basieren auf Daten des Geologischen Dienstes NRW und orientieren sich an der VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. Die geothermische Ergiebigkeit für Erdwärmekollektoren in Kevelaer variiert signifikant, wie durch die farblichen Markierungen auf der folgenden Karte ersichtlich.

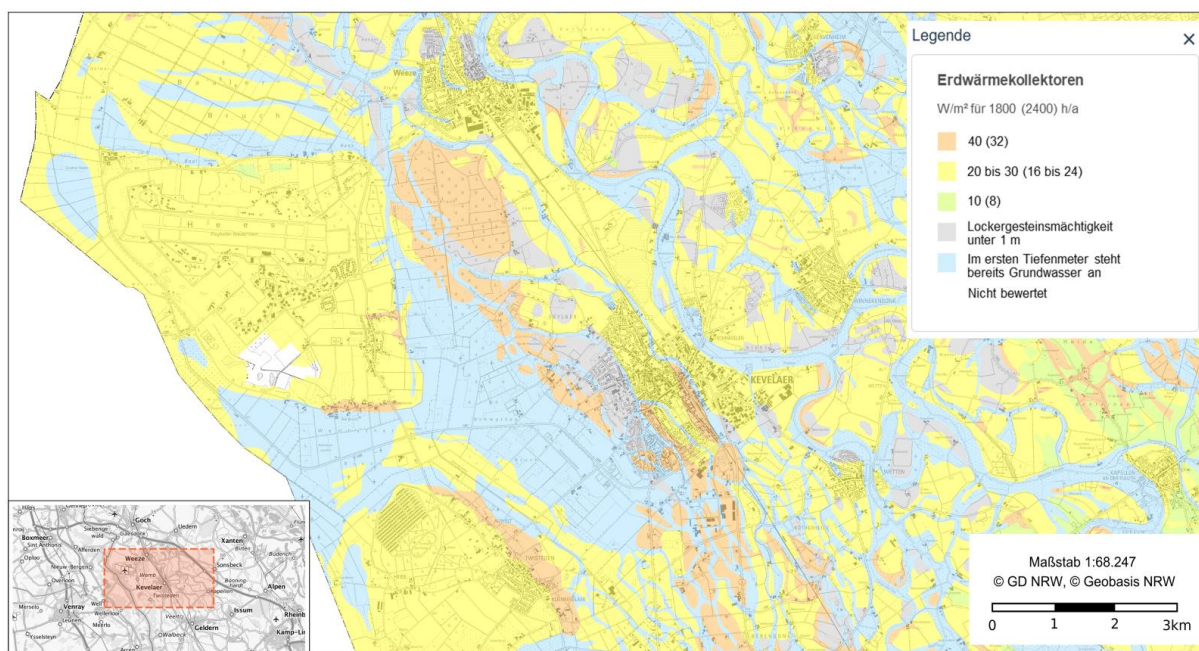


Abbildung 42: Geothermische Ergiebigkeit für Erdwärmekollektoren [7]

- Hochergiebiges Zonen (Orange): Diese Gebiete mit einer Ergiebigkeit von 40 W/m² bei 1800 Betriebsstunden im Jahr (bzw. 32 W/m² bei 2400 h/a) sollten priorisiert für den Ausbau geothermischer Heizsysteme betrachtet werden, um maximale Effizienz und ökonomischen Nutzen zu erzielen.
- Mittlere Ergiebigkeit (Gelb): Gebiete mit einer Leistung von 20 - 30 W/m² bei 1800 h/a (16 - 24 W/m² bei 2400 h/a) könnten geeignet sein, sind aber in Hinblick auf Wärmeliendichten bei leitungsgebundener Wärmeversorgung unter einem wirtschaftlichen Gesichtspunkt näher zu prüfen. Gleiches gilt für die Nutzung zur Einzelversorgung

Die geringe Mächtigkeit des Lockergesteins in Kevelaer kann die Installation von Erdwärmekollektoren erschweren. Erdwärmekollektoren, insbesondere horizontale Systeme, erfordern in der Regel eine Mindestüberdeckung, um eine ausreichende Isolation und Effizienz zu gewährleisten. Eine Mächtigkeit von weniger als 1 m kann, dazu führen, dass die Kollektoren anfälliger für Temperaturschwankungen sind und potenziell die Leistungsfähigkeit der Anlage verringert wird. Von einer Bepflasterung oberhalb der Flächen sollte abgesehen werden, da

dem Boden (und somit den Kollektoren) wesentliche Wärmemengen über das Regenwasser zugeführt werden.

Hydrogeologisch sensible Bereiche liegen in Kevelaer nach Informationen durch den geologischen Dienst NRW nicht vor, jedoch existieren Wasser- und Heilquellenschutzgebiete.

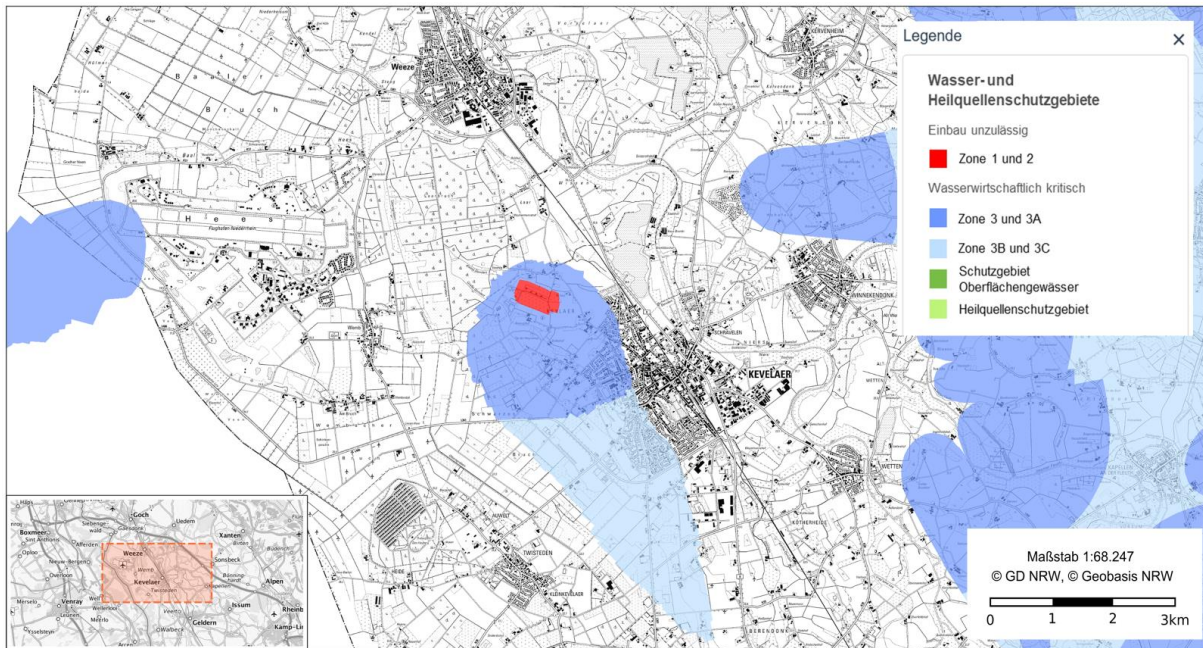


Abbildung 43: Gebiete mit wasserwirtschaftlichen Einschränkungen [7]

Zone 1 und 2 (Rot)

- Definition: Diese Gebiete stellen die Kernzonen des Wasserschutzes dar und sind oft unmittelbar um die Wasserfassungen herum platziert.
- Bedeutung für Erdwärmeanlagen: Der Einbau von Erdwärmesonden oder -kollektoren ist in diesen Zonen in der Regel streng reguliert oder verboten. Dies dient dem Schutz des Grundwassers vor möglichen Kontaminationen durch die Tiefbohrungen oder das Verlegen der Erdwärmekollektoren.

Zone 3 und 3A (Dunkelblau)

- Definition: Diese Zonen dienen als erweiterte Schutzbereiche, die weiterhin hohe Anforderungen an den Schutz des Grundwassers stellen, aber nicht so restriktiv wie die Zonen 1 und 2 sind.

- Bedeutung für Erdwärmeanlagen: In diesen Bereichen können Erdwärmesonden und -kollektoren unter strengen Auflagen und nach sorgfältiger Prüfung der hydrogeologischen Bedingungen installiert werden. Eine wasserrechtliche Erlaubnis ist zumeist erforderlich.

Zone 3B und 3C (Hellblau)

- Definition: Diese Zonen bieten einen erweiterten Schutz mit etwas gelockerten Vorschriften im Vergleich zu den Zonen 3 und 3A.
- Bedeutung für Erdwärmeanlagen: Der Einbau von Erdwärmesonden kann hier unter Einhaltung bestimmter technischer und umweltrechtlicher Bedingungen möglich sein. Die Notwendigkeit einer Genehmigung hängt von den spezifischen lokalen Vorschriften ab.

Für die einzugrenzenden Gebiete hinsichtlich wasserrechtlicher Unbedenklichkeit in Kombination mit thermischer Ergiebigkeit ergibt sich folgendes Bild:

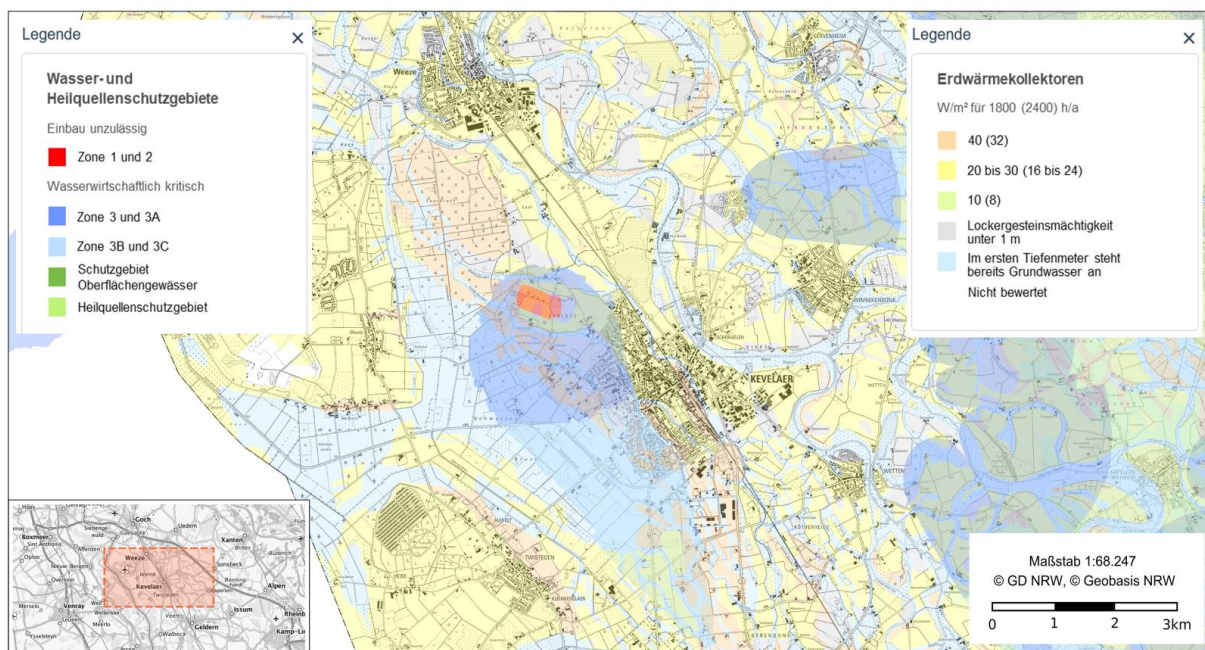


Abbildung 44: Wasserrechtliche Schutzgebiete in Kombination mit thermischer Ergiebigkeit [7]

Das Vorhandensein von Grundwasser in geringer Tiefe erhöht die technische Komplexität beim Einbau von Erdwärmekollektoren. Die Installation erfordert spezielle Techniken und Materialien, um sicherzustellen, dass Grundwasser nicht negativ beeinflusst werden kann. Dies kann die Kosten und den Zeitaufwand für die Installation erhöhen.

Gleichzeitig kann Grundwasser die Wärmeleitfähigkeit des Bodens beeinflussen, was wiederum die Effizienz des Wärmeentzugs durch die Erdwärmekollektoren verändert. In einigen Fällen kann das Grundwasser die Wärmeübertragung verbessern, da Wasser eine höhere Wärmeleitfähigkeit als trockener Boden hat. Dies muss jedoch sorgfältig analysiert werden, um sicherzustellen, dass die langfristige Leistungsfähigkeit des Systems nicht durch andere Faktoren wie Wasserbewegungen oder -fluktuationen beeinträchtigt wird.

Interaktionen zwischen geothermischen Anlagen und Grundwasser erfordern sorgfältige Überwachung, um potenzielle Umweltauswirkungen zu minimieren. Es besteht das Risiko einer Kontamination des Grundwassers durch die Anlagenkomponenten oder durch Veränderungen im lokalen Wasserkreislauf. Diese Risiken müssen durch entsprechende Schutzmaßnahmen und regelmäßige Überwachung minimiert werden.

Zusammenfassend bietet Kevelaer gute bis sehr gute Voraussetzungen für den Einsatz von Erdwärmekollektoren. Die Planung und Realisierung sollte jedoch detailliert auf Basis der lokalen geologischen und hydrologischen Bedingungen sowie unter Berücksichtigung der Genehmigungserfordernisse und Umweltauswirkungen erfolgen. Die Stadt sollte in Erwägung ziehen, Unterstützung bei Beratung und Akquise anzubieten sowie eine breite Bürgerbeteiligung anzustreben, um die Akzeptanz und Effizienz der geothermischen Nutzung zu maximieren.

Erdwärmesonden in Kevelaer - Analyse der Randbedingungen

Für die Installation werden horizontale Bohrungen (ca. 12 cm Durchmesser) in den Boden vorgenommen. In die Bohrlöcher werden Rohre eingebracht und die Sonden darin mit einer zementartigen Masse fixiert. In Deutschland verwendet man als Sonden meist Doppel-U-Rohre aus Polyethylen. Diese Rohre sind mit einer Wärmeträgerflüssigkeit, typischerweise Wasser mit Frostschutzmittel, gefüllt. Diese Flüssigkeit nimmt die Wärme aus dem Erdreich auf und transportiert sie zur Wärmepumpe an der Oberfläche. Erdwärmesonden werden hierzulande typischerweise in Tiefen von 50 bis 160 Metern eingebaut.

Erdwärmesonden können auch bis zu einer Tiefe von 400 m ohne Genehmigungsverfahren des Bergrechts geplant werden. Die technische Sicherheit der Bohrungen und die geordnete Nutzung des Grundwassers kann bis zur definierten Tiefenlage in aller Regel durch das Wasserrecht gewährleistet werden. Ergänzend kann die Bergbehörde auf Grundlage des § 127 BBergG für Bohrungen von mehr als 100 m Tiefe weiterhin eine Betriebsplanzulassung verlangen, soweit dies im Einzelfall erforderlich ist. Die Abgrenzung zwischen oberflächennaher

(bis 400 m Tiefe) und tiefer Geothermie (ab 400 m Tiefe) entspricht der allgemeinen Abgrenzung in der Praxis.

In dieser Analyse betrachten wir jedoch die Eigenschaften des Untergrundes bis zu einer Tiefe von 100 Metern, da diese Schicht in der Regel ausreichend ist, um eine effiziente Nutzung der Erdwärme für die meisten lokalen Anwendungen zu gewährleisten. Die tiefere Betrachtung würde zusätzliche Untersuchungen erfordern.

Der Untergrund in Kevelaer besteht bis zu einer Tiefe von 100 Metern hauptsächlich aus Sand und Kies im Quartär und Sand mit Ton- und Schlufflagen im Tertiär. Diese Schichten bieten grundsätzlich eine gute Wärmeleitfähigkeit, was für die Nutzung von Erdwärmesonden positiv ist. Eine genaue Quantifizierung des Potenzials ist jedoch aufgrund fehlender ausgewiesener Flächen nicht möglich. Die mittlere Wärmeleitfähigkeit wird für verschiedene Sondertiefen als gut bewertet, was eine effiziente Wärmeübertragung ermöglicht. Abbildung 45 zeigt die Wärmeleitfähigkeiten bei einer Tiefe von 40 m. Wie zu sehen ist, weist der Großteil des Kevelaerer Gebietes eine gute Wärmeleitfähigkeit von 2,5 - 2,9 W/m*K aus. Ab 60 m Sondertiefe (hier nicht dargestellt) findet sich diese Wärmeleitfähigkeit fast im gesamten Gemeindegebiet.

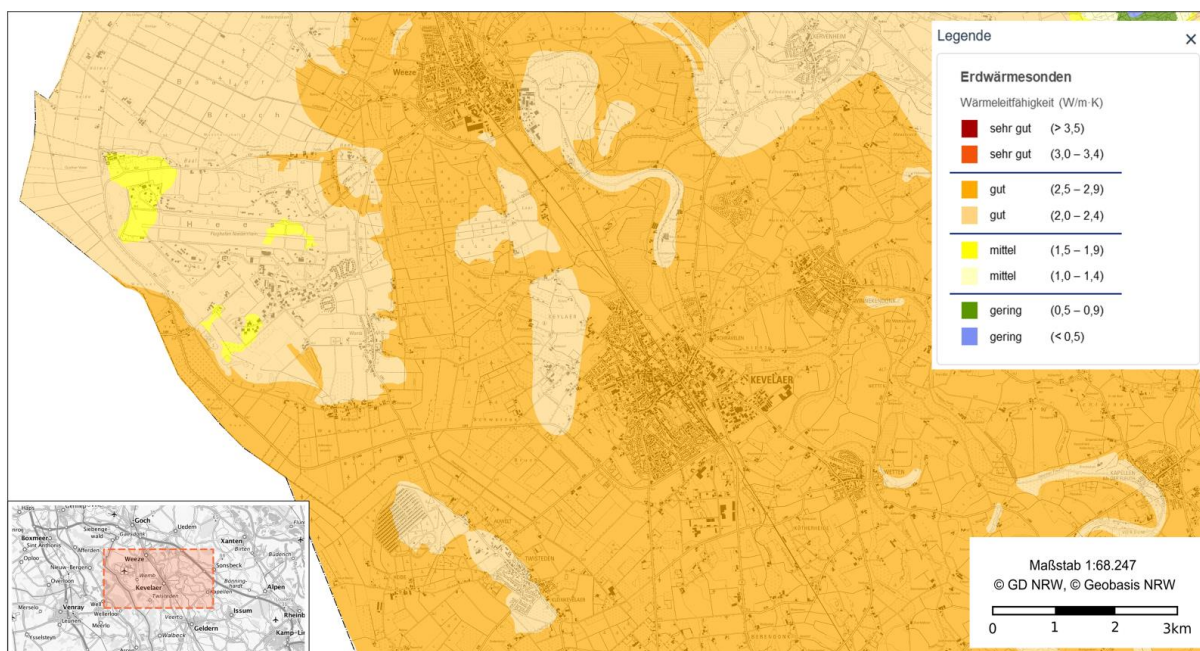


Abbildung 45: Geothermische Ergiebigkeit für Erdwärmesonden bei 40 m Tiefe [7]

Diese Werte legen nahe, dass die Wärmeübertragung in den verschiedenen Tiefen konsistent und für geothermische Anwendungen geeignet ist [8].

Wie auch bei Erdkollektoren, müssen mögliche Entnahmestandorte für Erdwärmesonden auch unter wasserschutzrechtlichen Aspekten beurteilt werden. Eine Darstellung der thermischen

Ergiebigkeit in Kombination mit Wasser- und Heilquellenschutzgebieten zeigt die folgende Abbildung.

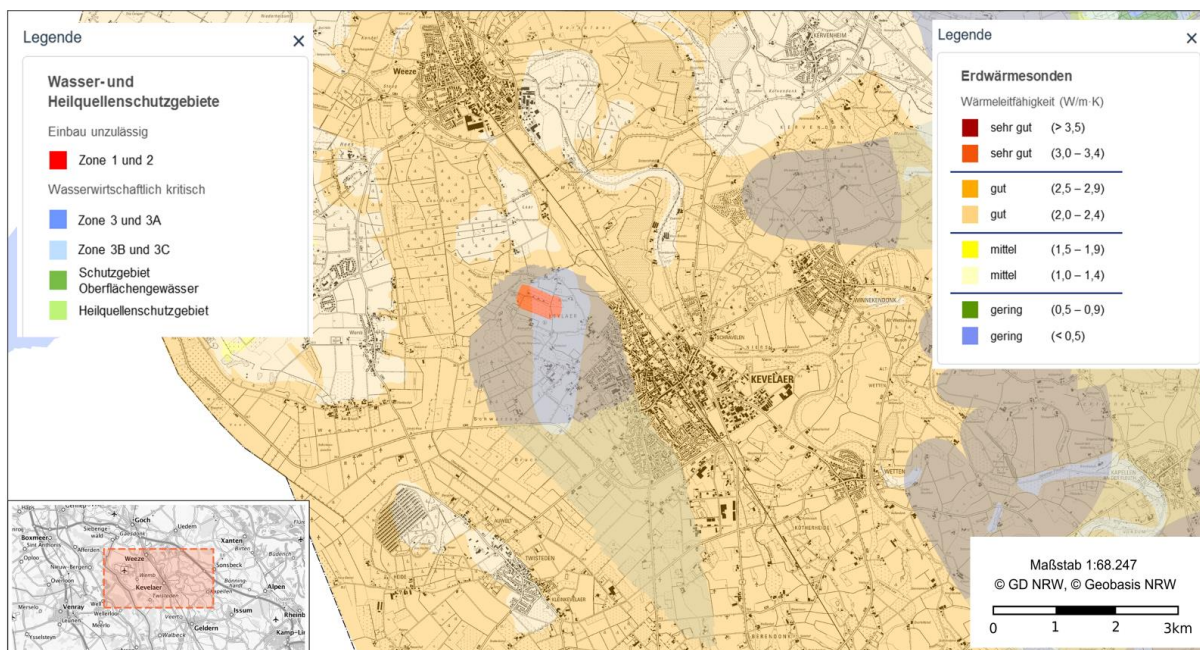


Abbildung 46: Wasserrechtliche Schutzgebiete in Kombination mit thermischer Ergiebigkeit Wärmesonden bei 40 m Tiefe [7]

Für die technische Umsetzung von Erdwärmesonden ist eine sorgfältige Planung und Durchführung durch Fachfirmen erforderlich. Es wird empfohlen, bei größeren Anlagen einen Thermal Response Test (TRT) durchzuführen, um die lokale Wärmeleitfähigkeit final zu bestimmen und das System optimal zu dimensionieren.

Aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit und der geologischen Beschaffenheit bietet Kevelaer ein hohes Potenzial für den Einsatz von Erdwärmesonden. Durch die Nutzung der lokalen geothermischen Ressourcen kann Kevelaer seine Abhängigkeit von externen Energiequellen reduzieren und die CO₂-Emissionen senken. Die Nutzung dieser Technologie kann signifikant zur Erreichung der Klima- und Energieziele der Stadt beitragen, indem sie eine zuverlässige und effiziente Wärmeversorgung ermöglicht.

Rechtliche Rahmenbedingungen für oberflächennahe Geothermie

Bei der Konzeption einer geothermischen Anlage sind wasser- und bergrechtliche Vorgaben zu berücksichtigen. Zum Schutz des Grundwassers ist ein wasserrechtliches Verfahren erforderlich, insofern Erdwärme genutzt werden soll. Unter bestimmten Umständen ist zudem ein bergrechtliches Verfahren notwendig, da Erdwärme – analog zu Braunkohle und Steinkohle –

als Bodenschatz gilt, dessen Exploration, Gewinnung und Nutzung grundsätzlich dem Bundesberggesetz unterliegt. Ausnahmen ist, wenn die Erdwärme für Einzellösungen, Inzellösungen oder für ein Nahwärmenetz genutzt wird. Soll, und wenn auch nur perspektivisch, in ein Fernwärmenetz eingespeist werden, kommt bergrechtliches Verfahren zum Tragen.

Für Erdwärmesondenanlagen, bei denen die Erdwärme auf demselben Grundstück gefördert und genutzt wird, müssen Immobilieneigentümer eine wasserrechtliche Genehmigung bei der zuständigen Unteren Wasserbehörde einholen. Diese Behörde kann auf Grundlage der spezifischen hydrogeologischen Bedingungen vor Ort Nutzungsaufgaben erteilen.

Bohrvorhaben, die eine Tiefe von 100 Metern überschreiten, sind der Bergbehörde vorab anzuzeigen. Die Bergbehörde hat das Recht, die Einreichung spezieller Planungsunterlagen zu verlangen. Für Erdwärmesondenanlagen, bei denen die Erdwärmeförderung und -nutzung nicht auf demselben Grundstück erfolgen, ist eine bergrechtliche Genehmigung erforderlich. Die Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 – Bergbau und Energie in Nordrhein-Westfalen, ist für dieses bergrechtliche Genehmigungsverfahren zuständig. In diesem Verfahren wird die zuständige Untere Wasserbehörde automatisch einbezogen.

Zusammenfassung Erdwärmekollektoren vs. Erdwärmesonden

In folgender Tabelle sind die Vor- und Nachteile von Erdwärmesonden im Vergleich zu Erdwärmekollektoren aufgezeigt, basierend auf den durchgeführten Potenzialanalysen für Kevelaer:

Kriterium	Erdwärmesonden	Erdwärmekollektoren
Einbautiefe	Bis zu 100 Meter tief	Oberflächennah, typischerweise bis zu 2 Meter tief
Wärmeleitfähigkeit	Hohe Wärmeleitfähigkeit aufgrund tieferer und stabilerer Schichten	Geringere Wärmeleitfähigkeit aufgrund oberflächennaher Installation
Installation	Technisch anspruchsvoller, benötigt spezialisierte Bohrtechniken	Einfacher zu installieren, weniger invasive Bodeneingriffe
Kosten (ohne WP)	Höhere Anfangsinvestitionen (ca. 3.200 €/kW _{th})	Geringere Anfangsinvestitionen (ca. 1.600 €/kW _{th})
Effizienz	Höhere Effizienz durch stabile Temperatur tief im Boden	Niedrigere Effizienz, anfällig für Temperaturschwankungen
Umweltauswirkungen	Potenziell höheres Risiko für Grundwasser und Umgebung	Geringere Umweltauswirkungen, oberflächenschonender
Wartung	Geringere Wartung erforderlich	Höhere Wartung notwendig, da zugänglicher
Genehmigungsverfahren	Strengere wasser- und bergrechtliche Bestimmungen	In der Regel nicht genehmigungspflichtig, außer in Wasserschutzgebieten
Eignung	Geeignet für tiefe geologische Schichten	Abhängig von oberflächennahen geologischen Bedingungen
Langfristige Leistung	Bessere langfristige Leistung und Zuverlässigkeit	Beeinflusst durch oberflächennahe Bedingungen

Tabelle 4: Vor- und Nachteile von Erdwärmesonden im Vergleich zu Erdwärmekollektoren

Das Potenzial der oberflächennahen Geothermie ist in Kevelaer relevant. Geothermie kann besonders im Winter eine gute Ergänzung zu anderen Wärmequellen darstellen. Trotz wasserwirtschaftlicher Einschränkungen bietet das Potential Ansätze für eine nachhaltige Wärmeversorgung, erfordert jedoch sorgfältige Planung und behördliche Abstimmungen. Eine Quantifizierung des Potenzials ist ohne konkret verfügbare Flächen nicht möglich. Um dennoch ein Gefühl für mögliche Wärmemengen aus oberflächennaher Geothermie zu vermitteln, sollen hier anhand einer Beispielfläche die Wärmemengen dargestellt werden.



Abbildung 47: Oberflächennahe Geothermie – theor. Jahreswärmemengen für ausgewählte Beispielfläche

Zusammenfassend wird die oberflächennahe Geothermie mittels Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden als theoretisches und technisches Potential eingeschätzt, mit einer hohen Bedeutung für die künftige Wärmeversorgung. Eine Quantifizierung ist ohne konkret vorliegende Nutzflächen nicht möglich.

Grundwasserbrunnen in Kevelaer (Windmühlenstr.)

Dank einer über das Jahr relativ konstanten Temperatur ist Grundwasser eine weitere potenzielle Wärmequelle, welche zu den Varianten der oberflächennahen Geothermie gezählt wird. Auch hier muss die der Quelle entzogene Wärme mittels einer Wärmepumpe auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben werden. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung kann dieses Potenzial für die Wallfahrtsstadt Kevelaer nicht exakt abgeschätzt werden. Stattdessen sind punktuelle Untersuchungen und hydrogeologische Gutachten erforderlich. Dabei sollten die in Abbildung 42 dargestellten blauen Bereiche priorisiert werden, da dort Grundwasser bereits innerhalb weniger Tiefenmeter vorliegt. Für diese Bereich liegen keine spezifischen

Entzugsleistungen vor, da Temperaturverläufe und Volumenströme sich örtliche stark unterscheiden können. Diese Daten wären punktuell zu messen, um ein konkretes Wärmepotential zu quantifizieren.

Daneben existieren in Kevelaer drei stillgelegte Brunnen in der Windmühlenstraße. Nach Informationen der Stadtwerke Kevelaer wurden diese Brunnen bis 1976 betrieben. Danach mussten sie aufgrund der Expansion der Stadt und der einhergehenden neuen Stadtnähe (für Trinkwasserförderung ist Wasserschutzzone 1 gefordert) stillgelegt werden. Im Rahmen dieser Stilllegung wurden die Brunnen mit massiven Betonkörpern verschlossen. Heute ist das Gebiet der stillgelegten Brunnen als Wasserschutzzone 3A (vgl. Abbildung 43) eingestuft. Dies müsste bei Einsatz einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe berücksichtigt werden – innerhalb des Verdampfer-Kreislaufs der Wärmepumpe dürfte nur mit Wasser ohne Kühlmittel oder anderen Zusätze gearbeitet werden. Für weitergehende Informationen ist die Untere Wasserbehörde zuständig.

In den Archiven der Stadtwerke existieren keine Daten zu Temperaturen, Fördermengen oder Ausbau der Brunnen (z.B. Schichtverzeichnis, Durchmesser o.ä.). Seitens der Stadtwerke wird jedoch vermutet, dass die Tiefe ähnlich wie bei den neuen Brunnen ist, da der Grundwasserstock ähnlich sein dürfte und der Grundwasserspiegel sich ebenfalls nicht wesentlich verändert haben dürfte. Daher werden als Kalkulationsgrundlage für die Abschätzung des Potentials die Werte der aktuellen Trinkwasserbrunnen in Kevelaer herangezogen. Dort handelt es sich um fünf statt drei Brunnen, jeweils mit Bohrlöchern von 600mm Durchmesser, worin sich eine Steigleitung DN150 befindet durch die das Grundwasser gefördert wird. Die Fördermenge der 5 neuen Brunnen beträgt pro Jahr ca. 1,6 - 1,7 Mio. Kubikmeter. Für die drei stillgelegten Brunnen in der Windmühlenstr. kann daher mit einer Fördermenge von 3/5 dessen kalkuliert werden. Daraus ergeben sich 1 Mio. m³/a Fördermenge für einen Saug- und Schluckbrunnen. Unter der Annahme von 8-10 °C des Grundwassers (konstant über das Jahr) und einer ganzjährig betriebenen Wärmepumpe mit JAZ = 3 ergeben sich daraus die unten dargestellten Wärmemengen, abhängig von verschiedenen Temperaturabsenkungen des Grundwassers. Bei 6 Kelvin Temperaturabsenkung und einer Grundwassertemperatur von 8 °C wäre eine minimale Wiedereinlasstemperatur von 2 °C gewährleistet.

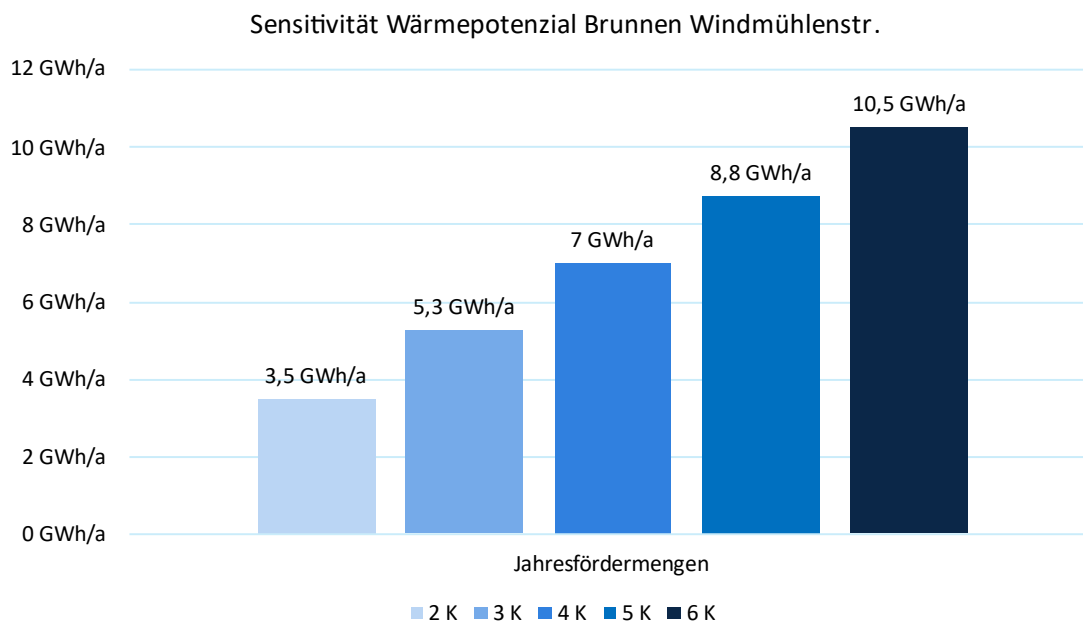


Abbildung 48: Wärmemengen für Grundwasserbrunnen Windmühlenstr. für versch. Temperaturabsenkungen des Grundwassers

Aufgrund der mangelnden Informationen kann nicht eingeschätzt werden, ob hier ein theoretisches Potential vorliegt. Betrachtet man zudem die wasserschutzrechtlichen Einschränkungen an der Windmühlenstr., so kann die Bedeutung der stillgelegten Grundwasserbrunnen als gering eingestuft werden.

Für neu zu errichtender Saug- und Schluckbrunnen müssten das Vorhandensein geeigneter oberflächennaher Grundwasservorkommen dezidiert untersucht werden. Hierzu liegen seitens des geologischen Dienstes keine Werte für Kevelaer vor. Wie bei Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren, müssten die wasserwirtschaftlichen Gebietseinschränkungen berücksichtigt werden, wie bereits in Abbildung 43 bzw. Abbildung 44 dargestellt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die oberflächennahe Geothermie mittels Saug- und Schluckbrunnen bei der vorhandenen Datenlage nicht bewertet werden kann. Es ist nicht klar, ob hier ein theoretisches Potential vorliegt. Eine Quantifizierung ist entsprechend nicht möglich.

4.2.1.2 Mitteltiefe Geothermie

Solebrunnen in Kevelaer

In Kevelaer existiert eine Solequelle in 600m Tiefe, deren Wasser an die Oberfläche gepumpt wird und für das Gradierwerk genutzt zu wird. Betreiber des Gradierwerks sind die Stadtwerke

Kevelaer. Nach Rücksprache mit den Stadtwerken herrscht jedoch die Einschätzung, dass die bestehende Solebohrung für eine weitere Verwendung zur Wärmegewinnung zu klein bzw. die Fördermengenkapazität zu gering ist. Es werden zur Aufrechterhaltung des Betriebes des Grადierwerkes i.d.R. lediglich geringe Mengen zum Ausgleich von Verlusten (Verdunstung etc.) gefördert, da die Sole zur Aufkonzentration im Kreislauf gepumpt wird. Zudem ist der Einbau von Materialien oder Werkteilen zur Wärmegewinnung als kritisch zu betrachten, da die Sole auch zu Trinkzwecken genutzt wird und somit auch unter das Arzneimittelgesetz fällt.

4.2.1.3 Tiefengeothermie

Das petrothermale Potenzial beschreibt die Möglichkeit, geothermische Energie aus heißen, trockenen Gesteinen in mittleren bis tiefen Schichten der Erdkruste zu extrahieren. Diese Form der Geothermie nutzt die inhärente Wärme des Gesteins, oft durch künstliche Erhöhung der Durchlässigkeit, um Wasser zu erhitzen und Dampf zu erzeugen, der zur Stromerzeugung oder für Heizzwecke verwendet werden kann [9]. Das hydrothermale Potenzial bezieht sich auf die Nutzung von natürlich vorkommendem heißem Wasser oder Dampf aus der Erde. Diese Ressourcen können direkt zur Energieerzeugung oder für Heizzwecke genutzt werden. Hydrothermale Systeme sind in der Regel einfacher und kostengünstiger zu erschließen als petrothermale Systeme, da sie auf natürlichen Wasserreservoirs basieren [10].

Der geologische Dienst NRW hat im Sommer 2024 Seismik-Messungen in Kevelaer und den umliegenden Gemeinden vorgenommen. Die Auswertung der Ergebnisse ist zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Potentialanalyse noch nicht abgeschlossen, jedoch konnten einige wichtige Informationen bereits vorab in die Bewertung des Potentials Tiefengeothermie für Kevelaer einfließen.

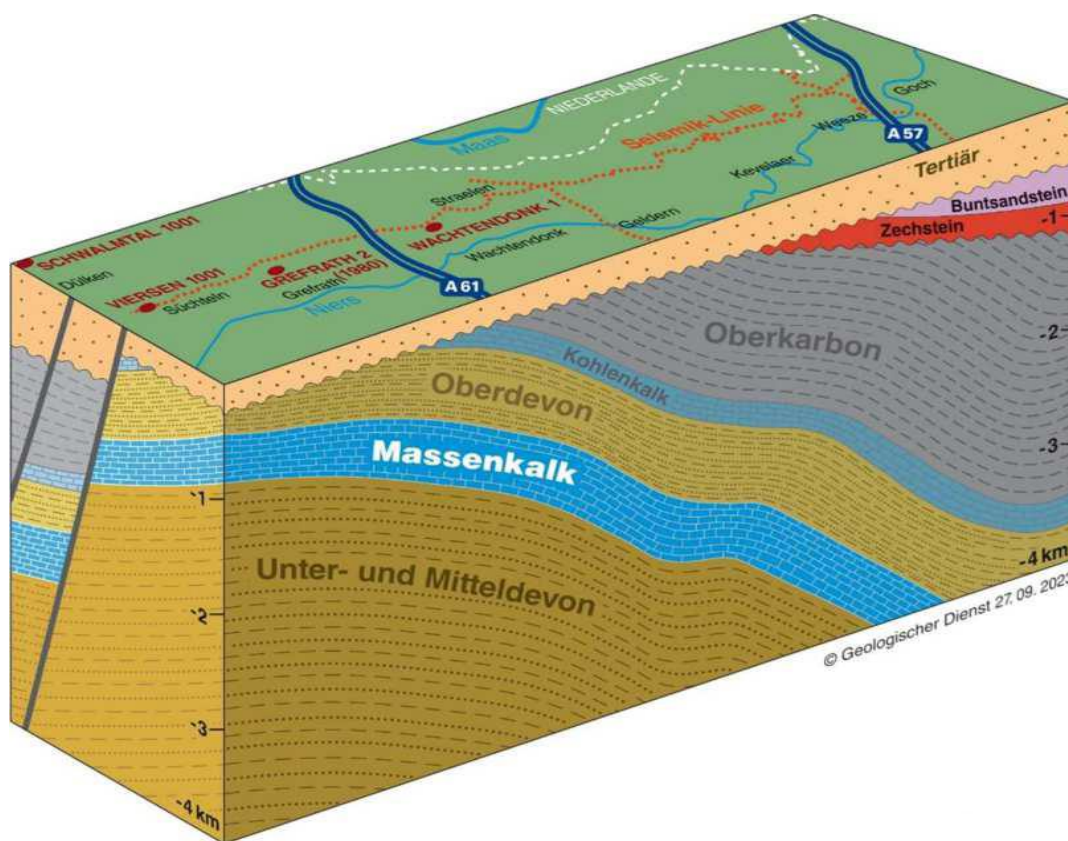


Abbildung 49: geologische Schichten in der Region. Quelle: [11]

Die obige Abbildung zeigt die Erdschichten bis zu einer Tiefe von 5000 m hinsichtlich ihrer Beschaffenheit. Die seismischen Messungen weisen darauf hin, dass im Gebiet Kevelaer ab einer Tiefe von etwa 400 m die Schicht des Oberkarbons beginnt. Diese Oberkarbon-Schicht erstreckt sich bis zu einer Tiefe von 1500 m. Unterhalb dieser Schicht folgt die Kohlenkalk-Schicht. Im Bereich Kevelaer verlaufen die geologischen Schichten nicht horizontal. Vielmehr fallen sie nach Norden hin stetig ab. Es handelt sich hier um eine fundierte Abschätzung, eine vollkommen gesicherte Aussage lässt sich mittels Probebohrungen treffen.

Für beide Schichten, das Oberkarbon und den Kohlenkalk, wurde ein Temperaturniveau von 40-80 °C ermittelt. Dieses Temperaturintervall ist entscheidend für die Nutzung der Tiefengeothermie, da es Hinweise auf das geothermische Potenzial dieser Schichten gibt. Die Temperaturen in diesem Bereich sind technisch geeignet für die Wärmergewinnung und könnten zur Beheizung von Gebäuden und/oder Wärmenetzversorgung genutzt werden.

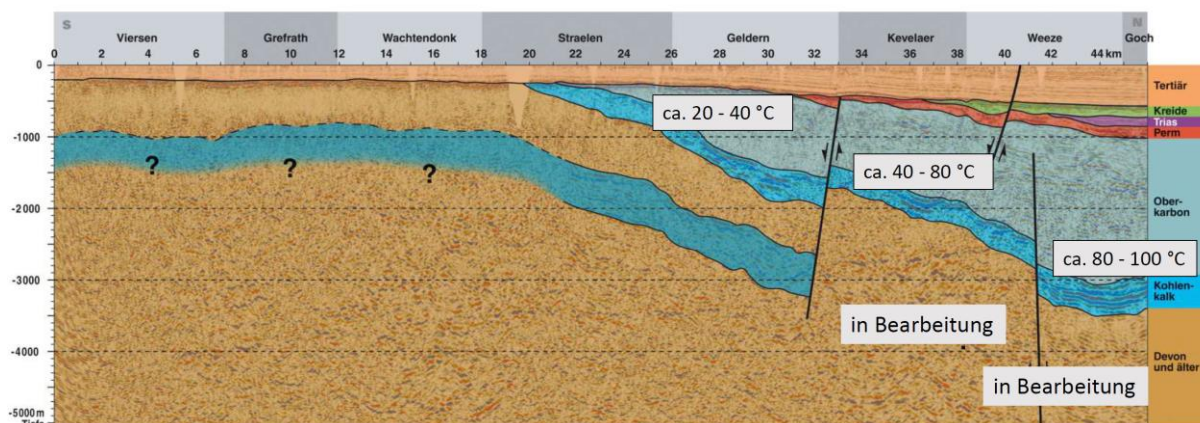


Abbildung 50: Darstellung der geologischen Perioden mit Temperaturniveau für die Wallfahrtsstadt Kevelaer [11]

Darunter liegen die Devon-Schicht und ältere geologische Formationen. Die seismischen Messungen und die Auswertung dieser Daten sind derzeit noch in Bearbeitung. In einem ersten Termin mit der Wallfahrtsstadt Kevelaer und dem geologischen Dienst NRW im Juni 2024 wurde die Einschätzung abgegeben, dass in einer Tiefe von 1–1,2 km eine nutzbare Schicht vorliegt. Die Bohrkosten müssen mit ca. 2.500 – 3000 € pro Bohrmeter kalkuliert werden. Bei 2 benötigten Bohrungen für Vor- und Rücklauf des Wärmeträgermediums entstünden für die Wärmeentnahme in 1 km Tiefe Bohrkosten in Höhe von ca. 7 Mio. €. Eine weitere ergiebige Schicht befindet sich nochmals 1 km tiefer. Dabei ist mit ca. 30 °C Temperaturanstieg pro 1000 m zu rechnen. Das Entnahmevolumen pro Bohrung liegt bei etwa 40 -100 l/s. Bei einer Temperaturdifferenz von 30 Kelvin zwischen Vorlauf und Rücklauf (80°C/50°C) ergibt sich daraus eine potenzielle Entnahmeleistung von etwa 5 – 12 MW. Die Anlagen können pro Jahr 7000 Betriebsstunden laufen, was zu einer jährlichen Energieproduktion von etwa **35 – 84 GWh/a** führt. Allerdings liefern die seismischen Messungen keine genauen Informationen über das tatsächliche Potenzial. Um verlässliche Daten zu erhalten, sind daher Probebohrungen erforderlich.

Sobald die Auswertung des geologischen Dienstes NRW abgeschlossen ist (voraussichtlich Ende 2024), kann eine präzisere Aussage über die Temperaturverhältnisse und die geothermische Nutzbarkeit dieser Schichten getroffen werden [11]. Für einen künftigen Betreiber wären sowohl die in NRW existierenden Förderprogramme als auch das Thema der Fündigkeitsversicherung im Rahmen von Probebohrungen relevant.

Auswertung der Informationen

Die bisher vorliegenden Daten zeigen ein vielversprechendes technisches Potenzial für die Nutzung der Tiefengeothermie in der Wallfahrtsstadt Kevelaer. Die Temperaturwerte in den Schichten des Oberkarbons und Kohlenkalks sind ausreichend hoch, um eine effiziente Nutzung für die Wärmegewinnung gewährleisten zu können. Diese Schichten könnten somit eine stabile und nachhaltige Quelle für geothermische Energie darstellen.

Besonders interessant wird die Auswertung der seismischen Messungen der darunter liegenden Devon-Schicht und älteren Formationen sein. Sollte sich auch hier ein geeignetes Temperaturniveau bestätigen, könnte dies das geothermische Potenzial der Region erheblich erweitern. Ein genauer Standort inklusive Angaben zur Schüttung wäre im Rahmen von Probebohrungen zu bestimmen. Diese sind aufwendig und teuer. Die anschließenden Investitionskosten für die Erschließung sind ebenfalls sehr hoch, können jedoch durch entsprechende Förderprogramme teilfinanziert werden. Zur Bewertung eines realisierbaren Potentials muss in jedem Fall die Klärung der Rechte für die jeweiligen Teilbereiche erfolgen. Da es sich um einen bergrechtlichen Bodenschatz handelt, bedarf es der Beantragung eines Feldes durch die Stadt Kevelaer. In einem solchen Gebiet ist die Nutzung des Bodenschatzes für andere untersagt.

Zu empfehlen ist die Erstellung einer im Zusammenschluss den angrenzenden Gemeinden durchzuführende Vorstudie, welche die bisher vorliegenden Informationen sammelt und Anhaltspunkte für ein weiteres Vorgehen bietet. In einem nächsten Schritt würde (ebenfalls im Zusammenschluss mit den angrenzenden Gemeinden) eine Machbarkeitsstudie für das Gebiet erstellt werden. Der nächste Explorations-Schritt wäre eine 3D-Seismik durchzuführen, ebenfalls interkommunal. Im letzten Schritt würde die Gemeinde Kevelaer eine Probebohrung auf ihrem Gebiet vornehmen. Die Stadtwerke können nur 45 % Förderzuschuss erhalten, die Förderraten für die Gemeinde sind höher. Alle genannten Maßnahmen können gefördert werden. Die Förder- bzw. Probebohrung kann und sollte zusätzlich durch eine Fündigkeitsversicherung abgesichert sein.

Die Tiefengeothermie kann aufgrund der aktuell noch unkonkreten Datenlage nicht als theoretisches oder technisches Potential kategorisiert werden. Eine Quantifizierung der nutzbaren Jahreswärmemenge ist nicht möglich.

4.2.2 Umweltwärme

Unter dem Potenzial Umweltwärme werden alle natürlichen Wärmequellen für Wärmepumpen zur Nutzung von Umweltwärme zusammengefasst. Dabei handelt es sich um folgende Umweltwärmequellen, welche im folgenden Kapitel untersucht werden:

- Luft
- Oberflächengewässern (Fluss- und Seewasser)
- Trinkwasser
- Abwasser

Da alle Umweltwärmequellen unter der Nutzung von Wärmepumpen nutzbar gemacht werden, erfolgt zunächst eine kurze Beschreibung der Funktionsweisen von Wärmepumpen.

Eine Wärmepumpe ist ein Heizsystem, das Wärme aus der Umgebung (Luft, Erde oder Wasser) aufnimmt und diese auf ein höheres Temperaturniveau bringt, um sie in Wärmenetzen, zum Heizen von Gebäuden oder zur Warmwasserbereitung zu nutzen. Die Funktionsweise einer Wärmepumpe beruht auf einem Prinzip, das ähnlich wie bei einem Kühlschrank funktioniert, nur umgekehrt. Hier ist der grundlegende Prozess:

- **Verdampfer:** Die Wärmepumpe entzieht Wärme aus einer natürlichen Wärmequelle (z.B. der Außenluft, dem Erdreich oder einem Gewässer) über ein Kältemittel, das in einem Verdampfer zirkuliert. Dieses Kältemittel hat einen sehr niedrigen Siedepunkt, sodass es bereits bei niedrigen Temperaturen verdampft. Die dabei aufgenommene Wärmeenergie lässt das Kältemittel verdampfen.
- **Kompressor:** Der gasförmige Kältemitteldampf wird dann in einen Kompressor geleitet, der den Druck des Gases erhöht. Durch diese Kompression steigt die Temperatur des Kältemittels weiter an, da Druckerhöhung mit einer Temperaturerhöhung einhergeht.
- **Verflüssiger:** Das nun stark erhitzte Kältemittelgas strömt in einen Verflüssiger (auch Kondensator genannt), wo es seine Wärme an das Heizsystem des Gebäudes abgibt, zum Beispiel an das Heizungswasser oder die Luft in einem Lüftungssystem. Durch die Abgabe der Wärme kühlt das Kältemittel wieder ab und kondensiert, es wird also flüssig.

- **Expansionsventil:** Nach der Kondensation wird das flüssige Kältemittel durch ein Expansionsventil geleitet, wo es entspannt wird. Dabei sinken Druck und Temperatur des Kältemittels wieder, und der Kreislauf beginnt von vorne, indem das kalte Kältemittel erneut in den Verdampfer gelangt, um weitere Wärme aus der Umgebung aufzunehmen.

Dieser Prozess wiederholt sich kontinuierlich, wodurch die Wärmepumpe in der Lage ist, auch bei niedrigen Quelltemperaturen effizient Wärme zu erzeugen. Da eine Wärmepumpe mehr Wärmeenergie liefern kann, als sie an elektrischer Energie für den Betrieb benötigt, gilt sie als besonders energieeffizient und umweltfreundlich.

4.2.2.1 Luft

Eine Beschränkung des Wärmepotenzials der überall vorhandenen Umgebungsluft existiert nicht. Wärmepumpen mit der Wärmequelle Umgebungsluft erfordern den geringsten technischen Aufwand und sind beinahe universell einsetzbar. Sie können dabei in Luft/Luft- und Luft/Wasser-Systeme unterteilt werden. Bei diesen Systemen wird der Umgebungsluft Wärme entzogen, wobei anders als bei anderen Wärmequellen der Wiedereinlass der abgekühlten Luft in die Umgebung als unkritisch anzusehen ist (Vgl. Abwasserwärme). In einem thermodynamischen Kreisprozess wird die Wärme von einem niedrigen (Umgebungsluft) auf ein höheres (Vorlauf Heizsystem) Temperaturniveau gehoben.

Im Rahmen der Potenzialermittlung der kommunalen Wärmeplanung wird grundsätzlich von einer technischen Machbarkeit der Umgebungsluft als Wärmequelle zur dezentralen Versorgung von Gebäuden ausgegangen. Gebiete mit einer hohen Bebauungsdichte werden im Rahmen dieser Wärmeplanung bezüglich Nutzung von dezentralen Wärmepumpen nicht priorisiert, da eine hohe Bebauungsdichte regelmäßig mit hohen Wärmeliniedichten und damit einer hohen Wärmenetzeignung einher gehen. Die Option zur Einzelversorgung mit Wärmepumpe ist bei hoher Bebauungsdichte dennoch nicht ausgeschlossen. Seit 2024 sind im Bau-recht NRW bei der Aufstellung von Wärmepumpen keine Mindestabstände zur Nachbargrundstücken mehr gefordert. Dies gilt mit der Einschränkung, dass pro Grundstücksgrenze maximal auf einer Länge von 9 Meter ohne Abstand zum Nachbargrundstück gebaut werden darf. Für Wärmepumpen in Leistungsklassen zur Einzelversorgung wird diese Länge i.d.R. nicht überschritten.

Im Neubau und in sanierten Gebäuden, die allesamt mit niedrigeren Vorlauftemperaturen auskommen, sind Luft-Wärmepumpen sehr effizient. Moderne Luft-Wärmepumpen können aber

auch in die Bestandsgebäuden die benötigten höheren Vorlauftemperaturen und die tendenziell höhere Heizlast bereitstellen. Aufgrund der technischen Weiterentwicklungen sind selbst geringe Außen-Temperaturen im Winter kein Ausschlusskriterium mehr und ökonomische Wirkungsgrade können erreicht werden. Nichtsdestotrotz gilt: Je niedriger die Wärmequellentemperatur, desto niedriger die Effizienz der Wärmepumpe (d. h., die Arbeitszahl sinkt und der Strombedarf steigt). Somit kommen im Bestand häufig (bivalente) Hybrid-Systeme zum Einsatz, bei denen ein Gasbrenner bei kalten Temperaturen im Winter zusätzliche Wärme produziert. In monovalenten Wärmepumpen kann zu diesem Zweck ein Heizstab eingesetzt werden. Auf Basis der heutigen Förderkulisse der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) haben dezentrale Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft einen ökonomischen Vorteil gegenüber Erdwärmepumpen. Insgesamt ist die BEG-Förderung auf maximal 70 % der Gesamtkosten gedeckelt. Die maximal förderfähige Investitionssumme beträgt 30.000 € für ein Einfamilienhaus (1. Wohneinheit). Der höchstmögliche Zuschuss für den Heizungstausch beläuft sich also – bei einem Fördersatz von 70 % – auf 21.000 €. Daher können die teureren Erdwärmesonden oder -kollektoren weniger gefördert werden. Dies führt dazu, dass die Effizienzvorteile der Erdwärmepumpe gegenüber der stetig effizienter werdenden Luft/Wasser-Wärmepumpen nicht ausreichen, um die Mehrinvestition zu rechtfertigen. Eine pauschalisierte Aussage ist jedoch nicht möglich und die Vorteilhaftigkeit der Systeme muss für jedes Gebäude durch eine fachkundige Person geprüft werden.

Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft können auch in Wärmenetzen eingesetzt werden. Zentrale Luft/Wasser-Wärmepumpen können die benötigte Vorlauftemperatur in Fernwärmenetzen in der Regel jedoch nur sehr ineffizient bereitstellen (insofern es sich nicht um Niedertemperatur-Netze handelt). Hier können kaskadierte (zweistufige) Luft/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen bereits heute mit einer akzeptablen JAZ betrieben werden. In einer ersten Stufe wird die Außenluft als Temperaturquelle genutzt und das Wasser auf etwa 35 °C erwärmt. In der zweiten Stufe hebt die Wasser/Wasser-Wärmepumpe die Quelltemperatur auf die benötigte Vorlauftemperatur im Wärmenetz an.

Für die Wärmewende in Kevelaer kann das Konzept von zentralen (Groß-)Wärmepumpen von Bedeutung sein. Gerade in den kleineren Stadtteilen stehen weniger Potentiale aus Abwasser oder Gewässern zur Verfügung. Insofern eine ausreichend hohe Wärmelinien-dichte vorliegt, kann eine Kombination z.B. mit Biomasseheizwerken oder KWK-Anlagen zum Betrieb eines Wärmenetzes sinnvoll sein. Mit dem Stromnetzbetreiber ist stets sicherzustellen, dass die benötigte Leistung zum Betrieb einer Großwärme-Pumpe örtlich bereitgestellt werden kann.

Das Potential Außenluft wird als theoretisches, technisches, wirtschaftliches und realisierbares Potential eingestuft. Die mögliche Jahreswärmemenge ist unbegrenzt, die Bedeutung wird als hoch eingestuft.

4.2.2.2 Flusswasserwärme

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden verschiedene Oberflächengewässer hinsichtlich ihres Wärmepotenzials und möglicher thermischer Nutzung analysiert. In Kevelaer fließen die Gewässer Niers, Dondert, Kervenheimer Mühlenfleuth und Issumer Fleuth durch das Stadtgebiet. Lediglich die Niers weist einen ausreichenden, ganzjährigen Wasserdurchfluss für eine wirtschaftliche thermische Nutzung mit einer Flusswasser-Wärmepumpe auf. Somit wird die folgende Analyse auf die thermischen Potenziale der Niers beschränkt. Eine Nutzung der kleineren Oberflächengewässer soll perspektivisch nicht ausgeschlossen, jedoch vorerst hintenangestellt werden. Das Wärmepotential in Abhängigkeit der gemessenen Temperatur und Durchflusswerte bezieht sich auf die gemittelten Werte eines charakteristischen Jahres. Abbildung 51 stellt den Temperaturverlauf der Niers in Kevelaer für das Jahr 2023 dar:

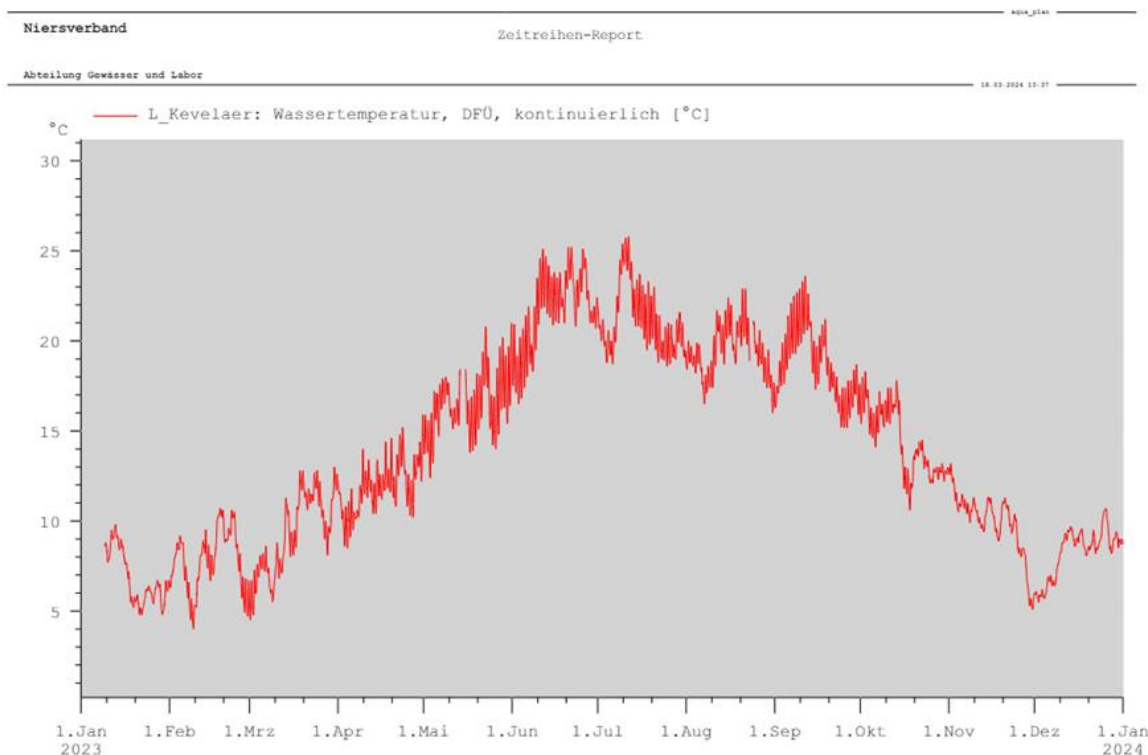


Abbildung 51: Temperaturprofil der Niers in Kevelaer. Quelle: Niersverband

Ein Jahresprofil der Durchflusswerte liegt nicht vor. Dafür liegen Abflusswerte der Niers auf Höhe der Rheinstraße in Kevelaer vor. Der mittlere Abfluss (MQ) ist eine statistische Größe des Wasserhaushalts von Fließgewässern. Er gibt den langjährigen durchschnittlichen Abfluss an einem Fluss oder Bach an. Der MQ auf Höhe der Rheinstraße liegt bei 6,4 m³/s. Bei erhöhtem Mittelwasser (HQ1) liegt der Durchfluss der Niers auf Höhe der Rheinstraße bei 15,6 m³/s. Zur Simulation des Wärmepotenzials wird der MQ genutzt. Dieser berücksichtigt jedoch keine saisonalen Schwankungen. Im Sommer ist der Durchfluss von Fließgewässern aufgrund geringerer Niederschläge und ausbleibender Schneeschmelze deutlich geringer. Andererseits hat das Wasser eine höhere Temperatur. Zudem wird eine Temperaturabsenkung im Sommer seitens der Wasserbehörden aus ökologischen Gründen oftmals begrüßt.

Das Wärmepotenzials der Niers wird für eine Grenztemperatur des Wärmeentzugs von 3 °C und eine minimale Wiedereinlasstemperatur nach Abkühlung von 1 °C berechnet. Diese Parameter wurden aus folgenden Gründen ausgewählt:

- Grenztemperatur für die Wärmeentnahme: Derzeit wird empfohlen, die Wärmeentnahme unter einer Wassertemperatur von 4 °C einzustellen, da kein wirtschaftlicher Betrieb einer Wärmepumpe mehr gewährleistet werden kann. Technisch möglich ist eine Wärmeentnahme auch noch bei geringeren Wassertemperaturen.
- Minimale Wiedereinlasstemperatur nach Abkühlung: Es gilt zu entscheiden, auf welche Temperatur das Wasser abgekühlt werden kann, um Eisbildung und eine negative Auswirkung auf die Flora und Fauna zu vermeiden. Für manche Wärmeübertrager ist es denkbar, das Wasser bis auf 0 °C abzukühlen. Bei frostempfindlichen Apparaten und für offene Systeme sollte eine Temperatur von mind. 1 °C inkl. Messunsicherheit für das abgekühlte Wasser eingehalten werden.

Im Winter gibt es Tage, an denen das Wärmepotenzial auf 0 MW absinkt. Ursächlich ist das Unterschreiten der Grenztemperatur von 3 °C, ab der eine Wärmeentnahme nicht mehr sinnvoll ist und ein technisch nutzbares Wärmepotential fehlt. Insgesamt gibt es in Oberflächengewässern in Deutschland etwa 5 – 15 Tage im Jahr, an denen eine Grenztemperatur von 3 °C unterschritten wird. Dennoch ist aufgrund der höheren Durchflüsse im Winter trotz niedrigerer Wassertemperaturen mit höheren Wärmepotenzialen zu rechnen als im Sommer.

Regulatorisch ist nach der oberen Gewässerverordnung (OGewV) eine Temperaturentnahme von 10% des Durchflusses und 3 Kelvin als unkritisch zu bewerten. Die OGewV gibt Grenzwerte für Veränderungen im Gewässer vor, die geduldet werden, um einen guten Zustand im Gewässer beibehalten oder weiterhin ermöglichen zu können. Um eine geeignete maximale

Temperaturabsenkung abzuschätzen, kann die in der OGewV vorgeschriebene maximale Temperaturerhöhung in Höhe von 3 Kelvin als Differenz für eine Abkühlung angenommen werden. Da Temperaturerhöhungen als ökologisch kritischer erachtet werden als Temperaturabsenkungen, wird dieser Ansatz hier als vertretbar eingeschätzt. Zudem wird die Niers durch eine maximale Entnahme von 10% der Durchflussmenge nicht um 3 Kelvin abgekühlt, denn nur das eingeleitete Wasser, welches sich innerhalb von 1 – 2 Kilometern nach Einlassung wieder mit dem Flusswasser vermischt, wird um 3 Kelvin abgekühlt.

Zur Bestimmung des technischen Potentials wird für die erste Auslegung einer Flusswasserwärmepumpe unter den angenommenen Parametern eine quellseitige Leistung von 8 MW geschätzt. Bei einer JAZ von 3 kann die Wärmepumpe etwa 12 MW Leistung erbringen. Mit 4.000 Vollbenutzungsstunden könnten somit **48 GWh/a** Nutzwärme mit dieser Maßnahme erzeugt werden. Dazu sei gesagt, dass eine solche Wärmepumpe für große Fernwärmenetze, jedoch nicht für ein zu Beginn noch kleineres Startnetz in Kevelaer geeignet ist. Die vorliegende Betrachtung soll vielmehr aufzeigen, dass das Wärmepotenzial in fernerer Zukunft eine bedeutende Säule der Wärmewende in Kevelaer sein kann. Eine kartografische Übersicht möglicher Entnahmestellen zeigt die folgende Abbildung.

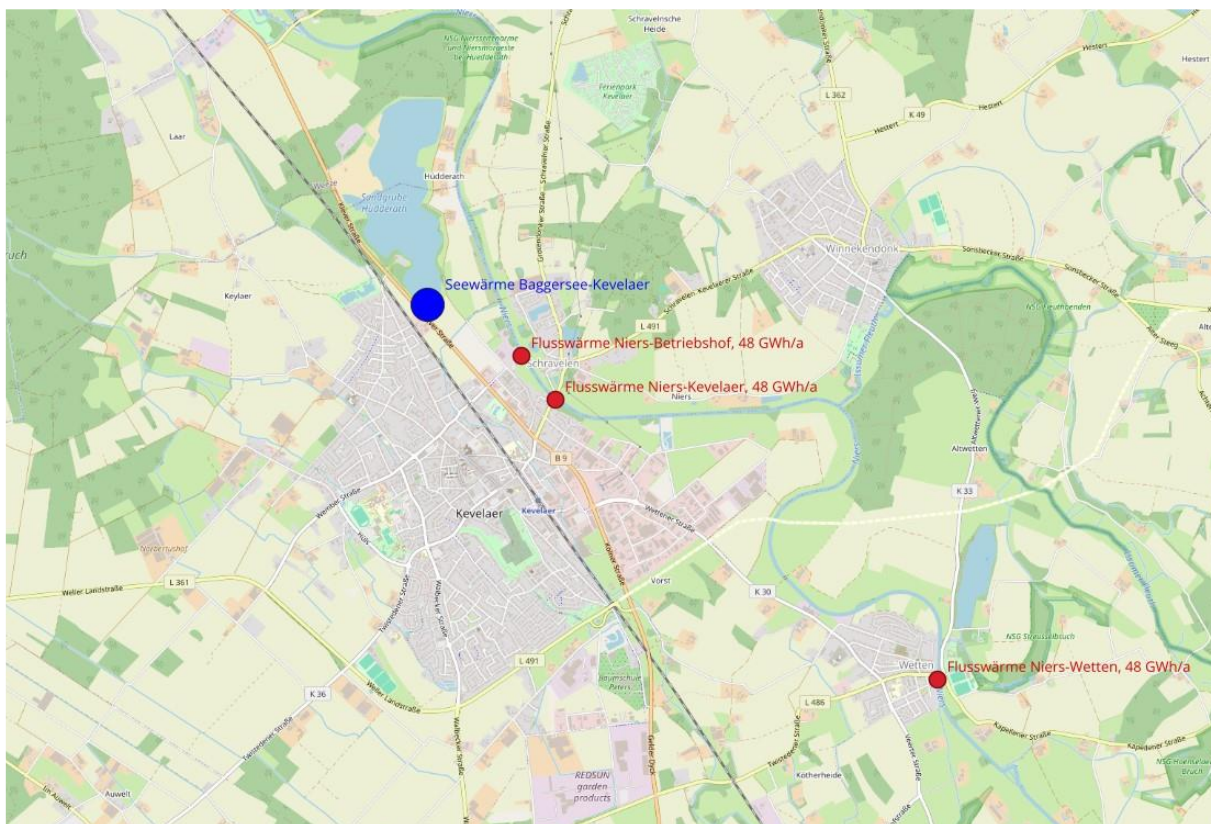


Abbildung 52: Denkbare Entnahmestellen zur Fluss- und Seewasserwärmenutzung

Neben dem Stadtteil Kevelaer fließt die Niers auch durch den Stadtteil Wetten. Es ist möglich, auch hier eine Wärmeentnahme zu realisieren. Zum einen regenerieren sich Oberflächengewässer thermisch, zum anderen werden bei einer Wärmeentnahme in Kevelaer mit großer Wahrscheinlichkeit keine Grenzwerte erreicht werden und eine weitere Wärmeentnahme wäre somit unkritisch.

Das Potential Flusswärme (Niers) wird als theoretisches und technisches Potential eingestuft. Ebenso kann die mittel- bis langfristige Bedeutung für die Wärmeversorgung als hoch eingeschätzt werden. Nähere Untersuchungen werden nötig sein, um das Potential auf seine Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit hin zu überprüfen.

4.2.2.3 Seewasserwärme

In Kevelaer gibt es mehrere private Baggerseen, welche aufgrund ihrer Größe für eine thermische Nutzung geeignet sein könnten. Dabei ist eine möglichst geringe geografische Distanz der Seewärmequelle zu einem möglichst hohem Wärmebedarf anzustreben. Kurze Wärmetransportleitungen zu einem Gebiet mit hohem Wärmeabsatz wirken sich entscheidend auf die Wirtschaftlichkeit aus. Unter dieser Prämisse wurde der Baggersee der Teunesen Sand und Kies GmbH unmittelbar nördlich der Innen-Wallfahrtsstadt Kevelaer als mögliche Wärmequelle identifiziert, wie in Abbildung 52 dargestellt. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde ein Abstimmungstermin mit dem o.g. Eigentümer des Sees abgehalten, in dem folgende Eckdaten ermittelt werden konnten:

- Volumen: 5.235.000 m³
- Wassertiefen: 10-14 Meter
- Eintragsart in den See: Grundwasser
- Eintrag in den See (in m³/h): unbekannt

Volumen und Wassertiefe des Sees lassen zunächst auf eine grundsätzliche Möglichkeit zur thermischen Nutzung schließen. Jedoch ist eine finale Abschätzung nicht möglich, ohne den Eintrag aus dem Grundwasser in den Baggersee zu kennen. Diese ist nötig, um die thermische Regeneration des Sees abzuschätzen. Ein größerer Eintrag bzw. stetigerer Austausch zwischen See- und Grundwasser bedingt eine höhere thermische Regeneration des Sees und damit eine höhere mögliche Wärmeentzugsleistung. Aufgrund der bisweilen vorliegenden Daten ist eine quellseitige Leistung im einstelligen MW-Bereich jedoch nicht unwahrscheinlich.

Der Eigentümer sieht die Energieentnahme prinzipiell als unkritisch an, wenn sie auf den Zeitraum März bis Oktober beschränkt würde. Diese saisonale Einschränkung hinsichtlich der Entnahme im Winter ist jedoch suboptimal, da genau dann der höchste Wärmebedarf besteht.

Berücksichtigt man das im vorherigen Kapitel dargelegte hohe Flusswasserwärmepotenzial für die Wärmeversorgung der Wallfahrtsstadt Kevelaer, sollte die Nutzung von Seewasserwärme des genannten Baggersees nicht priorisiert werden. Eine kombinierte Nutzung von See- und Flusswasser ist ohne ein ausreichend großes Fernwärmenetz mit konstanter Wärmeabnahme, wie es in Kevelaer bisweilen nicht existiert, nicht zu empfehlen.

Es handelt sich somit um ein theoretisches Potential. Als technisches Potential kann die Seewasserwärme aufgrund mangelnder Daten und Nutzungseinschränkungen nicht eingestuft werden. Eine Quantifizierung ist nicht möglich.

4.2.2.4 Trinkwasserwärme

Das Konzept der thermischen Nutzung von Trinkwasser besteht schon seit längerem, ist jedoch in der Fernwärme in Deutschland bislang aufgrund regulatorischer Hindernisse nicht verankert. Primär ist dies die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) aus dem Jahr 2023. Gemäß §13 dieser Verordnung ist es vorgeschrieben, dass bei der Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser ausschließlich Stoffe oder Gegenstände in Kontakt mit dem Roh- oder Trinkwasser verwendet werden dürfen, die explizit dem Zweck der Trinkwasserversorgung dienen. Die derzeitige Auslegung schließt damit eine energetische Nutzung der Trinkwasserwärme aus.

Eine maßgebliche Ursache für diese Hemmnisse liegt in präventiven Maßnahmen zur Gewährleistung der Trinkwasserhygiene. Die Bedeutung der Reinheit des Trinkwassers wird in der Debatte nicht ohne Grund betont, da Verunreinigungen im Trinkwasser durch strikte Einhaltung technischer Normen sicher vermieden werden müssen. Eventuelle Bedenken bezüglich der Trinkwasserhygiene im Kontext einer energetischen Nutzung könnten mithilfe technischer Lösungen jedoch problemlos adressiert werden. Eine mögliche Maßnahme ist die Integration eines Zwischenkreislaufs mit Sicherheitswärmetauscher im nachgelagerten Trinkwassernetz, um dieses selbst bei Betriebsstörungen zuverlässig vor potenziellen Verunreinigungen zu schützen. Ein direkter Kontakt des Trinkwassers mit möglichen Verunreinigungen würde somit ausgeschlossen.

In Bezug auf die Trinkwasserhygiene könnte die Abkühlung des Trinkwassers mittels einer Wärmepumpe sogar langfristig vorteilhaft sein. Diese Vorgehensweise könnte das Wachstum

gesundheitsschädlicher Legionellen im nachgelagerten Leitungssystem reduzieren. Bei Temperaturen ab 20 °C steigt die Vermehrungsrate und hat zwischen 30 °C und 45 °C ihr Optimum. Unterhalb von 20 °C findet nur eine sehr langsame Vermehrung statt. Gerade in heißen Sommermonaten könnte ein Wärmeentzug daher unterstützend auf die Vermeidung von Legionellenbildung in Trinkwasserleitungen wirken.

Dass die thermische Nutzung von Trinkwasser für die Fernwärme ein valides Konzept ist, zeigt Italien. Im Fernwärmesystem von Mailand wird gefördertes Trinkwasser ebenfalls für energetische Zwecke eingesetzt. An den lokalen Wasserwerken werden zwei Großwärmepumpen mit einer thermischen Leistung von je 15,5 MW eingesetzt, um dem geförderten Wasser Wärmeenergie zu entziehen. Diese gewonnene Wärmeenergie wird dann zur Bereitstellung von Fernwärme für das städtische Fernwärmesystem genutzt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in Italien niederschwelligere Hygieneauflagen für das Trinkwasser gelten als in Deutschland.

Auch im Aufwand der Erschließbarkeit der Wärmequelle Trinkwasser lassen sich Vorteile gegenüber anderen Wärmequellen identifizieren. Die Verwendung bereits geförderter Trinkwassermengen eliminiert die Notwendigkeit des Baus eigener Brunnen und reduziert den mit dem Strombedarf für den Pumpaufwand verbundenen Aufwand.

Zusätzlich ergeben sich weitere Vorteile gegenüber der Nutzung von Fluss- und Abwasser:

- Im Vergleich zur Nutzung von Oberflächenwasser steht das geförderte Trinkwasser während der Heizperiode kontinuierlich in einer stabilen Temperatur zur Verfügung.
- Das Wasser ist frei von Verunreinigungen, die die Effizienz des Wärmetauschprozesses durch die Bildung von Biofilmen langfristig beeinträchtigen können. Im Gegensatz dazu erfordert die Nutzung von Oberflächenwasser oder Kläranlagenabfluss regelmäßige aufwändige Reinigungen oder spezielle Konstruktionen des Wärmetauschers. Bei der Verwendung von sauberem Trinkwasser als Wärmequelle entfällt dieser Schritt.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in Kevelaer wurde auf Basis der verfügbaren Daten zu den Trinkwasserfördermengen eine erste Einschätzung des Wärmepotenzials aus Trinkwasser vorgenommen werden. Gleichwohl ist anzumerken, dass dies zunächst ein theoretischer Wert ist. Eine Nutzung der Trinkwasserwärme bedarf zunächst regulatorischer Änderungen.

Zur Berechnung des Potenzials von Trinkwasser für die Wärmewende in Kevelaer wurde auf Pumpdaten vom Standort des Wasserwerks Kevelaer zurückgegriffen. Das Wasserwerk Kevelaer fördert über fünf Brunnen jährlich etwa 1,6-1,7 Mio. m³ Wasser zur Versorgung der

Wallfahrtsstadt Kevelaer. Unterjährige Messdaten liegen nicht vor. Das Trinkwasser, welches aus dem Grundwasserstock aus einer Tiefe von etwa 20 Metern gefördert wird, hat im Winter eine Temperatur von etwa 8-10°C, im Sommer eine Temperatur von etwa 15-16 °C.

Aufgrund fehlender regulatorischer Vorgaben gibt es derzeit wenig Informationen bezüglich einer zulässigen entnehmbaren Wärmemenge. Eine maximale Temperaturdifferenz zur Abkühlung der Wärmequelle existiert bei der thermischen Nutzung von Trinkwasser nicht, da keine biologischen oder chemischen Faktoren im Trinkwassernetz zu berücksichtigen sind und lediglich eine minimale Einlasstemperatur eingehalten werden sollte. Auf dem Weg von dem Wärmeentnahmestandort zum Verbrauchsort erwärmt sich das Trinkwasser im erdverlegten Verteilnetz durch die Umweltwärme der oberflächennahen Erdschichten zudem wieder zu einem bestimmten Teil. Als minimale Einlasstemperatur dienen 1 °C, um Vereisungen im Netz vorzubeugen. Eine höhere Einlasstemperatur ist jedoch zu empfehlen, damit beim Endkunden am Trinkwassernetz keine größeren Temperaturveränderungen bemerkbar sind.

Unter Berücksichtigung der diskutierten Simulationsparameter und Eingangsdaten wurde das theoretische Wärmepotenzial für Kevelaer in Abhängigkeit der zu entnehmenden Wärmemenge analysiert und in Abbildung 53 dargestellt.

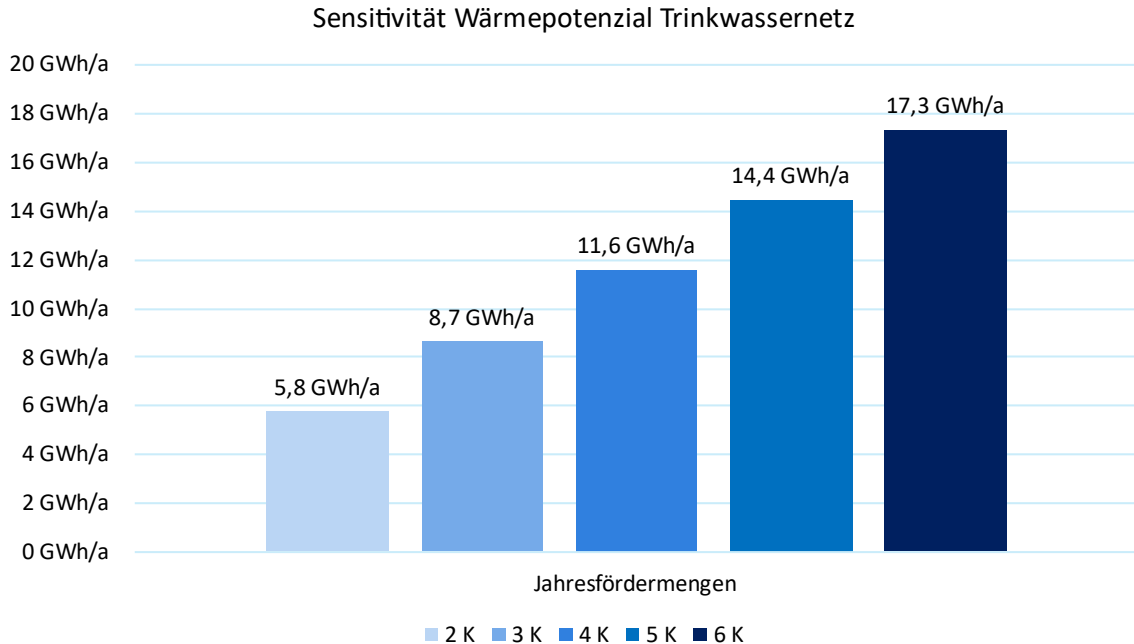


Abbildung 53: Mögliche Nutzwärmemengen einer Trinkwasser-Wärmepumpe in Abhängigkeit verschiedener Temperaturabsenkungen

Eine Trinkwasserwärmepumpe könnte bei einem SCOP von 3 und Temperaturabsenkungen von 2 – 6 Kelvin theoretisch **6 – 17 GWh/a** Wärme bereitstellen.

Aufgrund der hohen regulatorischen Einschränkungen wird die Trinkwasserwärme als theoretisches Potential angesehen. Für die Wärmeversorgung in Kevelaer dürfte sie unter den aktuellen Umständen keine hohe Bedeutung haben.

4.2.2.5 Abwasser

Abwasser kann durch Wärmeübertrager als Wärmequelle erschlossen und mittels Wärmepumpen auf ein geeignetes Temperaturniveau gebracht werden. Im Gegensatz zu Oberflächengewässern weist Abwasser auch im Winter eine Temperatur von 10-12 °C auf und kann somit für eine effiziente Wärmegewinnung genutzt werden. Nach dem Wärmeplanungsgesetz sollen alle Kanalabschnitte ab einer Dimensionierung von DN800 sowie Kläranlagen hinsichtlich ihres Wärmepotenzials untersucht werden. Bei der Nutzung von Abwasserwärme können verschiedene Nutzungsarten unterschieden werden, welche sich hinsichtlich der technischen, ökologischen und ökonomischen Eignung für die Wallfahrtsstadt Kevelaer unterscheiden. Grundsätzlich kann zwischen der Erschließung der Abwasserwärme im Kanalnetz, im Zulauf einer Kläranlage und im Ablauf einer Kläranlage unterschieden werden.

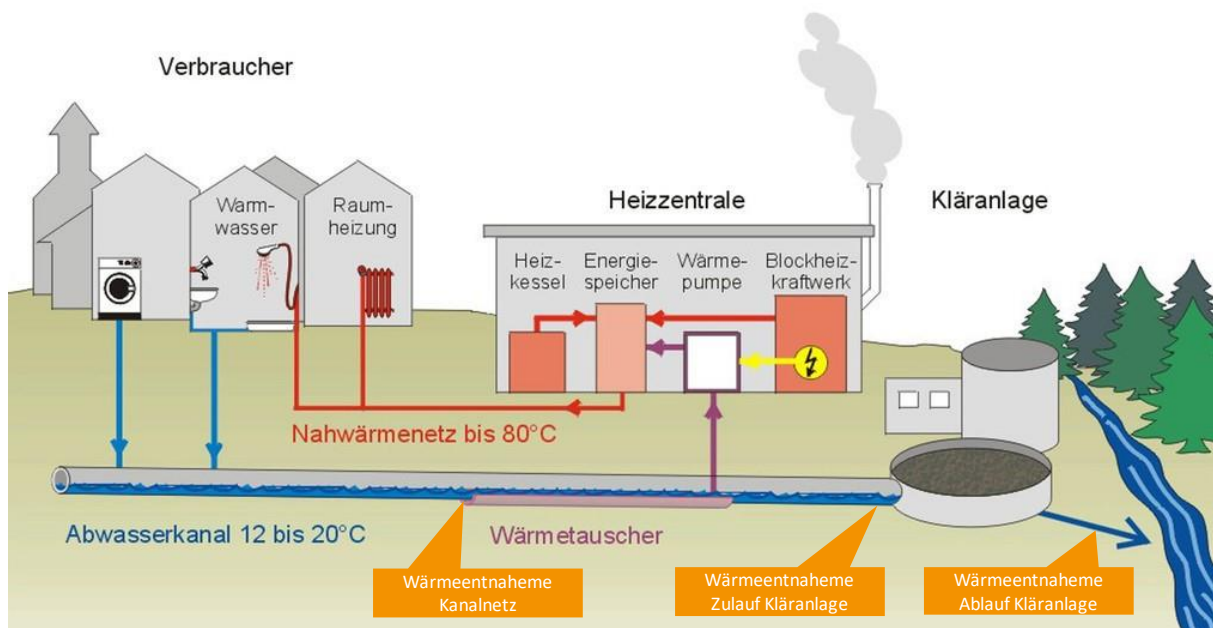


Abbildung 54: Technische Möglichkeiten des Wärmeentzugs aus Abwasser [12]

Die Erschließung kann technisch mit verschiedenen Systemen umgesetzt werden. Meist kommen zum Einsatz:

- Wärmetauscher, die nachträglich in bestehende Kanäle eingebaut werden
- in Kanalrohren werksseitig integrierte Wärmeübertrager
- Systeme mit Sonderbauwerken und außerhalb des Kanals angeordneten Wärmeübertragern

Kanalinterne Lösungen für Wärmetauscher erfordern einen größeren Eingriff in das Kanalnetz und bieten sich vor allem bei Neubau oder Sanierung/Austausch von Kanalabschnitten an. Um die biochemischen Prozesse in der Kläranlage nicht zu beeinträchtigen, gilt beim Abwasser die Vorgabe, dass das Abwasser in der Kläranlage eine Temperatur von mindestens 12 °C haben sollte. Dies ist auch ein elementarer Nachteil der Entnahme im unmittelbaren Kläranlagen-Zulauf. Bei einer Entnahme im Kanalnetz hat das Abwasser Zeit, um sich durch die Aufnahme der Erdwärme thermisch zu regenerieren. Es lässt sich mit einem Wärmeeintrag von etwa 0,01 K/m kalkulieren, der von der Erdtemperatur, der Kanalart und der Abwassertemperatur abhängt. Bei einer Entnahme im Kanalnetz kann mit einer Temperaturentnahme von 3 Kelvin kalkuliert werden, somit erreicht das Abwasser nach einigen hundert Metern (inkl. Sicherheitsabstand) wieder seine ursprüngliche Temperatur und eine erneute Wärmeentnahme wäre denkbar. Die genaue Abkühlung des Abwassers ist jedoch nicht auf 3 Kelvin begrenzt und wird in der Ausführung über die Dimensionierung des Wärmetauschers bestimmt. Diese Möglichkeit entfällt im unmittelbaren Zulauf der Kläranlage und es sollte maximal eine Temperatur von 0,5 Kelvin entnommen werden, um auch im Winter einen reibungslosen Klärprozess zu gewährleisten, der die Aktivität der Bakterien im Klärbecken nicht negativ beeinträchtigt.

Abbildung 55 zeigt die Rohrleitungen mit einer Dimensionierung ab DN800, sowie die Betriebsstellen Pumpwerk Kevelaer (mit vorliegenden Messdaten) und Kläranlage Kevelaer-Weeze. In der Abbildung wurde keine Unterscheidung der Kanalarten vorgenommen (i.S.v. Mischwasserkanal, Schmutzwasserkanal, etc.), da hierzu keine Daten vorliegen.

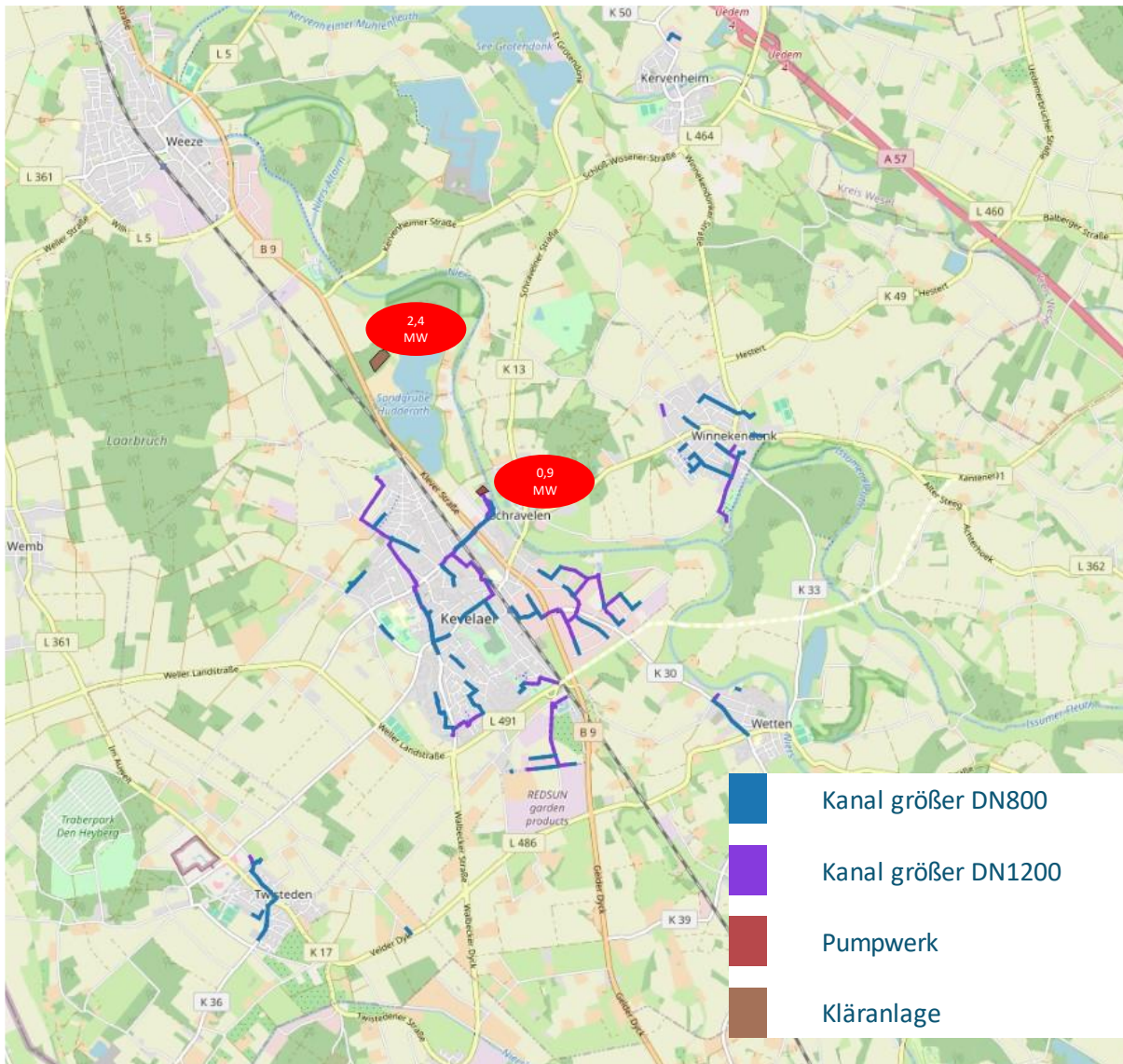


Abbildung 55: Darstellung des Kanalnetzes in Kevelaer mit >DN800 sowie Betriebsstätten

Wärmeentnahme Kanalnetz

Das Abwassernetz in Kevelaer befindet sich im Besitz der Stadtwerke. Um ein konstante Wärmegewinnung zu gewährleisten, wird ein konstanter Durchfluss, der sogenannte Trockenwetterabfluss, benötigt. Regenwasserkanäle eignen sich somit nur sehr bedingt für eine Wärmeentnahme und es sollte auf Misch- oder Schmutzwasserkanäle zurückgegriffen werden. Zu

den Durchflussmengen in den Kanalabschnitten liegen keine Daten seitens der Stadtwerke vor. Näherungsweise lassen sich aber folgende Grundannahmen treffen:

Rohrdimensionierung		Übliche Fließmenge
Freispiegel	Druckleitung	
≥ 800 mm	≥ 400 mm	≥ 20 l/s
≥ 1200 mm	≥ 600 mm	≥ 50 l/s

Tabelle 5: Orientierungswerte für Volumenströme in Abwasserkanälen

Für die Entnahme aus dem Netz sollten Leitungen betrachtet, die innerhalb des Stadtgebietes in guter Anbindung zum potenziellen Leitungsverlauf eines Wärmenetzes liegen. Auch hier gilt, möglichst kurz Leitungswege von Wärmequelle zum Netz zu realisieren. Die mögliche Wärmeleistung errechnet sich aus der bereits in Kapitel 4.2 dargelegten Formel:

$$P_{\text{Wärme}} = c_p \cdot \rho_{\text{Wasser}} \cdot \text{Fließmenge} \cdot \Delta T$$

Auf Grundlage verschiedener Herstellerangaben und Erfahrungswerten liegen übliche Temperaturabsenkung mittels Wärmetauscher bei 3 Kelvin. Es gilt die spezifischen Wärmekapazität c_p von 4,19 kJ/kg·K des Wassers und eine Dichte ρ_{Wasser} von 1 kg/l. Daneben ist zu beachten, dass die technisch mögliche Entzugsleistung auch vom Wärmetauscher abhängt. Vor allem die Größe und Bauweise des Wärmetauschers hat einen hohen Einfluss.

Entscheidend für die Auswahl und Bewertung eines Entnahmepunktes sind:

- Große Rohrdimensionierung für hohe Fließmengen bzw. hohe Wärmeleistung
- Geografische Nähe zu möglichem Wärmetrassenverlauf
- Nahgelegene Freifläche oder Kellerräume (z.B. kommunaler Gebäude) für das Aufstellen der Wärmepumpe
- Genug Abstand zum nächsten Entnahmepunkt zwecks Temperaturregeneration (mehrere hundert Meter)

Eine enge Abstimmung mit den Stadtwerken wäre nötig, um geeignete Entnahmepunkt entsprechend zu identifizieren. Konzentriert man sich auf Kanäle mit Fließmengen ab 20 l/s, so

sind bei Temperaturabsenkungen des Abwassers von 3 Kelvin Entzugsleistungen (bzw. Quellleistung) von 250 kW und 658 kW möglich. Die Obergrenze von 658 kW ergibt sich aus den Volumenströmen, die für das Pumpwerk Kevelaer vorliegen, da dort das gesamte Abwasser des Stadtteils Kevelaer zusammenfließt. Für die übrigen Stadtteile ist aufgrund ihrer geringeren Einwohnerzahl mit weniger Durchflussmengen und entsprechend weniger Quellleistung zu rechnen. Letztlich hängt die Entzugsleistung auch maßgeblich von der Leistungsfähigkeit des Wärmetauschers ab und muss mit dem Wärmetauscher-Hersteller geplant werden.

Legt man weiterhin eine JAZ = 4 einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe zugrunde ergeben sich für die genannten Entzugsleistungen pro Entnahmestelle eine Wärmeleistung zwischen 330 – 900 kW und bei mit 6000 Vollbenutzungsstunden im Jahr jährliche Wärmemengen zwischen **1,5 – 5,4 GWh/a**. Eine genaue Quantifizierung des Gesamtwärmpotenzials des Kanalnetzes kann aufgrund der möglichen Mehrfachentnahme im Kanalnetz nicht gegeben werden.

Bei Schmutzwasser kommt es je nach Wärmetauscherbauweise zur Bildung eines Biofilms, der eine Leistungsminderung bewirkt. Eine regelmäßige Reinigung ist erforderlich. Bei Mischwasserkanälen bildet sich der Biofilm erst nach 3 Wochen ohne Regen und wird beim nächsten Regen wieder weggewaschen. Um der zwischenzeitlichen Leistungsminderung entgegenzuwirken, überdimensionieren manche Hersteller die Tauscher bewusst um 30-40%. Dies erhöhte die Investitionskosten.

Im Falle einer konkreten Absicht zur Abwasserwärmenutzung aus dem Kanalnetz würden sowohl Volumenströme als auch Temperaturverläufe für jeden potenziellen Entnahmepunkt exakt bestimmt werden müssen. Die Messungen können vom Hersteller der Wärmetauscher vorgenommen werden, der gleichzeitig eine technische Bewertung zur Standorteignung, Auslegung der Wärmetauschergröße und Investitionskostenschätzung vornimmt. Messungen werden typischerweise im Winter über einen Zeitraum von 2 Wochen vorgenommen und schlagen mit ca. 1.500 € pro Messpunkt zu Buche.

Außer in Kervenheim existieren in allen Stadtteilen von Kevelaer Kanäle ab Durchmesser DN 1200. Aufgrund ihrer verhältnismäßig höheren Einwohnerzahl ist vor allem in den Stadtteilen Kevelaer Stadt und Winnekendonk mit ausreichend hohen Volumenströmen zu rechnen. Messpunkte sollten dort an den großen Kanälen ab DN1000 priorisiert werden, insofern es keine bereits bekannten baulichen Restriktionen gibt.

Wärmeentnahme Kläranlagen-Zulauf (Pumpwerk Kevelaer)

Die Betriebsstelle Pumpwerk Kevelaer befindet sich im Besitz des Niersverbands. Für das Pumpwerk Kevelaer, welches das gesamte Abwasser des Stadtteils Kevelaer sammelt und an die etwa 2 Kilometer entfernte Kläranlage Kevelaer-Weeze weiterpumpt, liegen Fließmengen vor. Eine Wärmeentnahme am Pumpwerk Kevelaer bietet im Vergleich zur Entnahme am Klärwerk den Vorteil, dass es in unmittelbarer geografischer Nähe zum Wärmebedarf potenzieller Abnehmer liegt. Auf Basis der Durchflussdaten wurde ein Trockenwetterabfluss mit einer Entnahme von 3 Kelvin als Wärmepotenzial simuliert. Daraus ergibt sich ein Quellwärmepotenzial von 658 kW. Zusammen mit der elektrischen Leistung der Wärmepumpe bei einer Jahresarbeitszahl = 4 ergibt sich eine Wärmeleistung von etwa 900 kW bzw. bei unterstellten 6000 Vollbenutzungsstunden eine jährliche Wärmemenge von **5,4 GWh/a**. Wie beim Kanalnetz gilt, dass im Falle einer konkreten Nutzungsabsicht konkrete Messungen vorgenommen werden müssten. Eine Wärmeentnahme am Pumpwerk in Kombination mit Wärmeentnahmen im Kanalnetz oder am Kläranlagen-Auslauf ist nicht ausgeschlossen. Zu berücksichtigen sind dabei die o.g. Sicherheitsabstände zur Temperaturregeneration des Abwassers.

Kläranlagen-Ablauf

Auch die Betriebsstelle Klärwerk Kevelaer-Weeze befindet sich im Besitz des Niersverbands. Die Erschließung des geklärten Abwassers im Auslauf der Kläranlage (auch Klarwasser genannt) ist technisch leichter zu lösen und für Großwärmepumpen zur Fernwärmeversorgung interessant, da alle Abwasser die einer Kläranlage aus verschiedenen Sammlerkanälen zufließen an einer Stelle gebündelt wieder aus der Kläranlage herausfließen. Es handelt sich somit um den höchstmöglichen Volumenstrom. Das geklärte Abwasser bietet durch den hohen Volumenstrom sowie geringere Einschränkungen der thermischen Abkühlung (keine Rücksicht auf Klär-Bakterienprozesse nötig) das größte Leistungspotenzial. Da es sich um Klarwasser handelt, bildet sich weniger Biofilm auf dem Wärmetauscher.

Eine Entnahme im Kanalnetz oder am Pumpwerk hingegen bietet mit der geografischen Nähe zur potenziellen Wärmeabnahme häufig einen nicht zu unterschätzenden Vorteil, da eine teure Anbindung an ein Fernwärmenetz bei Kläranlagen, welche in der Regel außerhalb der Siedlungsgebiete liegen, vermieden wird.

Zur Berechnung des Wärmepotenzials im Zuge der kommunalen Wärmeplanung hat der Niersverband gemessene Volumenströme und Temperaturverläufe der vergangenen drei Jahre bereitgestellt. Bei Wiedereinlassung in die Niers wird angenommen, dass eine minimale

Wassertemperatur von 1 °C eingehalten werden muss, wie bereits in Kapitel 4.2.2.2 dargelegt. Aufgrund der im Vergleich zum Gesamtdurchfluss in der Niers geringen Einleitungsmenge, kann die Gesamtabkühlung der Niers vernachlässigt werden, selbst wenn im Sommer kälteres Wasser eingeleitet wird. Eine Wärmeentnahmesystem könnte so ausgelegt sein, dass dem Abfluss der Kläranlage ganzjährig konstant 7 Kelvin entnommen werden. Die in den letzten drei Jahren gemessene Niedrigsttemperatur im Kläranlagenablauf liegt bei 9 °C, womit eine Wiedereinlasstemperatur von 2 °C in die Niers gewährleistet wäre. Für den Kläranlagenablauf ergibt sich ein Potential von 2400 kW Entzugsleistung bzw. Quelleistung. Zusammen mit der elektrischen Leistung einer Wärmepumpe bei einer Jahresarbeitszahl JAZ = 4 ergibt sich eine Wärmeleistung von 3200 kW sowie bei unterstellten 6000 Vollbenutzungsstunden eine jährliche Wärmemenge von über **19 GWh/a**.

Die dargelegten Aspekte für die verschiedenen Möglichkeiten zur Wärmentnahme sind hinsichtlich Vor- und Nachteilhaftigkeit in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Dabei soll erwähnt werden, dass sich die Nutzungsarten nicht grundsätzlich ausschließen und kombiniert werden können.

	Kanalnetz	Pumpwerk	Zulauf Kläranlage	Auslauf Kläranlage
Volumenströme	-	+	++	++
Wärmeleistung (unter Berücksichtigung Volumenstrom & zulässige Temperaturabsenkung)	+	+	0	++
Genehmigungsaufwand	++	++	+	-
Leistungsminderung durch Biofilm	-	-	-	++
Nähe zu Wärmeabnahme	++	+	--	--
Erschließungsaufwand	-	+	+	++

Tabelle 6: Qualitative Bewertung der Entnahmearten von Abwasser

Das Potential Abwasserwärme wird als theoretisches und technisches Potential eingestuft, mit einer hohen Bedeutung für die Wärmeversorgung in Kevelaer. Pro Entnahmepunkt im Kanalnetz wird eine Wärmemenge von **1,5 – 5,4 GWh/a** geschätzt. Am Pumpwerk bzw. Kläranalgen Zulauf wird von ca. **5 GWh/a** Wärme ausgegangen. Am Kläranalgen Ablauf könnten mitunter

19 GWh/a Wärme gewonnen werden. Alle Werte müssten im Rahmen von dezidierten Temperatur-Messungen und technischen Auslegungen für Wärmetauscher und Wärmepumpen verifiziert werden.

4.2.3 Solarthermie

In vielen Wärmenetzsystemen kann Solarthermie in Abhängigkeit regionaler Gegebenheiten ein passender Baustein für die zukünftige Wärmeerzeugung sein. Typischerweise werden dabei Flachkollektoren oder Vakuum-Röhrenkollektoren zur Gewinnung der Wärme eingesetzt. Die günstigeren Flachkollektoren weisen i.d.R. mit jährlich 340 – 450 kWh/m² Bruttokollektorfläche niedrigere spezifische Wärmeerträge gegenüber den kostenintensiveren Vakuum-Röhrenkollektoren mit jährlich 400 – 540 kWh/m² auf.

In Kombination mit weiteren Erzeugeranlagen können Solarthermie-Anlagen auch in den Rücklauf eines Netzes einspeisen, was eine flexible Einspeisefahrweise in Vor- oder Rücklauf je nach Jahreszeit ermöglicht. Die Kombination mit Speichertechnologien rundet die Einsatzmöglichkeiten von Solarthermieanlagen für Fernwärmenetze ab. Zusammenfassend bieten sich folgende Vor- und Nachteile für die Wärmeerzeugung mittels solarthermischer Anlagen:

Vorteile

- Solarthermieanlagen sind integrierbar in bestehende Strukturen
- Ressourcenschonend
- Preisstabilität und niedrige Energiekosten
- Hohe Effektivität bei zukünftig prognostizieren, niedrigen Wärmenetztemperaturen

Nachteile

- Saisonale Erzeugung (hauptsächlich Sommer)
- Flächenintensivität
- Flächenkonkurrenz (Landwirtschaft, PV-Anlagen)

4.2.3.1 Freiflächenanlagen

Die Wallfahrtsstadt Kevelaer hat zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Wärmeplans keine Freiflächen für die Nutzung von Solarthermie ausgewiesen. Solarthermie steht in direkter Flächenkonkurrenz zu Photovoltaik, es sei denn, man zieht eine Kombination der beiden Solarenergienutzungsarten im Rahmen von Hybridkollektoren / Photo-Voltaik-Thermie-Kollektoren

(PVT) in Betracht. Für die Nutzung in großen Freiflächenanlagen (welche als EE-Technologie für die Einspeisung in ein Wärmenetz relevant sind) eignet sich die Technologie aktuell noch nicht, sollte aber in seiner weiteren Entwicklung beobachtet werden.

In dem am 01.06.2023 vom Ausschuss für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung des Rates der Wallfahrtsstadt Kevelaer beschlossenen Konzept für die Zulassung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PVFFA) in Kevelaer wird die Gesamtfläche der Acker- und Grünlandflächen in Kevelaer angegeben mit 6.702 ha, d.h. 66,6 % des Stadtgebietes. Für den Ausbau von PVFFA ist das kumulierte Maß auf landwirtschaftlichen Flächen in Kevelaer aktuell auf 80 ha begrenzt, also 1,2 % der landwirtschaftlichen Fläche. Darin sind auch die durch das „Gesetzes zur sofortigen Verbesserung der Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien im Städtebaurecht“ privilegierten Flächen entlang der Autobahn A57 berücksichtigt.

Unter Berücksichtigung der Flächenkonkurrenz zwischen PV und Solarthermie ließe sich als Näherung zur Ermittlung des technischen Potentials für Solarthermie in Kevelaer von den o.g. 80 ha ausgehen. Für das wirtschaftliche Potential kommen jedoch nur Flächen in Betracht, welche in unmittelbarer Nähe zu künftigen Wärmenetzen liegen, um lange Transportleitungswege und die damit verbundenen hohen Investitionen und Wärmenetzverluste zu vermeiden. Die privilegierten Flächen entlang der Autobahn A57 können daher ausgeschlossen werden. Weitere Flächen (z.B. Agrar- oder Grünflächen) müssten stets unter dem o.g. Aspekt der Nähe zu möglichen Wärmesenken bewertet werden. Darüber hinaus müssten zur Beurteilung von Anträgen zur Einleitung der Bauleitplanverfahren sicherlich dieselben Maßstäbe angelegt werden wie im beschlossenen Konzept für die Zulassung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PVFFA) in Kevelaer. Dazu gehört auch die Beachtung von Wasser und Heilquellenschutzgebieten, wie in Abbildung 44 dargestellt.

Um eine Einschätzung für evtl. zukünftig verfügbare Freiflächen zu geben, wird anhand einer Beispielfläche das Solarthermiepotenzial kalkuliert.

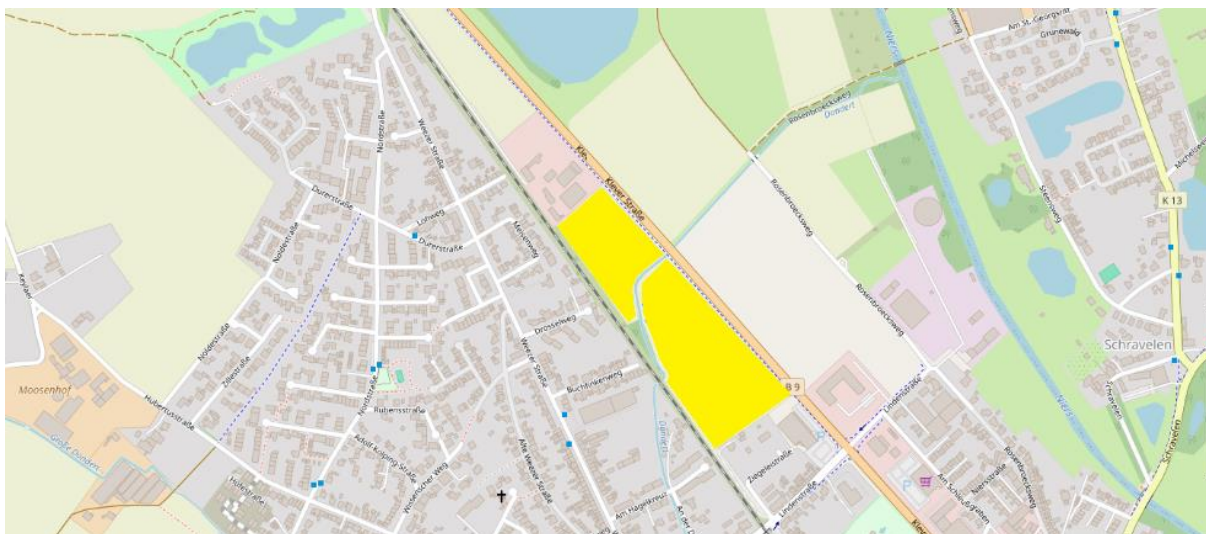


Abbildung 56: Beispiel Freifläche Solarthermie

Die dargestellte Fläche beträgt ca. 5,9 ha. Bei einem kalkulierten Aufstellfaktor von 35 % (Referenzwert auf Grundlage großer Freiflächenanlagen) ergibt sich daraus eine Bruttokollektorfläche von ca. 2 ha. Abhängig davon, ob Flach- oder Röhrenkollektoren gewählt werden, ergeben sich daraus die in der folgenden Tabelle dargestellten jährlichen Wärmemengen. Dabei wurde zwischen Mindesterträgen und üblichen Erträgen unterschieden. Es zeigt sich, dass Röhrenkollektoren mehr Energieausbeuten generieren, jedoch sind die Investitionskosten für Röhrenkollektoren entsprechend höher. Als Quelle für den spezifischen Wärmeertrag wurde der AGFW Praxisleitfaden Solarthermie [13] genutzt.

Annahmen und Berechnungsgrundlagen		
Flächenberechnung		
Grundrissfläche	59.000 m ²	
Eignungsfaktor	35%	
Mögliche Bruttokollektorfläche	20.000 m ²	
Spezifischer Wärmeertrag		Energiepotenzial
		Mögliche Erzeugung
Flachkollektoren _{min}	328 kWh/m ² Brutto	6,6 GWh/a
Flachkollektoren	410 kWh/m ² Brutto	8,2 GWh/a
Röhrenkollektoren	456 kWh/m ² Brutto	9,2 GWh/a
Röhrenkollektoren _{max}	548 kWh/m ² Brutto	11,0 GWh/a

Tabelle 7: Mögliche Energiemengen für eine Freiflächen Solarthermieanlage [13]

Es bleibt zu wiederholen, dass das o.g. Wärmepotential in Kevelaer aufgrund aktuell nicht verfügbarer Freiflächen als Beispiel zu verstehen ist.

Solarthermische Anlagen eignen sich aufgrund ihrer saisonalen Wärmeerzeugung im Sommer nicht für den monovalenten Betrieb von Wärmenetzen. Da die höchsten Erträge der Solarthermie dann anfallen, wenn das Wärmenetz die geringste Einspeisung benötigt, ist in der Regel eine Beschränkung der Erzeugungsmengen auf 10-20% des jährlichen Gesamtwärmebedarfs des Netzes sinnvoll.

Aufgrund der genannten Punkte wird Freiflächensolarthermie als theoretisches und technisches Potential eingestuft, jedoch mit einer geringen bis mittleren Bedeutung für die Wärmeversorgung in Kevelaer.

4.2.3.2 Dachflächenanlagen

Wie bereits beschrieben, konkurrieren Solarthermie und Photovoltaik um dieselben Flächen. Es kann sinnvoll sein, Flächen nahe dem bestehenden und zukünftigen Fernwärmenetz der Solarthermie vorzuhalten, da die Entfernung zum Fernwärmenetz ein treibender Kostenfaktor für solarthermische Anlagen darstellt. Für die Abschätzung des gesamten solarthermischen Potenzials kommen daher die Dachflächen innerhalb des Stadtgebietes in Betracht. Zusätzlich kann durch Anbindung an das Wärmenetz auf Frostschutzmittel oder externe Wärmeerzeuger verzichtet werden. Die Wärmemenge zum Schutz vor Gefrieren beträgt rund 1% der jährlich bereitgestellten Wärmemenge und kann aus dem Netz bereitgestellt werden.

Als Grundlage für die nutzbaren Gesamtdachflächen werden die Daten des Solarkatasters NRW [14] [15] herangezogen. In der folgenden Abbildung sind beispielhaft die im Stadtteil Twisteden geeigneten Dachflächen für Solarthermie in hellgrün dargestellt.

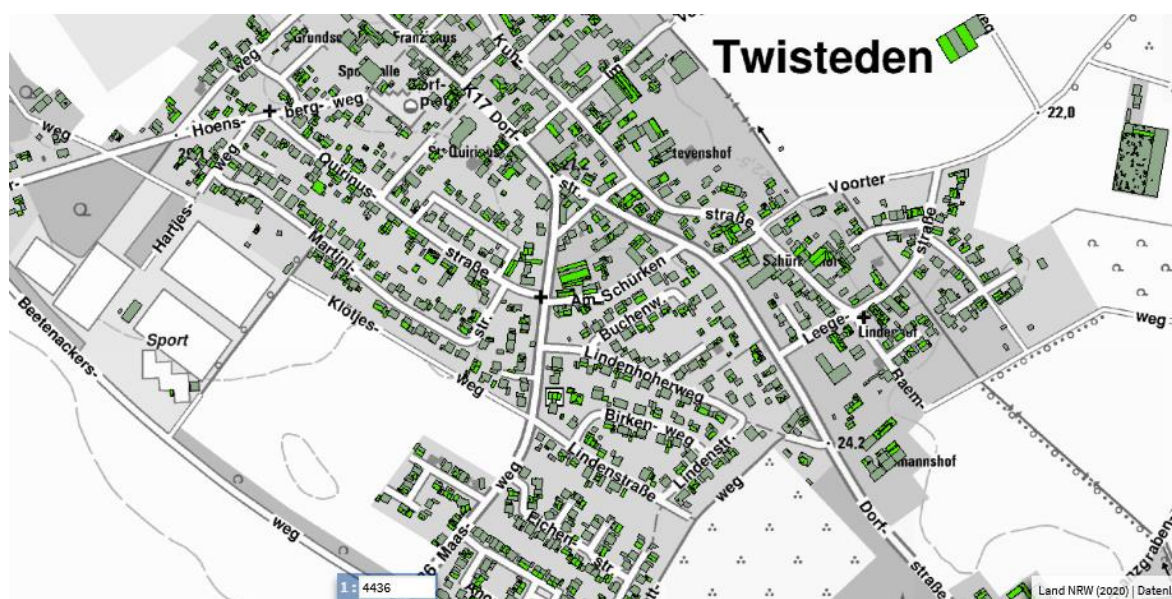


Abbildung 57: Geeignete Dachflächen für Solarthermie in Kevelaer-Twisteden

Vom Solarkataster NRW sind für Kevelaer 86,5 ha Dachfläche als geeignet eingestuft. Geeignete Dachflächenbereiche verfügen über eine Strahlungsenergie von 800 Kilowattstunden pro Quadratmeter pro Jahr. Für die Nutzung thermischer Anlagen wurde bei geeigneten Dächern eine Mindestflächengröße von fünf Quadratmetern zugrunde gelegt. Flachdächer müssen bei Aufständigung der Module mindestens 12,5 Quadratmeter für die Solarthermie-Nutzung aufweisen. Daraus ergeben sich die im Folgenden dargestellten Wärmemengenpotentiale. Als Quelle für den spezifischen Wärmeertrag wurde auch hier der AGFW Praxisleitfaden Solarthermie [13] genutzt.

Annahmen und Berechnungsgrundlagen			
Flächenberechnung			
Geeignete Dachflächen	865.000 m ²		
Aufstellungsfaktor	35 %		
Daraus folgende Bruttokollektorfläche:	302.750 m ²	Energiepotenzial	
Spezifischer Wärmeertrag		Bei 100% Dachflächennutzung	Bei 10% Dachflächennutzung
Flachkollektoren - Min	328 kWh/m ² Brutto	99 GWh/a	9,9 GWh/a
Flachkollektoren - Basis	410 kWh/m ² Brutto	124 GWh/a	12,4 GWh/a
Röhrenkollektoren - Basis	456 kWh/m ² Brutto	138 GWh/a	13,8 GWh/a
Röhrenkollektoren - Max	548 kWh/m ² Brutto	166 GWh/a	16,6 GWh/a

Tabelle 8: Mögliche Energiemengen für Dachflächensolarthermie in Kevelaer [13]

Dachflächensolarthermie eignet sich vor allem für die Einzelversorgung von Gebäuden in der warmen Jahreszeit. Für die Einspeisung in eine Wärmenetz ergeben sich hohe Investitionskosten (Anlage plus Fernwärmeanschluss) und ein nur kaum zu bewältigender Steuerungsaufwand der Anlagen für den Netzbetrieb. Im Unterschied dazu ist die Einspeisung von PV-Strom einfacher: die Investitionen sind geringer, da ein Stromanschluss in der Regel bereits existiert. Bei Thema Wärmeversorgung stellt sich die Frage zwischen Einzelversorgung oder Fernwärmeanschluss. Beides zu realisieren wäre nicht wirtschaftlich. Aufgrund seiner nur saisonalen Verfügbarkeit im Sommer ist die Solarthermie als Versorgungsoption in Kevelaer nicht zu priorisieren. Dennoch handelt es sich sowohl um ein theoretisches als auch technisches Potential.

4.2.4 Abwärme aus Industrie, Gewerbe bzw. öffentlicher Liegenschaften

Unvermeidbare Abwärme, die oft als ein unerwünschtes Nebenprodukt verschiedener industrieller Prozesse betrachtet wird, kann einen bedeutenden Beitrag zur Wärmewende leisten. Durch effiziente Nutzungstechnologien kann diese Abwärme vor allem in Wärmenetzen in nutzbare Energie umgewandelt werden. In Abhängigkeit des Wärmeträgermediums und des Temperaturniveaus der anfallenden Abwärme kann diese ohne weiteres direkt in ein Wärmenetz eingespeist oder über eine hocheffiziente Wärmepumpe für ein Wärmenetz nutzbar gemacht werden. Auch eine Direktnutzung in Abwärme verursachenden Unternehmen ist möglich. Diese Praxis reduziert nicht nur den Energieverbrauch und die damit verbundenen Kosten, sondern verringert auch die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und mindert somit den CO₂-Ausstoß. Die Integration von Abwärme in die Energieversorgung trägt daher nicht nur zur Verbesserung der Energieeffizienz bei, sondern unterstützt auch die Ziele der Wärmewende in Kevelaer, indem sie einen nachhaltigen Weg zur Wärmebereitstellung bietet.

Zum 18.11.2023 ist das Energieeffizienzgesetz (EnEfG) in Kraft getreten, welches auch die Schaffung einer Plattform für Abwärme vorsieht. Die Plattform für Abwärme schafft erstmals eine Übersicht zu gewerblichen Abwärmepotenzialen in Deutschland. Ziel ist es, diese Abwärme nutzbar zu machen und damit die Energieeffizienz in Deutschland zu steigern. Dafür werden die Abwärmemengen von Unternehmen mit einem Gesamtenergieverbrauch von mehr als 2,5 Gigawattstunden pro Jahr auf einer öffentlichen Plattform erfasst und für Unternehmen vor Ort sichtbar gemacht. Die Plattform für Abwärme wird gemäß §17 Abs. 2 EnEfG durch die Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) im Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) umgesetzt. Gemäß §§ 17 Absatz 2 Satz 1 i.V.m. 20 Absatz 4 EnEfG sind Unternehmen verpflichtet, unabhängig vom Vorliegen einer konkreten Anfrage Informationen zu anfallender Abwärme an die BfEE bis zum 1. Januar 2024 und danach bis zum 31. März eines jeden Jahres zu übermitteln und die übermittelten Informationen bei Änderungen unverzüglich zu aktualisieren. Allerdings ist die genannte Frist durch das BMWK zunächst bis zum 01.01.2025 ausgesetzt. Danach müssen folgende Informationen übermittelt werden.







-  1. Name des Unternehmens,
-  2. Adresse des Standortes oder der Standorte, an dem die Abwärme anfällt,
-  3. die jährliche Wärmemenge und maximale thermische Leistung,
-  4. die zeitliche Verfügbarkeit in Form von Leistungsprofilen im Jahresverlauf,
-  5. die vorhandenen Möglichkeiten zur Regelung von Temperatur, Druck und Einspeisung,
-  6. das durchschnittliche Temperaturniveau in Grad Celsius.

Abbildung 58: Inhalte der Plattform für Abwärme nach Energieeffizienzgesetz

Der Wallfahrtsstadt Kevelaer und zukünftigen Wärmenetzbetreibern wird somit angeraten, neben der vorliegenden Analyse die Plattform für Abwärme zu Koordination und zur Kontaktaufnahme mit potenziellen Abwärmelieferanten zu nutzen.

In Kevelaer lassen sich zwei hauptsächliche Abwärmequellen unterscheiden: Abwärme aus den zahlreichenden Gartenbaubetrieben sowie Abwärme aus Industrie und Gewerbe. Wie bereits in Kapitel 2.1 erläutert, wurden zur Erhebung der Abwärmepotenziale in Kevelaer Fragebögen an 751 Betriebe versendet. 49 meldeten das nicht Vorhandensein von Abwärmepotenzialen. Lediglich 27 Fragebögen wurden zurückgesendet, davon waren 12 auswertbar.

Hier gaben nur 2 Industriebetriebe an, Abwärmepotenziale zu besitzen. Während der eine Betrieb diese für die eigene Raumheizung nutzt, gab der andere Betrieb eine Schätzung zur jährlich anfallenden Abwärmemenge in Höhe von **6,8 GWh** an, mit einer konstanten zeitlichen Verfügbarkeit. Eine prinzipielle Bereitschaft zur Auskopplung der Wärme besteht seitens des Unternehmens, ist aber laut Angabe im Fragebogen mit einem hohen Auskopplungsaufwand verbunden. Vorteilhaft ist, dass sich der Betrieb im östlichen Industriegebiet der Wallfahrtsstadt Kevelaer befindet und somit eine gute Nähe zu einer Wärmesenke besitzt. Eine eingehende technische Untersuchung dieses Abwärmepotenzials sollte vorgenommen werden.

Es handelt sich um ein theoretisches und technisches Potential mit mittlerer Bedeutung für die Wärmeversorgung in Kevelaer.

4.2.5 Biomasse

Im Kontext der erneuerbaren Energien versteht man unter Biomasse alle organischen Stoffe, die für die Energiegewinnung genutzt werden können. Diese können aus der Land- und Forstwirtschaft sowie aus der Abfallwirtschaft (Gewerbe, Kommune, private Haushalte) stammen. Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie in Form von Energiepflanzen, Holz oder Reststoffen wie etwa Stroh, Biomüll oder Gülle. Bioenergie ist unter den Erneuerbaren Energieträgern der „Alleskönner“: Sowohl Strom, Wärme als auch Treibstoffe können aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse gewonnen werden. Da Biomasse rund um die Uhr verfügbar und flexibel einsetzbar ist, kann ihr eine bedeutende Rolle bei der Wärmeversorgung auf Basis Erneuerbarer Energien zukommen. Besonders im Winter, wo viele der anderen Umweltquellen nicht zur Verfügung stehen, kann die Biomasse sinnvoll eingesetzt werden.

Feste Biomasse in holzartiger Form wird meist in Biomasseheizkesseln verfeuert. Anderweitige feste und flüssige Biomassen z.B. auf pflanzlicher oder tierischer Basis (Maissilage, Grassilage, Rindergülle, Hühnermist etc.) werden zu gasförmiger Biomasse umgewandelt, wozu Biogasanlagen benötigt werden. Es lässt sich in Blockheizkraftwerken (KWK-Anlage) zur Strom- und Wärmeproduktion verwenden oder in Biogaskesseln zur reinen Wärmeproduktion. Letztere sind vor allem zur Deckung von Spitzenlasten in Wärmenetzen von hoher Bedeutung. Alternativ kann Biogas in einem chemischen Prozess zu sog. Biomethan veredelt werden, welches sich in bestehende Gasnetze einspeisen lässt.

In den letzten Jahren ist die Diskussion über den Einsatz von Biomasse als erneuerbare Energien und nachhaltige Wärmequellen immer präsenter geworden. Biomasse wird dabei oft als vielversprechende Alternative zu fossilen Brennstoffen vor allem im ländlichen Raum mit einer hohen Biomasseverfügbarkeit gepriesen. Jedoch ist der Einsatz von fester Biomasse im innerstädtischen Bereich nicht frei von Kritik und Herausforderungen. Diese Kritikpunkte sollen zunächst aufgefasst werden, bevor der Einsatz von Biomasse in der Kevelaerer Wärmeversorgung diskutiert wird.

Luftverschmutzung und Gesundheitsrisiken: Biomasseanlagen, insbesondere Holzfeuerungen, setzen bei der Verbrennung Partikel und Schadstoffe frei, die die Luftqualität in städtischen Gebieten erheblich beeinträchtigen können. Feinstaub, Kohlenmonoxid und flüchtige organische Verbindungen können zu Atemwegsproblemen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und anderen Gesundheitsproblemen führen. Besonders für Menschen mit Atemwegs- oder Herzproblemen können diese Emissionen schwerwiegende Folgen haben.

Lärm- und Geruchsbelästigung: Biomasseanlagen können auch zu Lärm- und Geruchsbelästigungen führen, die das Wohlbefinden und die Lebensqualität der Anwohner beeinträchtigen. Der Betrieb von Biomasseanlagen kann zu kontinuierlichem Lärm durch den Betrieb von Maschinen und Gebläsen sowie zu unangenehmen Gerüchen durch die Verbrennung von Biomasse führen. Eine Aufstellung in der Nähe zu dichtbesiedelten Gebieten sollte gerade bei Holzfeuerung vermieden werden oder zumindest darauf geachtet werden, dass die Hauptwindrichtung vor Ort die Rauchgase von den Gebieten wegträgt.

Platzbedarf und Logistik: Der Einsatz von Biomasseanlagen erfordert oft beträchtliche Mengen an Platz für die Lagerung von Brennstoffen wie Holzpellets oder Hackschnitzel. In innerstädtischen Gebieten, wo der Raum bereits begrenzt ist, kann dies zu Herausforderungen führen. Zusätzlich erfordern der Transport und die Logistik der Biomasse einen regelmäßigen Zustrom von Fahrzeugen, was den Verkehr und die Belastung der Straßeninfrastruktur erhöhen kann. Werkhöfe von Stadtwerken sind eine häufig eine gute Möglichkeit zur Aufstellung.

Konkurrenz zu anderen Nutzungen: Die Nutzung von Biomasse als Brennstoff kann auch mit anderen wichtigen städtischen Nutzungen konkurrieren, wie beispielsweise der Nutzung von Biomasse als Rohstoff für die Lebensmittelproduktion oder die biologische Vielfalt. Die intensive Nutzung von Biomasse für energetische Zwecke kann zu Konflikten mit der Nahrungsmittelproduktion oder der Erhaltung von Ökosystemen führen.

4.2.5.1 Feste Biomasse aus Agrar- und Waldflächen

Unter fester Biomasse können Potenziale des lokalen Energieholzaufkommens und Restholzaufkommens, beispielsweise aus Industrie oder Grüngutabfälle an Häckselplätzen zusammengefasst werden.

Auf dem Stadtgebiet Kevelaer liegen etwa knapp 62 ha Waldgebiet. Diese Gebiete befinden sich im Besitz der Wallfahrtsstadt Kevelaer. Die Wälder bestehen größtenteils aus Eiche, Kiefer und Buche. Nachhaltig können dem Wald jedes Jahr etwa 216 Erntefestmetern ohne Rinde (Efm. o.R.) entnommen werden, was bei einem gewichteten Brennwert der jeweiligen Holzarten von etwa 1,83 MWh/Efm einem Wärmepotenzial von knapp **0,4 GWh/a** entspricht.

Darüber hinaus befinden sich auf dem Stadtgebiet von Kevelaer noch weitere 120 ha Gehölzfläche. Genaue Zahlen zur Menge der anfallenden Grünabfälle liegen zum aktuellen Zeitpunkt nicht vor. Laut einer Studie [16] zur energetischen Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst beträgt die auf Grünflächen anfallende Menge Gehölzschnitt, Einheit hierfür ist Festmeter (FM), jährlich etwa 5 FM/ha. Dies entspricht einer Menge von insgesamt 600 FM

an Gehölzschnitt, was etwa einer Wärmemenge von ca. **0,84 GWh/a** entspricht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

	Jährliche Menge	Wärmpotenzial
Altholz	216 FM	0,4 GWh/a
Gehölzschnitt	600 FM	0,84 GWh/a
Gesamt	816 FM	1,24 GWh/a

Tabelle 9: Wärmpotenzial feste Biomasse

Wie man im nächsten Abschnitt sehen wird, sind die lokalen Potentiale aus fester Biomasse im Vergleich zu den gasförmigen Biomassepotentialen gering. Biomasseheizwerke sind in Kevelaer daher als nachgelagerte Option für künftige Wärmenetze zu sehen. Sollten sie dennoch in Betracht kommen, müsste entsprechende Holzhackschnitzel o.ä. aus überregionaler Produktion zugekauft werden.

Es handelt sich somit um ein theoretisches und technisches Potential, dass aufgrund seiner begrenzten (lokalen) Verfügbarkeit als gering eingeschätzt wird.

4.2.5.2 Gasförmige Biomasse aus lokaler Landwirtschaft

Bewertet man das Potential aus Biogas ist es einfacher nicht vom Wärmpotential, sondern vom Energiegehalt des Biogases zu sprechen. Das Wärmpotential ist abhängig davon, ob das Biogas in einem BHKW oder einem Spitzenlastkessel verfeuert wird. Moderne Biogas-BHKWs können ca. 50% des Biogas-Energiegehalts in Wärme umsetzen.

Zur Untersuchung des lokalen Potentials von gasförmiger Biomasse wurden insgesamt 17 landwirtschaftliche Betriebe nach deren Biomasse- und Biogaspotenzial mittels Fragenbögen befragt. Auch das Vorhandensein von eigenen Anlagen zur Herstellung von Biogas wurde abgefragt. Ausgangsstoffe sind in den meisten Fällen tierische Abfallprodukte, Exkremente und Gülle sowie pflanzliche (Abfall-)Produkte. Für die Berechnung der potentiellen Biogasmengen wurden für die verschiedenen Ausgangsstoffe die spezifischen Biogaserträge zugrunde gelegt.

Insgesamt 13 Betriebe gaben an, für die Biogasproduktion relevante Biomassen zu haben. 12 dieser Betriebe besitzen aktuell keine Biogasanlage. Ihre Biomassen werden derzeit nicht für die Biogasproduktion verwendet, ein Interesse zum Verkauf dieser Biomassen besteht jedoch

bei allen. Die Biomassen der 12 Betriebe summieren sich zu 37.000 t fester und flüssiger Biomasse pro Jahr. Dazu zählen Hühnermist, Rindergülle, Schweinegülle, sowie Silagen aus Gras & Mais. Insgesamt ließen sich daraus jährlich 1,464 Mio. Nm³ Biogas gewinnen. Geht man von 6 kWh Energiegehalt pro m³ Biogas aus ergibt sich daraus eine theoretische Energiemenge von **8,78 GWh/a**. Vier der befragten Firmen haben Interesse am Bau einer eigenen Biogasanlage, sie könnten damit ca. 5,4 GWh/a der 8,78 GWh/a produzieren. Der Bau einer gemeinschaftlichen Biogasanlage ist für drei Betriebe vorstellbar (davon zwei Betriebe, die auch eine eigene Anlage realisieren würden).

Biogasanlage Ruba Baers GmbH

Nur einer der 13 Betriebe besitzt und betreibt auf Kevelaerer Gemarkungsgebiet eine Biogasanlage. Sie produziert jährlich 2,3 Mio. Nm³, was ungefähr **13,8 GWh/a** Energiegehalt entspricht (in einem Biogas-BHKW lassen sich damit ca. **7 GWh/a** Wärme produzieren). Die selbstangebauten und verwendeten Ausgangsstoffe (hauptsächlich Mais & Getreide) machen somit über 60% des in Kevelaer vorhanden Biomassepotentials aus. Das Gas wird in einem eigenem BHKW umgesetzt. In der kalten Jahreshälfte wird die Wärme zur eigenen Heizung verwendet. In den Monate Dezember-Januar wird 100% der BHKW-Wärme selbst verbraucht, in den Monaten Okt, Nov, Feb, März, Apr ließen sich 25 % der Wärme auskoppeln. In den Monaten Mai-September wird die Wärme nicht genutzt. Für diesen Biogasanlagenbetreiber sind die Biomassen der übrigen Betriebe aus verschiedenen Gründen nicht verwendbar. Es besteht jedoch der Wunsch und die technische Möglichkeit, die jährliche Biogasproduktion auf 4 Mio. Nm³ zu erweitern. Aktuell wird dies durch §35 BauGB unterbunden. In Bezug auf die Weiterentwicklung der Anlage gab es Anfang 2022 bereits Kontakt zur Wallfahrtsstadt Kevelaer. Auch ein Gespräch mit der Bezirksregierung Düsseldorf über die weitere Vorgehensweise erfolgte. Das Ergebnis war, dass zunächst geprüft werden müsse, ob die Privilegierung nach § 35 BauGB für Außenbereichsvorhaben überhaupt entfallen würde. Ansonsten wurde eine Entwicklung gem. dem Ziel 2.3 des LEP NRW diskutiert. Seitens der Bezirksregierung lag vermutlich kein Veto vor, sondern ein Auftrag zur Prüfung, ob die Privilegierung beibehalten werden kann. Weitere Gespräche zwischen dem Betrieb, der Stadt und der Bezirksverwaltung Düsseldorf sollten dringend geführt werden. Das Energiepotential nur durch die Erweiterung der Biogasproduktion um 1,7 Nm³ beträgt ca. **10,2 GWh/a**, woraus sich mittels eines BHKW ca. **5 GWh/a Wärme** produzieren ließen. Auch die Installation eines sog. Satelliten-BHKWs in der Wallfahrtsstadt Kevelaer zur Einspeisung in ein künftiges Wärmenetz wäre für den Betrieb vorstellbar.

Addiert man die aktuelle Produktionsmenge mit dem Energiepotential durch Erweiterung, beträgt die Summe ca. **24 GWh/a**, was einem Anteil von 10% am aktuellen Gesamtwärmebedarf Kevelaers entspricht.

Biogasanlage Schloss Wissen, BHKW Freibad und Gebäudenetz

Außerhalb des Kevelaerer Gemarkungsgebiets betreibt das Schloss Wissen eine Biogasanlage mit einer Produktion von 5,3 Mio. Nm³/a. Eine Aufbereitung zu Biomethan erfolgt nicht. Über eine 4 km lange Biogasleitung wird damit ein Satelliten-BHKW am Schwimmbad Kevelaer betrieben, welche in ein vom Schloss Wissen betriebenes Gebäudenetz einspeist.

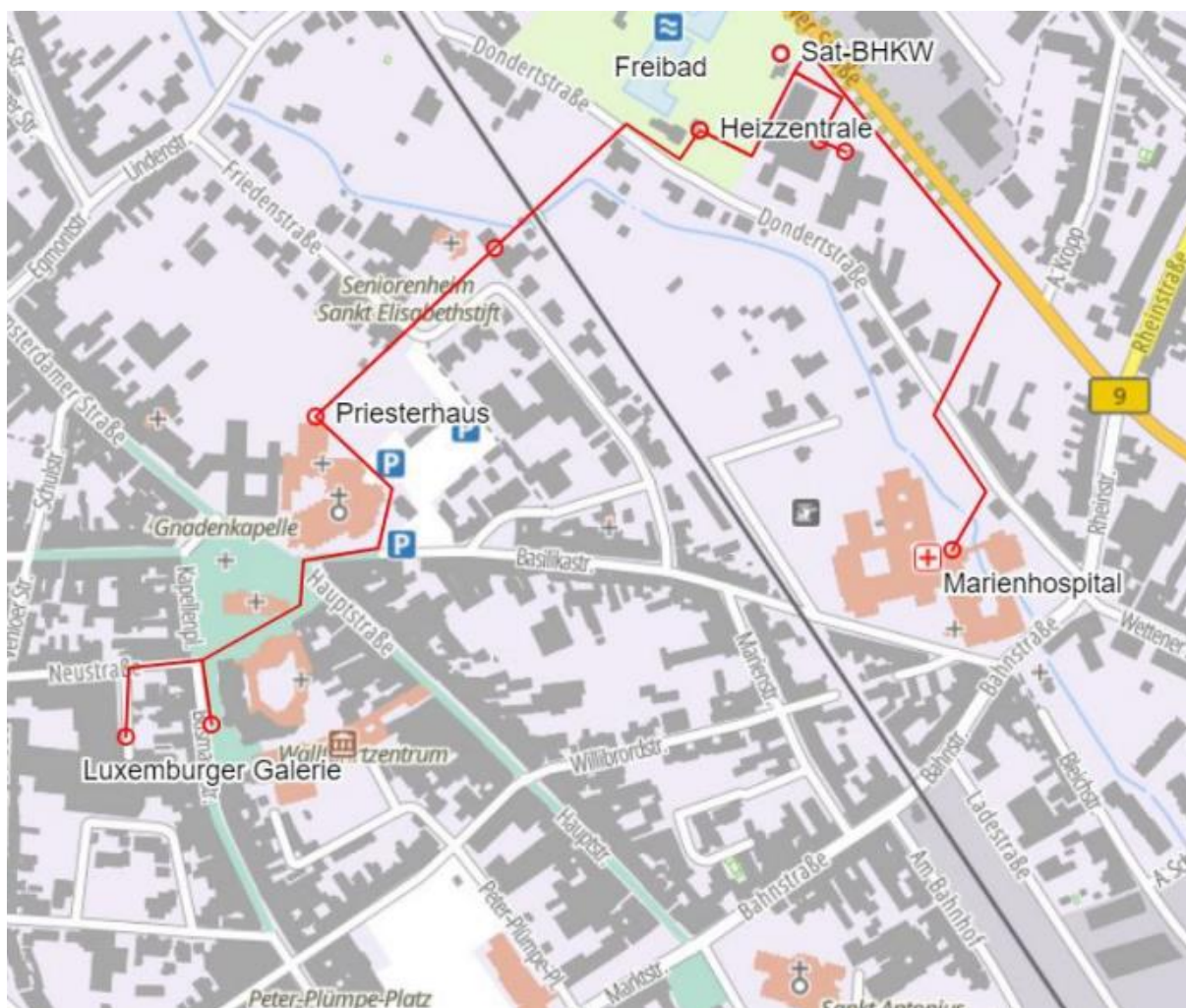


Abbildung 59: Trassenverlauf des Gebäudenetzes in Kevelaer. Quelle: Schloss Wissen

Weder in Kevelaer noch in Weeze werden Einzelobjekte mit Biogas beliefert. Bisher liegen keine Interessensbekundungen von Kunden für eine Biogaslieferung vor. Daher ist für das

Schloss Wissen nur das Thema Wärmeversorgung relevant (neben der Stromeinspeisung mittels des BHKWs). Die Aktuelle Gasproduktion deckt sich mit der genehmigter Anlagengröße. Der Bebauungsplan der Biogasanlage stößt aktuell an seine kapazitiven Grenzen, eine neue Flächennutzungsplanung wäre für eine Anlagenerweiterung nötig. Obwohl aufwendig, würde sie vom Betreiber bei Bedarf angegangen werden. Seitens der Gemeinde Weeze, auf dessen Gemarkungsgebiet die Biogasanlage des Schloss Wissens liegt, wurde bisher kein konkreter Wunsch geäußert, das Biomassepotential selbst zu nutzen. Lediglich wurde letztes Jahr angefragt zwecks Wärmelieferung für ein Industriegebiet, welches an das Schloss Wissen heranwachsen soll. Bisweilen ist nicht von einer Konkurrenz zur Wallfahrtsstadt Kevelaer auszugehen, jedoch wurde in Weeze noch keine kommunale Wärmeplanung erstellt. Darüber hinaus sollte erwähnt, dass das Land vollständig dem Betreiber und Inhaber gehört.

Wie erwähnt betreibt das Schloss Wissen ein Biogas-BHKW am Schwimmbad Kevelaer, welches in ein Gebäudenetz einspeist. Mit dem BHKW werden verschiedene Einrichtungen wie bspw. das Freibad, das Krankenhaus und das Priesterhaus mit Wärme versorgt. In Kevelaer wurden in den letzten 3 Jahren durchschnittlich insgesamt **5,5 GWh/a** Wärme bereitgestellt. Das BHKW besteht aus 3 Motoren mit einer thermischen Leistung von insgesamt 3.420 kW. Als Redundanz dient ein 750 m³ Pufferspeicher, es ist kein Spitzenlastkessel vorhanden. Die drei Motoren ermöglichen Wartung und Reparaturen bei anhaltendem Betrieb. Daneben sind Anschlüsse für Hot-Mobils vorhanden als Notfallkonzept.

Im vergangenen Winter lag die Auslastung des BHKWs bzgl. Wärme bei ca. 95%. Der Pufferspeicher hatte noch ca. 5% Kapazität übrig. Das BHKW fährt im Flexbetrieb, d.h. zu Strom-Spitzenzeiten wird hochgefahren, entsprechend kommt es zu Stillstandszeiten, auch für die Wärmeproduktion. Deshalb wurde der Wärmespeicher mit 750 m³ hinzugebaut, um eine durchgehende Wärmeversorgung zu sichern. In ihn wird mit ca. 85 °C eingespeist.

Bei dem Gebäudenetz handelt es sich gem. Anforderung des BEW um ein offenes Netz. Ab 2011 wurden die Wärmeleitungen zum Krankenhaus ausgebaut. Am Strang bis zum Priesterhaus sind 2-3 kleinere Häuser angeschlossen, da sie an der Ausbaustrecke zum Priesterhaus lagen. Neben der Heizzentrale liegen zwei weitere Privathaushalte als Abnehmer. Die Baumaßnahme in den letzten 2 Jahren waren die Netzerweiterung und der Anschluss des Mechel-Hauses (ehemals Petrus Canisius Hauses) sowie der Luxemburger Galerie. Überlegungen seitens des Betreibers für weitere Einspeisungen liegen vor, die KWP wird hierzu als dienlich erachtet. Zwei weitere, noch nicht angeschlossene große Seniorenheime liegen am aktuellen Trassenverlauf. An der Abzweigung Nähe Priesterhaus sind T-Stücke installiert, daher kann Richtung Innenstadt erweitert werden. Anfragen von potenziellen Anschlussnehmern an der

Hauptstraße liegen vor. Das letzte Vorhaben bestand darin, über die Basilikastraße eine Leitung zu legen (um die neu sanierte Hauptstr. nicht wieder öffnen zu müssen) und die Häuser auf der Hauptstr. über deren Rückseite anzuschließen zu können. Aktuell scheitert dies aufgrund einer fehlenden Dienstbarkeit bzgl. der Durchquerung eines fremden Grundstücks. Weitere Ausbaupläne gibt es für Kevelaer aktuell nicht, da die Tiefbaukosten im innerstädtischen Bereich sehr hoch sind. Ungenutzte Hausanschlüsse gibt es keine.

An den Hausübergabestationen herrscht primärseitig ca. 80-85 °C Vorlauftemperatur. Da viele alte bzw. denkmalgeschützte Häuser angeschlossen sind (inkl. ein altes Krankenhaus), sind aufgrund des niedrigen Sanierungsstands hohe Temperaturen nötig.

Prinzipiell wäre für Schloss Wissen auch der Betrieb von anderweitigen Wärmeerzeugern interessant, wie z.B. weiterer KWK-Anlagen, Luft-/Wasser-Wasser-Wärmepumpen, Power-to-Heat-Systemen oder Tiefengeothermienutzung.

Gasnetztransformationsplanung der Gelsenwasser

Im Transformationsplan des regionalen Gasnetzbetreibers Gelsenwasser Energienetze GmbH (GWN) wird die leitungsgebundene Biomethanversorgung betrachtet. In die GWN-Gas-Hochdruckschiene von Kevelaer über Geldern, Straelen, Wachtendonk bis Kerken speist bereits eine Biogasanlage in Straelen aufbereitetes Biogas in das Gasnetz der GWN ein. Ein weiteres konkret in der Planung befindliche Biogaseinspeisebegehren in Wachtendonk wird derzeit bearbeitet.

Entlang der Gas-Hochdrucktrasse ergeben sich zudem weitere Biomethanpotenziale, da eine größere Anzahl an Biogasanlagen in den kommenden Jahren aus der EEG-Förderung fällt und die Einspeisung in das Erdgasnetz ein attraktives Folgenutzungskonzept darstellt. Um Synergien zu heben und höhere spezifische Kosten für eine Biogasaufbereitungsanlage zu vermeiden, kann das Rohbiogas von mehreren Anlagen über Sammelleitungen in einer zentralen Aufbereitungsanlage zusammengeführt und anschließend in das Erdgasnetz eingespeist werden. Der Gasnetzbetreiber GWN ist zeigt hier Offenheit gegenüber einer Unterstützung, insofern der Bedarf zur Errichtung einer Sammelleitung bestünde.

Bei einer zukünftig sinkenden Gasnachfrage, u.a. aufgrund von Energieeffizienzmaßnahmen, führt die Biomethaneinspeisung in das Erdgasnetz zu einer direkten Substitution des fossilen Methans. Durch die heute bereits in Betrieb und in der Planung befindlichen neuen Biogaseinspeiseanlagen können laut Planung der GWN bis 2045 in den Netzgebieten der GWN, so auch

im Netzgebiet der Wallfahrtsstadt Kevelaer, die reduzierten Gasnetznutzungsmengen (ca. 30% des heutigen Verbrauchs) durch grüne Gase substituiert und klimafreundliche, leitungsgebundene Versorgungslösungen geschaffen werden (in blau gekennzeichnete Gebiete in Abbildung 60).

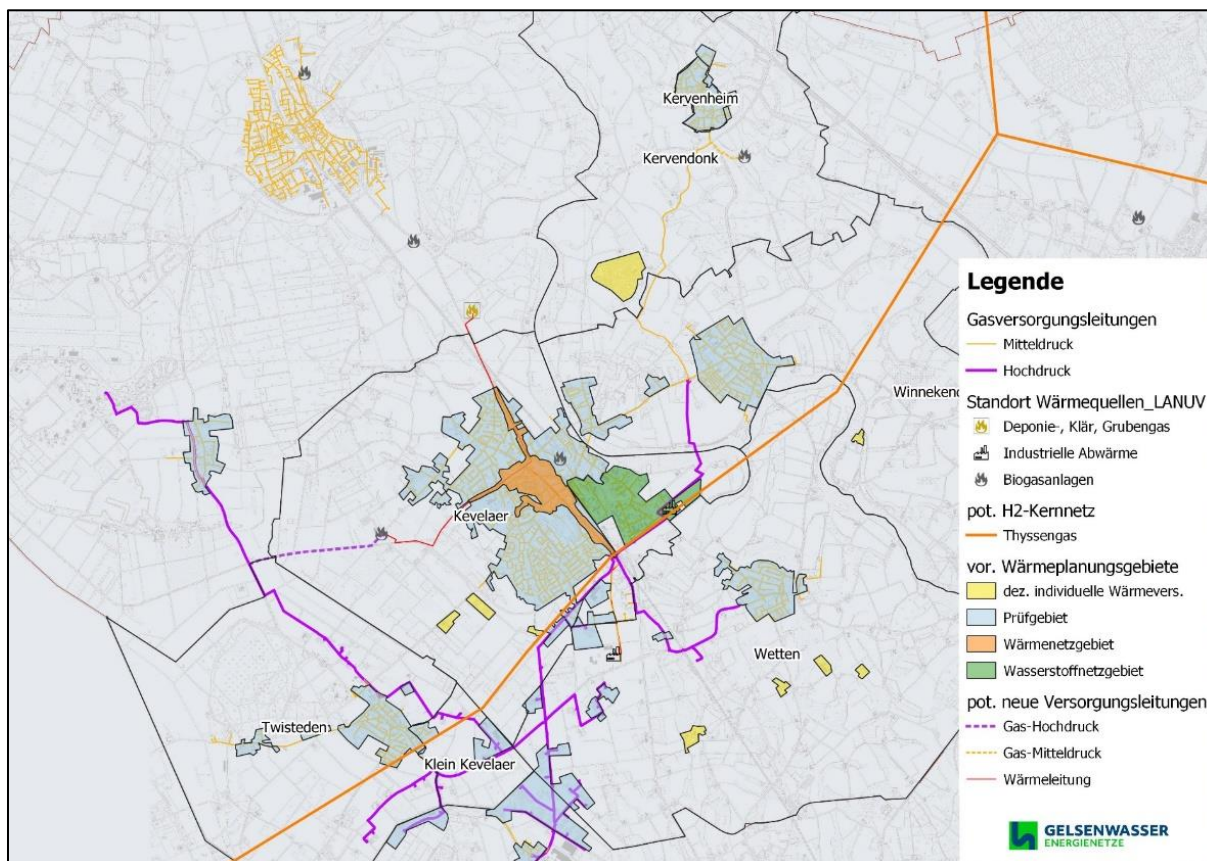


Abbildung 60: Gasnetztransmutationsplanung der Gelsenwasser Energienetze GmbH. Quelle: Gelsenwasser

Zusammenfassende Bewertung der verschiedenen Biogaspotentiale

Abschließend für die Bewertung des Potentials gasförmiger Biomasse aus lokaler Landwirtschaft kann festgehalten werden, dass es sich sowohl um ein theoretisches als auch technisches Potential handelt. Ein wirtschaftliches Potential wird vermutlich nicht bei allen Biogasproduzenten vorliegen. Insgesamt wird die Bedeutung von gasförmiger Biomasse für die Wärmeversorgung Kevelaer als hoch eingestuft. Für die Nutzung gibt es perspektivisch zwei Optionen: Entweder könnte das Biogas in Wärmeerzeugungsanlagen zum Betrieb einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung verwendet werden, oder es könnte in (noch zu konstruierenden) Aufbereitungsanlagen zu Biomethan gewandelt werden, um anschließend in das bestehende Gasnetz eingespeist zu werden.

4.2.5.3 Standorte für KWK-Wärme aus erneuerbaren Energien

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) bieten eine hocheffiziente Lösung zur gleichzeitigen Erzeugung von Wärme und Strom. Aktuell werden diese Anlagen vorwiegend mit Erdgas oder anderen fossilen Brennstoffen betrieben. Für die Zukunft wird empfohlen, KWK-Anlagen auf klimaneutrale Energieträger wie Biogas oder Klärgas umzustellen. Bei Einbindung von KWK-Anlagen in ein Wärmenetz als Erzeuger kann im Rahmen des Transformationsplans innerhalb der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) eine technische und wirtschaftliche Analyse zur klimaneutralen Wärmeerzeugung durchgeführt werden.

Für die Aufstellung weiterer Anlagen ist die Wallfahrtsstadt Kevelaer Stadt prinzipiell bereit Anlagenbetreibern wie dem Schloss Wissen oder der Ruba Baers GmbH (weitere) Flächen für Heizzentralen o.ä. bereitzustellen. Eine eingehende Abstimmung mit dem Bauamt sollte hierfür vorgenommen werden. Des Weiteren wäre anzuregen in der Bürgerschaft auf die Notwendigkeit weiterer Flächen hinzuweisen und so die Möglichkeit zu eröffnen, seitens privater Grundstückbesitzer Flächen angeboten zu bekommen.

4.2.6 Großwärmespeicher

Wärmespeicher kommen in einem Großteil von Wärmesystemen zum Einsatz. Sie ermöglichen die effiziente Nutzung und Verteilung von Wärme, indem sie zeitliche Diskrepanzen zwischen Wärmeproduktion und -verbrauch ausgleichen. Während in heutigen Systemen häufig Pufferspeicher genutzt werden, um Spitzenlasten in der Wärme zu decken und einen technisch und ökonomisch sinnvollen Anlagenbetrieb zu gewährleisten, können in Zukunft größere und sogar saisonale Speicher relevant werden. Besonders bei der Integration erneuerbarer Energiequellen wie Solarthermie oder verschiedene Umweltwärmequellen sind Wärmespeicher unverzichtbar, da diese Energiequellen oft unregelmäßig verfügbar sind und teilweise eine saisonale Speicherung erfordern. Durch die Speicherung überschüssiger Wärme während Zeiten geringer Nachfrage und deren Abgabe bei Spitzenlasten können Wärmenetze stabil und wirtschaftlich betrieben werden. Die wirtschaftliche Komponente ergibt sich vor allem in Zeiten dynamischer Strompreise für (Groß-)Wärmepumpen. Bei geringen Strompreisen können die Wärmepumpen Wärme vorproduzieren, welche zunächst gespeichert und in Zeiten höherer Strompreise im Wärmenetz verteilt wird, währenddessen die Wärmepumpen ausgeschaltet bleiben können. Dies trägt nicht nur zur Reduktion von CO₂-Emissionen bei (da günstige Strompreise vor allem bei Wind- und Solarstromüberschüssen vorliegen), sondern fördert auch die Versorgungssicherheit und die Flexibilität im Umgang mit volatilen Energiequellen.

Für Kevelaer lassen sich zwei zentrale Erkenntnisse festhalten:

- Aufgrund der ganzjährigen Verfügbarkeit geothermaler Wärme und des Abwassersystems sowie der hohen Flächenkonkurrenz von Solarthermie zu PV werden saisonale Speicher aller Voraussicht nach nicht in Wärmenetzsystemen zum Einsatz kommen.
- Hingegen sind große Pufferspeicher- und Regelspeicher in Wärmenetzen mit einem großen Anteil an Wärmepumpen unerlässlich. Der Platzbedarf dieser Wärmespeicher muss in der Planung der Wärmenetzsysteme berücksichtigt werden und die Wallfahrtsstadt Kevelaer muss den zukünftigen Infrastrukturbereitender bei der Suche nach geeigneten Flächen unterstützen.

4.2.7 Power-to-X (Windkraft & PV)

Unter Power-to-X (PtX) und synthetischen Brennstoffen wird in diesem Kapitel zum einen die Möglichkeit des Einsatzes von grünem Wasserstoff und weiteren synthetischen Brennstoffen sowie zum anderen die Möglichkeit zur lokalen Durchführung von Power-to-X-Prozessen aus Überschussstrom erörtert.

4.2.7.1 Import von grünem Wasserstoff

Unter Import von grünem Wasserstoff werden die Potenziale zur Nutzung von grünem Wasserstoff, welcher nicht auf dem Gemarkungsgebiet von Kevelaer erzeugt wurde, verstanden. Dabei wurde vermehrt auf die infrastrukturelle Eignung der Wallfahrtsstadt Kevelaer geachtet und es wurde untersucht, ob Kevelaer perspektivisch von einer leitungsgebundenen Wasserstoffversorgung profitieren kann. Dies geschieht unter der Annahme, dass zum Zeitpunkt des Zielszenarios (2045) genügend grüner Wasserstoff zentral hergestellt und über die Wasserstofftransportleitungen verteilt werden kann.

Das Wasserstoff-Kernnetz bildet das Grundgerüst für den Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur in Deutschland. Zwischen 2025 und 2032 sollen schrittweise rund 9.700 Kilometer Wasserstoffleitungen deutschlandweit in Betrieb genommen werden. Es werden sowohl bestehende Erdgasleitungen umgewidmet als auch neue Wasserstoffleitungen gebaut. Ziel des Kernnetzes ist es, Erzeugungs- und Verbrauchszentren sowie Importpunkte miteinander zu verbinden. Die Wallfahrtsstadt Kevelaer liegt direkt an einer zukünftigen Trasse des geplanten H₂-Kernnetzes und profitiert von seiner Lage im Nord-Westen Deutschlands. Grund für die vergleichsweise „engmaschigen“ Leitungen im Nordwesten Deutschlands sind die vielen Erzeugungs-

standorte, die dort durch Elektrolyseur-Projekte entstehen werden. Außerdem sind im Nordwesten mehrere Importpunkte aus Nachbarländern (z. B. aus Dänemark, Norwegen oder Niederlande) vorgesehen. Daher muss ausreichend Transportkapazität vorhanden sein, damit der erzeugte und importierte Wasserstoff vom Nordwesten in die anderen Teile Deutschlands transportiert werden kann und dort ankommt, wo er gebraucht wird. Die folgende Abbildung zeigt den Leitungsverlauf des künftigen Wasserstoff-Kernnetzes in Kevelaer und den angrenzenden Gemeinden.

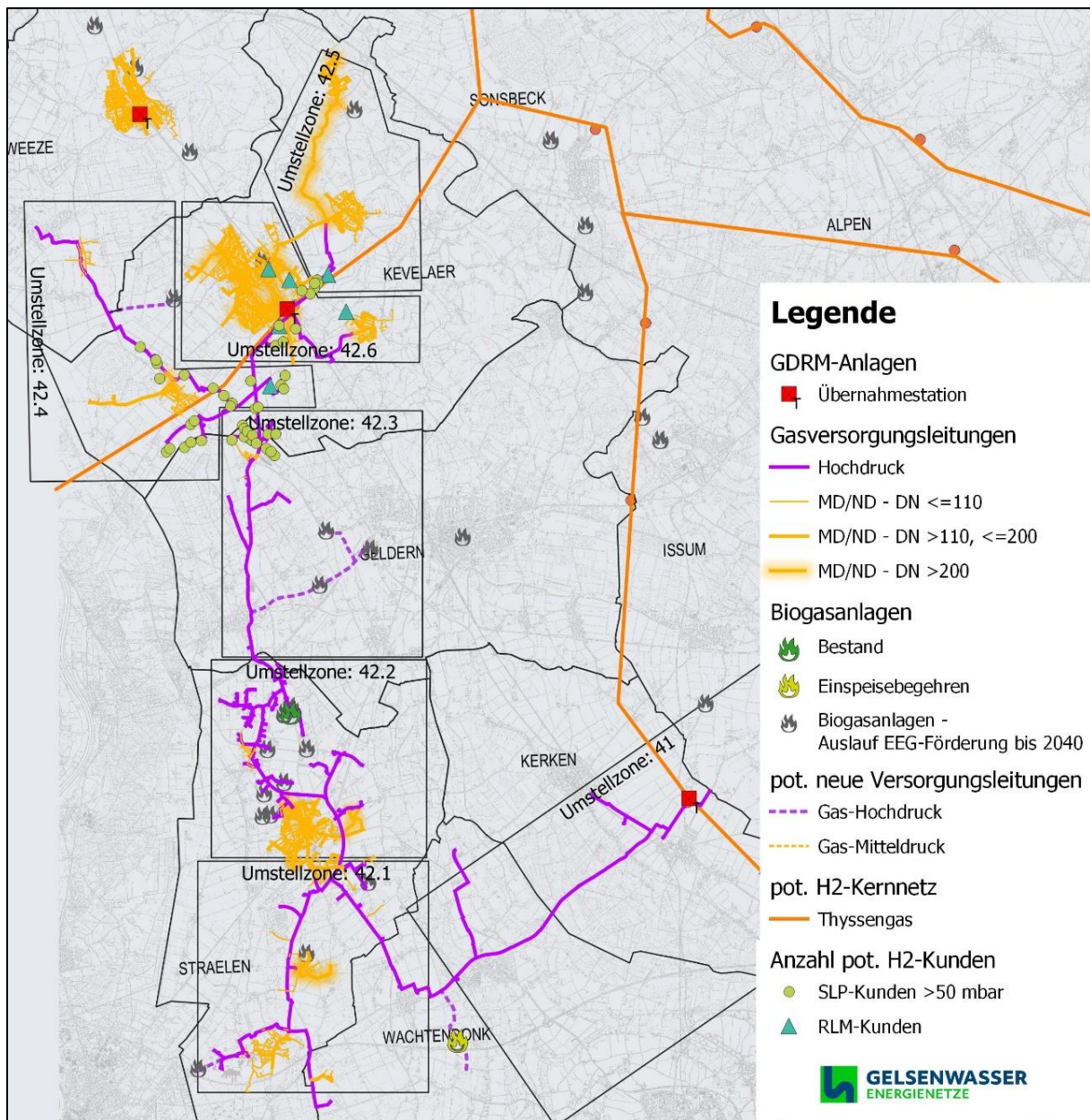


Abbildung 61: Potenzialanalyse Wasserstoff gem. Gasnetztransformationsplanung der Gelsenwasser Energienetze GmbH. Quelle: Gelsenwasser

Gasnetztransmutationsplanung Gelsenwasser Energienetze GmbH

Ein Gasnetzgebietstransmutationsplan für das Kevelaerer Gasverteilnetz liegt seitens der Gelsenwasser Energienetze GmbH vor. In diesem werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Gasversorgung unter Nutzung der vorhandenen Infrastruktur durch grüne Gase (darunter auch Wasserstoff) transformiert werden kann. Im Plan findet im ersten Schritt eine Identifizierung von potenziellen "H2-Ankerkunden" im Netzgebiet statt, die als Startpunkte für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur mit Anknüpfung an das H2-Kernnetz dienen. In Kooperation mit Thyssengas als vorgelagerter Gasfernleitungsnetzbetreiber werden neue Netzkopplungspunkte für H2 und damit erste H2-Versorgungslösungen für Industrie- und Gewerbekunden geschaffen. Erste Ankerkunden werden im Gewerbegebiet-Ost erhofft, siehe hierzu das grüne Gebiet („Wasserstoffnetzgebiet“) in Abbildung 62.

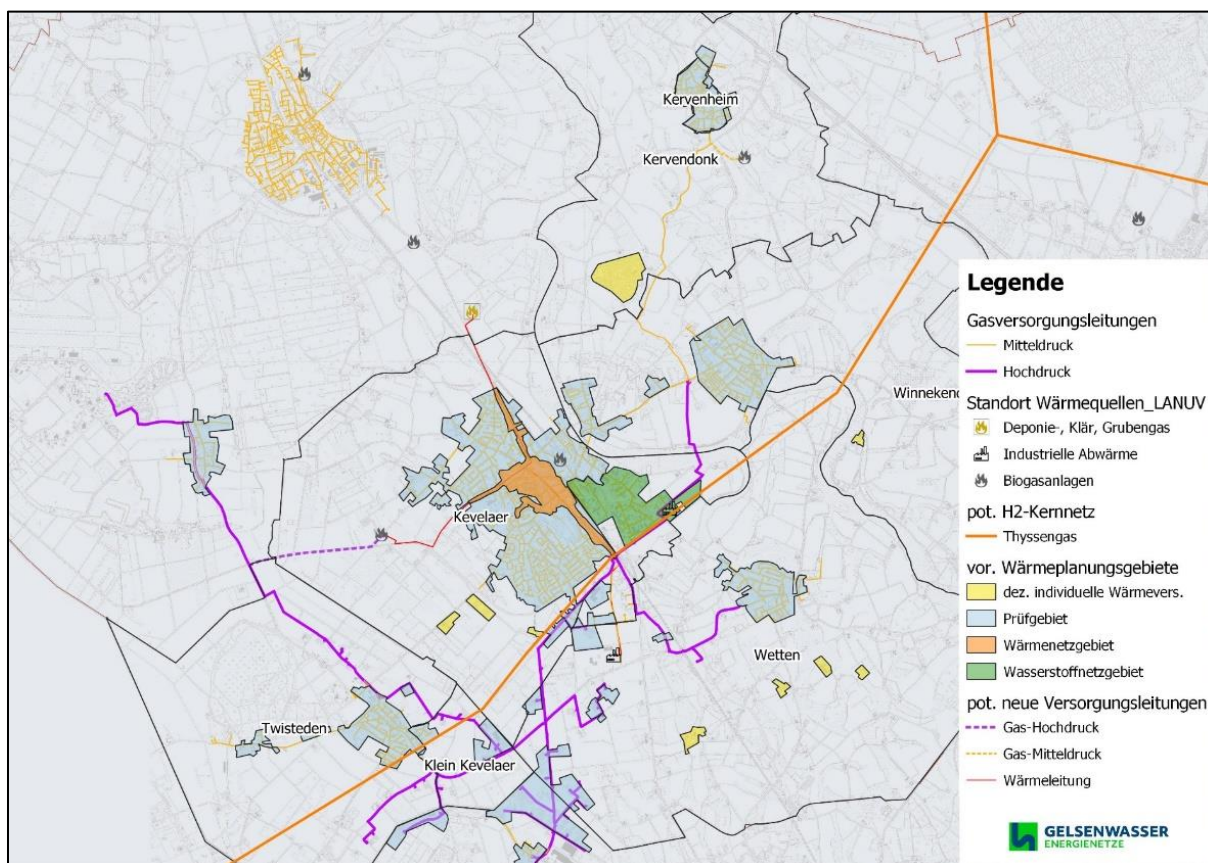


Abbildung 62: Szenarioentwicklung gem. Gasnetztransmutationsplan der Gelsenwasser Energienetze GmbH. Quelle: Gelsenwasser

Um Synergien zu heben, können entlang des Gebiets weitere Kundengruppen auf Wasserstoff umgestellt werden. Im Zuge einer Erweiterung des Gewerbegebiets Ost können sich weitere Gewerbekunden ansiedeln, die einen potenziellen H2-Bedarf besitzen. Entlang der Hoch-

drucktrasse befinden sich zudem derzeit erdgasversorgte Kundengruppen (Gartenbaubetrieben) mit größeren technischen Spezifikationen (hohe Übergabedrucke). Der Trassenverlauf des H2-Kernnetzes schneidet die Gelsenwasser-Hochdrucktrasse erneut in Kerken (vgl. Abbildung 61).

Durch die Umstellung des Netzkopplungspunktes in Kerken kann langfristig auch die gesamte Erdgasschiene auf Wasserstoff umgestellt werden. Laut Aussage der Gelsenwasser Energie-netze GmbH sind die technischen und netzhydraulischen Voraussetzungen hierfür gegeben.

4.2.7.2 Regionale Potenziale von synthetischen Brennstoffen

Für eine zielgerichtete Durchführung von Power-to-X-Prozessen wird Überschussstrom im Stromnetz benötigt. Dieser kann entweder gespeichert werden („Power-to-Power“), in Wärme umgewandelt werden („Power-to-Heat“) oder über Elektrolyse („Power-to-Gas“) in verschiedene synthetische Brennstoffe umgewandelt werden, wie z.B. Wasserstoff und Methan.

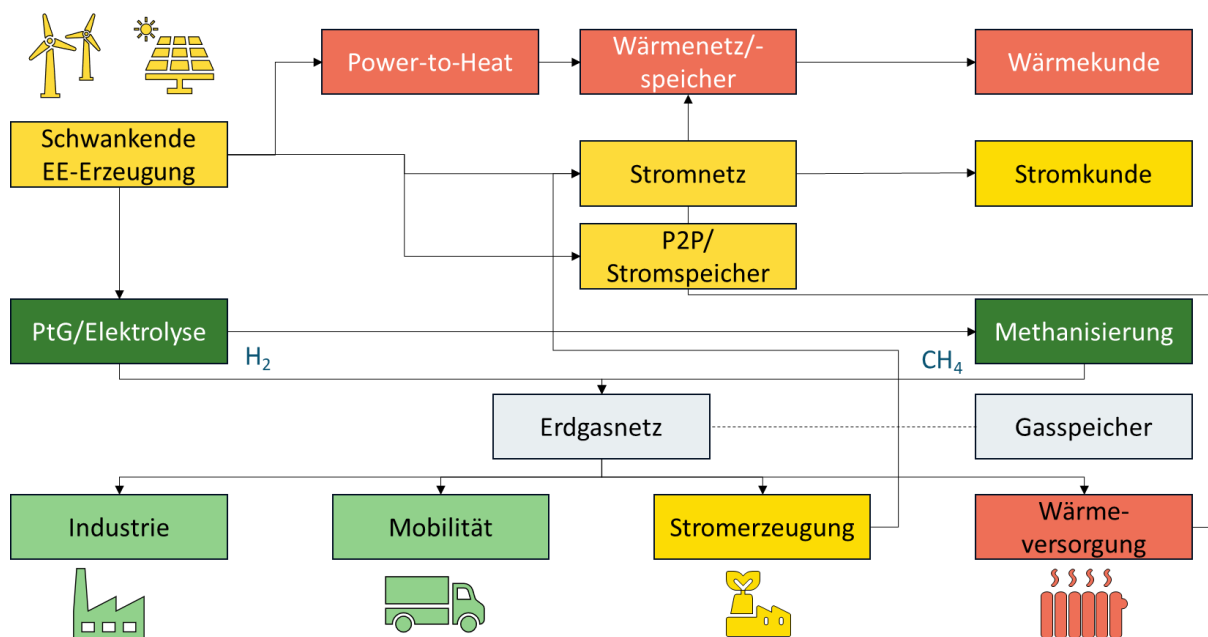


Abbildung 63: Übersicht verschiedener Power-to-X Prozesse

Bei deren Herstellung im Rahmen von „Power-to-Gas“-Prozessen können sehr hohe Wandlungsverluste anfallen. Bisher existieren in Kevelaer weder Elektrolyseure noch sind Elektrolyseure in Planung. Der Vorteil von Power-to-Gas gegenüber Power-to-Heat ist jedoch die Speichermöglichkeit. Während die Wärme nur unter großen Kosten (Verluste, Flächen) gespeichert werden kann, ist die Speicherung in Gasspeichern deutlich günstiger. Somit könnte mittels Wasserstoffs auch im Winter Wärme aus den Stromüberschüssen, welche vor allem

im Sommer anfallen könnten, erzeugt werden. Wärme hingegen lässt sich im Rahmen von Wärmespeichern nur für einen begrenzten Zeitraum (i.d.R. wenige Tage) speichern.

Photovoltaik (PV)

Eine Abfrage des Marktstammdatenregisters der Bundesnetzagentur für Stromspeisungsanlagen in Kevelaer zeigt eine installierte PV-Gesamtleistung von 49,3 MW_p. Dabei handelt es sich bei ca. 44,9 MW_p um sog. Balkonkraftwerke, private Dachflächen, gewerbliche Dachflächen und kleinere Freiflächen. Freiflächenanlagen machen bisweilen nur knapp 4,4 MW_p der PV-Leistung in Kevelaer aus. Aktuell beantragte Flächen für Freiflächenphotovoltaikanlagen sind in der folgenden Abbildung in Blau dargestellt. In Rot dargestellt sind bereits gebaute Anlagen (Byfangshof & Gewerbegebiet Süd) sowie noch nicht gebaute, aber genehmigte Anlagen (Wember Straße, Endtsche Straße).

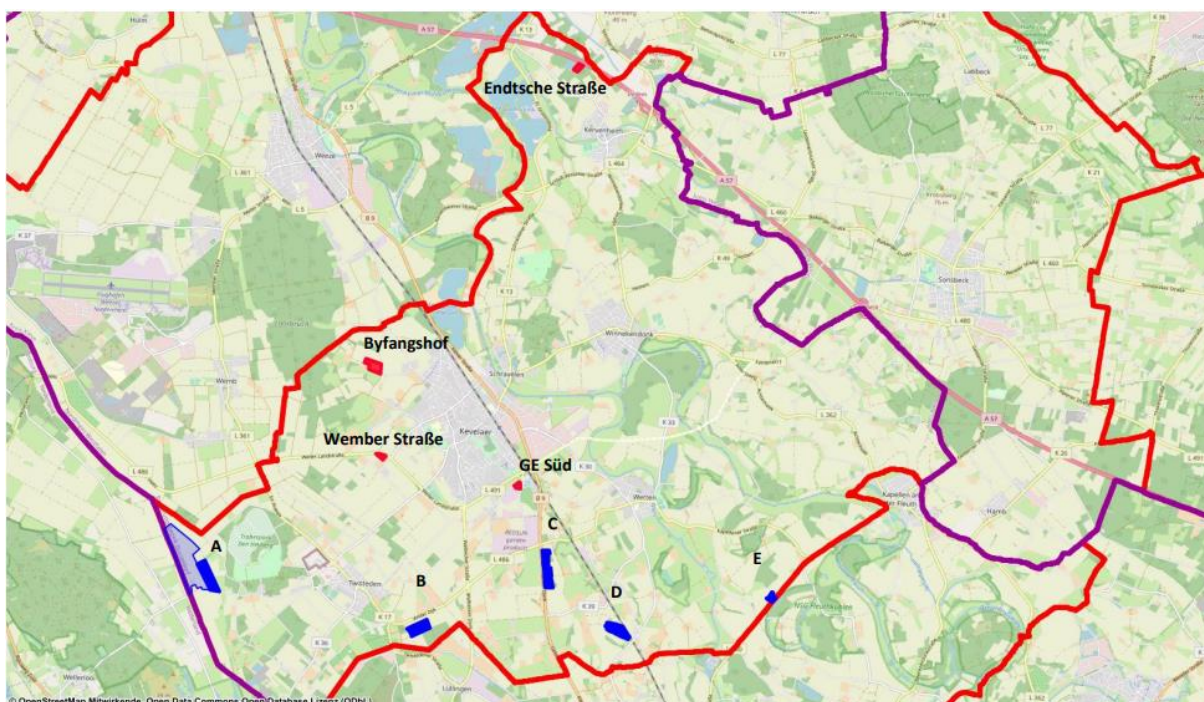


Abbildung 64: PV-Freiflächenanlagen in Kevelaer. Quelle: Wallfahrtsstadt Kevelaer

Zubau von PV in Kevelaer

Laut des Konzeptes zur Zulassung von PV-Freiflächenanlagen sind maximal 80 ha für die Nutzung für Freiflächen-PV vorgesehen. Bei einer zugrundeliegenden installierbaren Leistung von etwa 1 MW_{p,el} / ha ergibt sich somit unter Berücksichtigung der bereits installierten 4 MW_p ein Ausbaupotenzial von insgesamt knapp 76 MW_p bei Freiflächenanlagen bis 2045. Der Ausbau von PV auf Hausdächern, Balkonkraftwerken, etc. ist schwieriger zu prognostizieren. Das

Umweltbundesamt schätzt, dass ca. zwei Drittel der bundesweiten Photovoltaikleistung auf Dachflächen bereits installiert ist (Stand Februar 2024) [17]. Für Kevelaer bedeutete dies ein noch verbleibendes Potential für PV-Dachflächen von ca. 22,5 MW_p. In der folgenden Abbildung ist die Schätzung der Entwicklung der Dachflächen-PV Leistung in Kevelaer dargestellt.

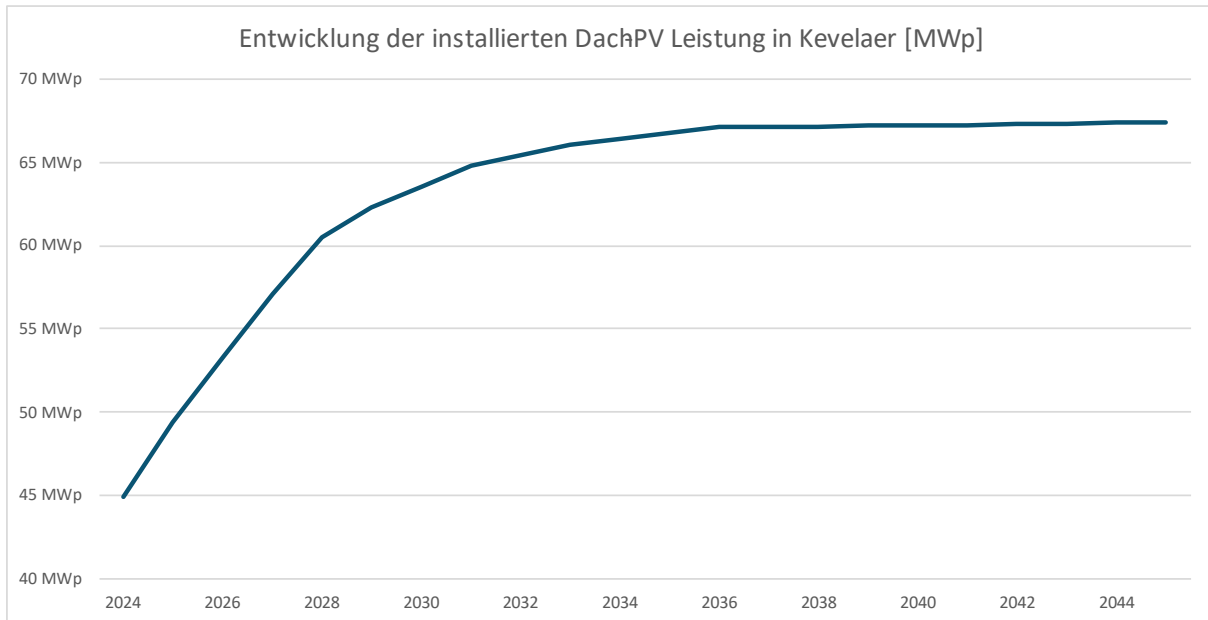


Abbildung 65: Prognose der Entwicklung installierter Dach-PV-Leistung in Kevelaer (ohne Freiflächenanlagen)

Windkraft

Darüber hinaus existieren verschiedene Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 38,12 MW. Insgesamt befinden sich 17 Windkraftanlagen auf dem Stadtgebiet von Kevelaer. Die Standorte der Windkraftanlagen sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Windkraftanlagen haben unterschiedliche Leistungen, welche im Bereich zwischen 110 kW und 5500 kW liegen. Die größte Windkraftanlage ist im Juli 2024 ans Netz gegangen.

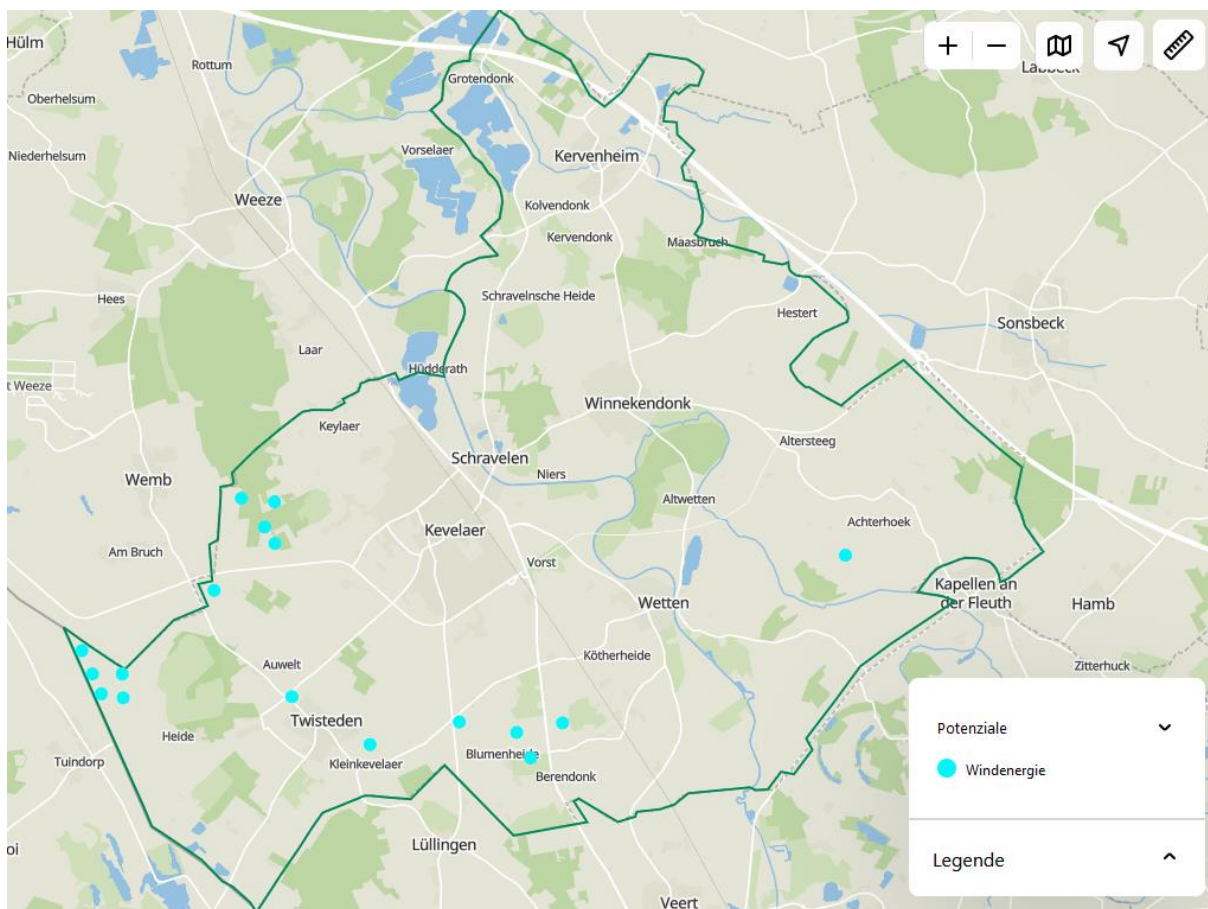


Abbildung 66: Windkraftanlagen im Stadtgebiet Kevelaer. Quelle: Wallfahrtsstadt Kevelaer

Ausgehend von einer Verteilung des täglichen Strombedarfs gemäß Standardlastprofil und unter Berücksichtigung des Bedarfs über die verschiedenen Monate (insb. Unterschiede in Sommer- und Wintermonaten) wurde eine Simulation durchgeführt, in der überprüft wurde, ob, und wenn ja, wann Überschussstrom im Netz anfallen würde. Dieser könnte theoretisch mittels Elektrolyse in Wasserstoff gewandelt werden, um später als Wärme oder Strom genutzt zu werden. Bei dem zugrundeliegenden Zubau von PV und der installierten Windkraft ergeben sich folgende Potenziale:

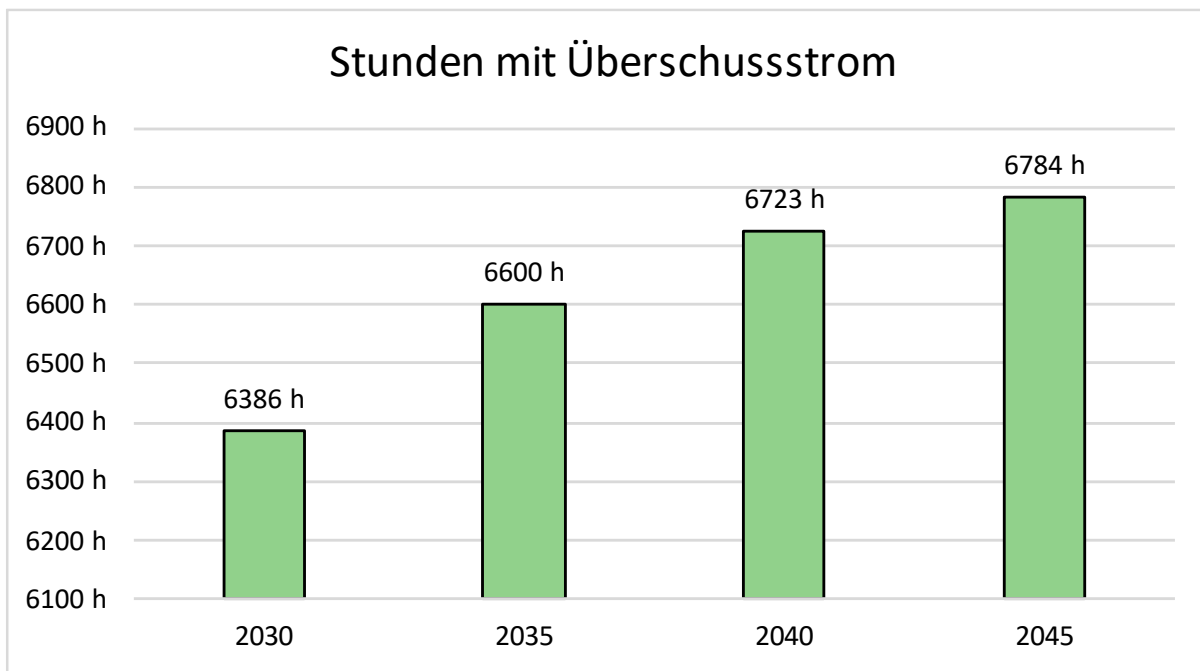


Abbildung 67: Theoretische Anzahl an Stunden mit Überschussstrom aus PV und Wind

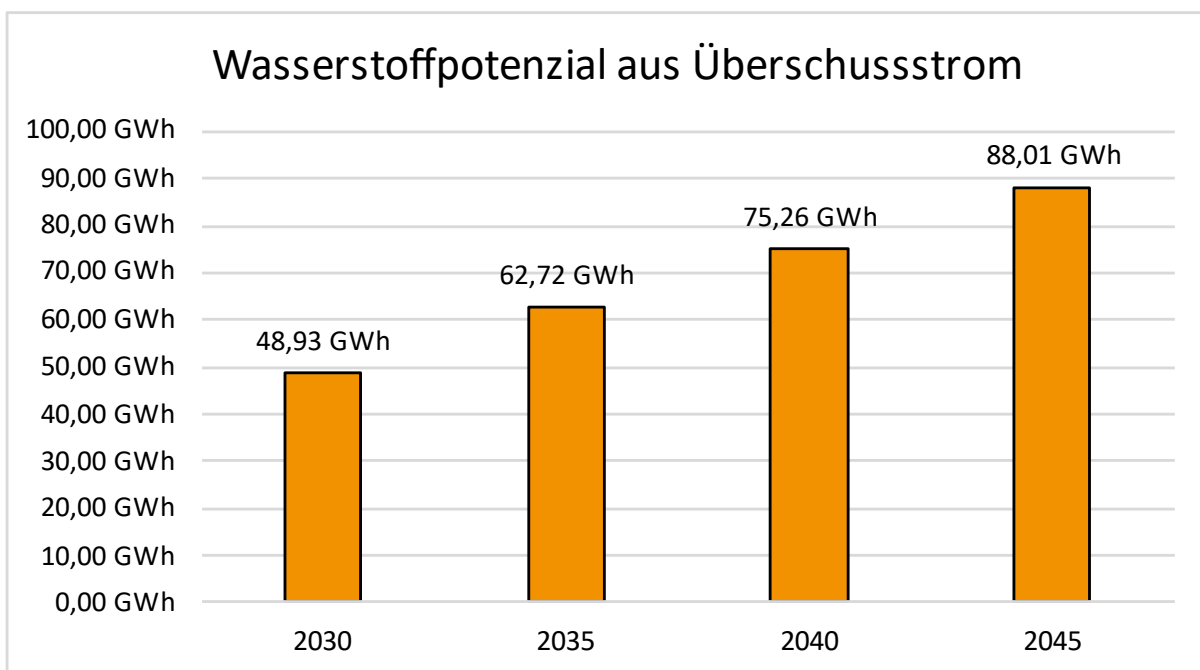


Abbildung 68: Theoretisches jährliches Wasserstoffpotenzial aus Überschussstrom EE für Elektrolyse

Ein grundsätzliches Potenzial für Power-to-X wäre somit gegeben. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass Wasserstoffspeicher vorhanden sein müssten, um den produzierten Wasserstoff langfristig speichern zu können. Dies ist aktuell nicht der Fall, zudem existieren hierfür aktuell

noch technische Hürden. Zu beachten ist auch, dass die oben beschriebenen Stromerzeugungs-Anlagen nicht nur die Einwohner Kevelaers versorgen, sondern auch Einwohner aus benachbarten Gebieten.

Die hier dargestellten Potenziale sind somit als theoretische Potenziale zu verstehen, welche nicht zwangsläufig technisch und wirtschaftlich nutzbar sind. Darüber hinaus handelt es sich bei Power-to-X um eine Technologie, welche bisher noch keine entscheidende Rolle in der Wärmeversorgung spielt und die nötige Infrastruktur zur Nutzung erst geschaffen werden müsste. Hierfür wäre eine Abstimmung mit der Gelsenwasser Energienetze GmbH zu empfehlen, die im Rahmen ihres Gasnetztransformationsplanes bereits Interesse zum Ausbau einer entsprechenden Infrastruktur geäußert hat (vgl. vorheriges Kapitel)

4.2.8 Regionale Stoffkreisläufe

Die thermische Nutzung regionaler Stoffkreisläufe bietet grundsätzlich eine Möglichkeit, die Nachhaltigkeit und Effizienz der Wärmeversorgung zu verbessern. Dabei werden lokale Ressourcen wie biogene Abfälle oder organische Materialien gezielt genutzt, um Wärmeenergie zu erzeugen und diese in ein Wärmenetz einzuspeisen. Die Erzeugung kann dabei in dedizierten Müllverbrennungsanlagen oder als Mitverbrennung in großen fossilen Kraftwerken realisiert werden. Neben einer Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen kann die thermische Nutzung regionaler Stoffkreisläufe auch zur Minimierung von Umweltbelastungen beitragen, indem sie die Emissionen und den Ressourcenverbrauch verringert. Darüber hinaus stärkt sie die regionale Wertschöpfung, indem sie lokale Wirtschaftskreisläufe fördert und gegebenenfalls sogar Arbeitsplätze schafft. Eine integrierte Nutzung regionaler Stoffkreisläufe in der Wärmeplanung kann daher ein wichtiger Baustein auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Energieversorgung sein.

Bei den Abfallströmen wird zwischen Aufkommen und Potenzialen von aufbereitetem Gewerbemüll (Ersatzbrennstoff), verschiedenen Siedlungsabfällen sowie von Klärschlamm unterschieden. Das Brennstoffpotenzial von Altpapier (Blaue Tonne) wird aufgrund der vorrangigen stofflichen Verwertung im Sinne der Kreislaufwirtschaft nicht ausgewertet. Die Analyse der Siedlungsabfälle umfasst Hausmüll (Schwarze Tonne), Sperrmüll sowie Leichtverpackungen (Gelbe Tonne) und Bioabfall (Grüne Tonne). Bevor ein Einsatzpotenzial für die Wärmeerzeugung quantitativ bewertet werden kann, muss zunächst die heutige Abfalllogistik in Kevelaer genauer untersucht werden.

4.2.8.1 Thermische Abfallbehandlung

Die Wallfahrtsstadt Kevelaer ist zuständig für die Sammlung und den Abtransport des anfallenden Abfalls in Kevelaer. Dieser wird vollständig zu der Versorgungsanlage in Kamp-Lintort gebracht. Die eigentliche Müllverbrennung erfolgt durch eine externe Firma in Oberhausen. Es gilt das Landesabfallgesetz und die damit verbundene zweigestufte Zuständigkeit: der Kreis Kleve gibt vor, wo der Abfall hin geliefert werden muss. Die Wallfahrtsstadt Kevelaer hat darauf keinen Einfluss. Dem Kreis Kleve obliegt die Zuständigkeit für die thermische Verwertung der Abfälle, er ist vollständiger Eigentümer der Abfälle. Die Wallfahrtsstadt Kevelaer besitzt rechtlich gesehen keine Abfälle.

Daher besteht kein Wärmepotential aus lokaler thermischer Abfallbehandlung.

4.2.8.2 Klärschlamm

Für die Nutzung des in der Kläranlage Kevelaer-Weeze anfallenden Klärschlammes besteht bereits ein zentrales Konzept. Er wird dort ausgefault und eingedickt und anschließend zur Kläranlage nach Geldern gebracht, wo er entwässert wird. Anschließend wird er in verschiedenen Kraftwerken und Müllverbrennungsanlagen in der Region außerhalb von Kevelaer verbrannt. Kevelaer selbst besitzt keine solche Anlage. Perspektivisch soll die Verbrennung künftig in Essen/Bochum stattfinden.

Wie bereits bei der Abfallbehandlung, besteht auch bei der thermischen Nutzung von Klärschlamm kein Wärmepotential in Kevelaer.

4.3 Potenziale für das Neubaugebiet Hüdderath sowie für die Innenstadt

4.3.1 Ausgangssituation

Die räumlich verorteten und quantifizierbaren Potentiale für die Innenstadt wurden im Kapitel 4.2 dargestellt. Im Innenstadtbereich liegt die höchste Wärmedichte und daraus ableitend auch Wärmelinien-dichte vor. Für eine zukünftige leitungsgebundene Wärmeversorgung sind die in der Potentialanalyse beschriebenen Potentiale vor allem für den Innenstadtbereich relevant. Die Sanierungssatzung weist ein Sanierungsgebiet in der Innenstadtbereich von ca. 92 ha aus, welches in der unteren Abbildung dargestellt ist.

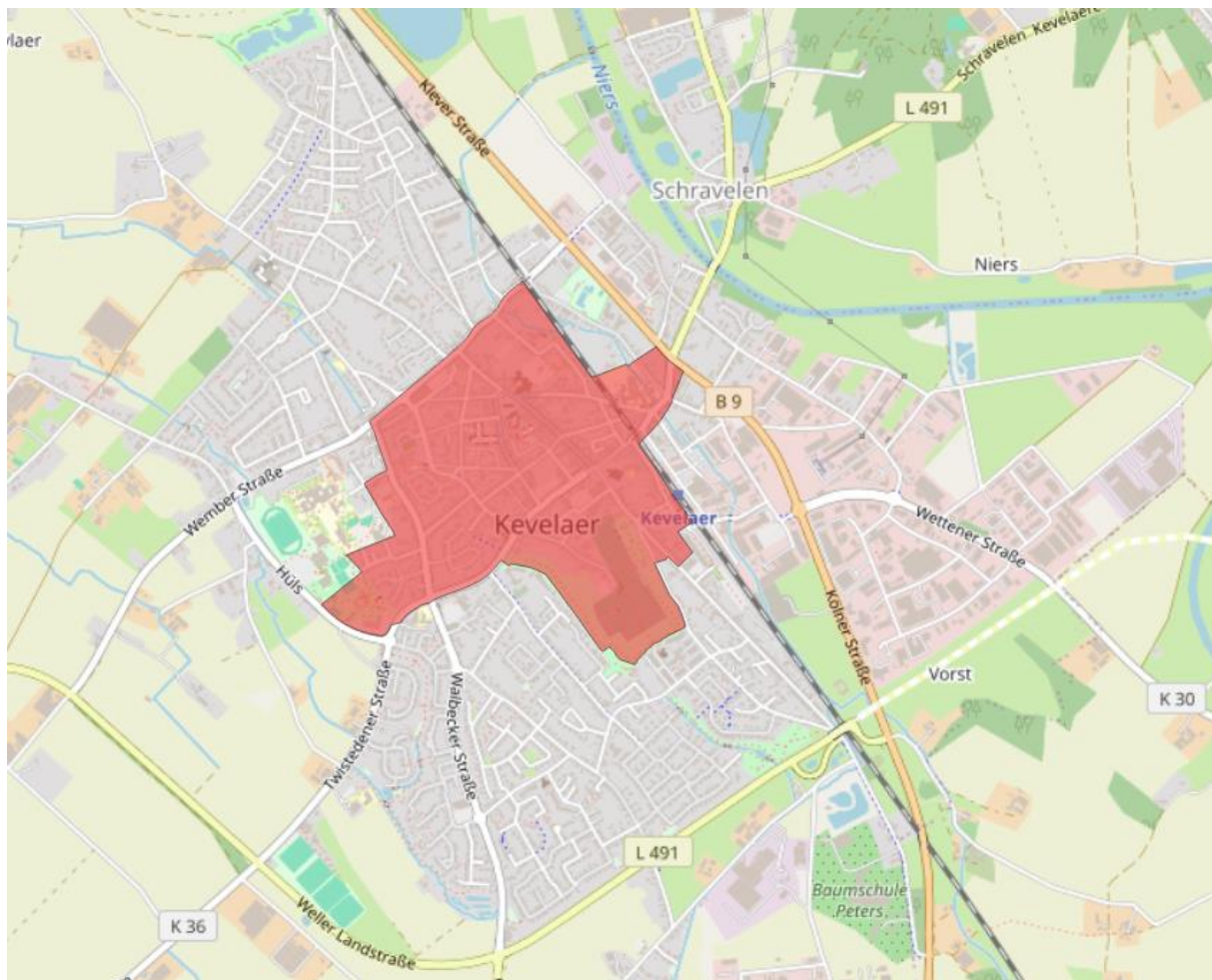


Abbildung 69: Sanierungsgebiet „Innenstadt“ gem. Sanierungssatzung der Wallfahrtsstadt Kevelaer

Das im Folgenden beschriebene Vorgehen bei der Ermittlung sowie die Varianten für das Neubaugebiet Hüdderath sind analog für das Sanierungsgebiet Innenstadt zu verstehen.

Das mögliche Neubaugebiet Hüdderath befindet sich derzeit noch in der Planungsphase, ein Bebauungsplan liegt bisher nicht vor. In einem ersten Konzept wurden vier Bauabschnitte definiert, wobei die Betrachtung sich auf die ersten beiden Abschnitte konzentriert. Diese umfassen eine Fläche von etwa 40 Hektar und sollen ungefähr 330 Wohneinheiten, vorwiegend Mehrfamilienhäuser, umfassen. Die geplanten Gebäude entsprechen dem Niedrigstenergiestandard und weisen einen Wärmebedarf von ca. 50 kWh/m²*a auf, was zu einem gesamten Wärmebedarf von etwa 850.000 kWh/a führt. Die benötigte Spitzenleistung für Wärme wurde mittels einer Jahresdauerlinie ermittelt und beträgt ca. 500 kW. Dazu fallen ca. 340.000 kWh/a an Strombedarf an, bei einer Spitzenleistung von etwa 230 kW. Die Zielsetzung gemäß dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) ist es, mindestens 75 % des Wärmebedarfs aus erneuerbaren

Energien zu decken. Potenzielle freie Flächen für erneuerbare Energieanlagen belaufen sich auf ca. 17.000 m².



Abbildung 70: Neubaugebiet Hütterath

4.3.2 Potenziale zur Wärmeerzeugung

Die Potenziale zur Wärmeerzeugung lassen sich in zentrale und dezentrale Lösungen unterteilen. Zentrale Lösungen umfassen eine zentrale Heizungsanlage oder ein Heizwerk, das die gesamte Wärme für das Neubaugebiet erzeugt und über ein Nahwärmenetz an die einzelnen Haushalte verteilt. Zu den zentralen Technologien gehören unter anderem Solarthermieranlagen, große Geothermieanlagen, Biomassekessel und Seewasser-Wärmepumpen. Diese Lösungen bieten den Vorteil einer effizienten und kontrollierten Wärmeerzeugung, die durch den Einsatz größerer Anlagen oft kostengünstiger und wartungsärmer ist. Zudem können zentrale Anlagen einfacher auf erneuerbare Energien umgestellt werden. Allerdings sind hohe Investitionskosten für die Infrastruktur, insbesondere für das Wärmenetz, erforderlich. Die Abhängigkeit von einer zentralen Anlage birgt zudem ein höheres Risiko bei technischen Ausfällen.

Dezentrale Lösungen hingegen verteilen die Wärmeerzeugung auf einzelne Gebäude oder Wohneinheiten, beispielsweise durch den Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen, oberflächennaher Geothermie oder kleineren Solarthermieranlagen auf den Dächern der Häuser. Der Vorteil dezentraler Systeme liegt in der höheren Flexibilität und der geringeren Abhängigkeit von einer einzigen Anlage. Dies führt zu einer höheren Versorgungssicherheit, da ein Ausfall

einzelner Anlagen weniger gravierende Folgen hat. Zudem entfallen die hohen Kosten für ein umfangreiches Wärmenetz. Jedoch sind dezentrale Anlagen in der Regel wartungsintensiver und können aufgrund kleinerer Skaleneffekte teurer in der Anschaffung und im Betrieb sein. Die Integration erneuerbarer Energien ist technisch aufwendiger und die Gesamtenergieeffizienz kann niedriger sein als bei zentralen Systemen.

4.3.2.1 Potenziale

Solarthermie

Solarthermie stellt eine vielversprechende Möglichkeit zur Deckung des Wärmebedarfs dar. Die Nutzung dieser Technologie basiert auf der Absorption von Sonnenenergie durch Kollektoren, die auf den Dächern der Gebäude installiert werden. Unter Berücksichtigung von 90 % der Dachflächen im Neubaugebiet, was etwa 15.300 m² entspricht, könnte theoretisch ein erheblicher Teil des Wärmebedarfs gedeckt werden. Allerdings schwankt die Solarleistung stark zwischen Sommer und Winter. Während in den Sommermonaten ein Überschuss an Wärmeenergie produziert wird, die aufgrund des geringeren Bedarfs nicht vollständig genutzt werden kann, ist die Leistung in den Wintermonaten deutlich geringer, wenn der Wärmebedarf am höchsten ist.



Abbildung 71: Verfügbare Dachflächen für Solarthermie

Wirtschaftlich betrachtet ist daher nur eine begrenzte Nutzung der Solarthermie sinnvoll. Um eine Überdimensionierung der Anlage und damit verbundenen Überschuss im Sommer zu

vermeiden, wird empfohlen, etwa 17 % (ca. 155.000 kWh/a) des gesamten Wärmebedarfs durch Solarthermie zu decken. Diese Dimensionierung stellt sicher, dass die Anlage effizient betrieben wird, ohne dass große Mengen an ungenutzter Wärmeenergie anfallen. Damit kann die Solarthermie einen sinnvollen Beitrag zur Wärmeversorgung leisten, ohne dass erhebliche Investitionen in zusätzliche Speichersysteme oder alternative Nutzungswege für die überschüssige Wärme erforderlich sind.

Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie nutzt die im Erdreich gespeicherte Wärmeenergie zur Beheizung von Gebäuden. Es gibt verschiedene Wärmeentzugsarten, die sich in ihrer Funktionsweise und Effizienz unterscheiden. Erdwärmesonden werden vertikal in den Boden gebohrt und können aus Tiefen von 40 bis 100 Metern Wärme mit einer Leistung von 40-60 W pro Meter Bohrtiefe gewinnen. Diese Art der Geothermie ist besonders effizient, erfordert jedoch eine aufwändige Bohrung und hohe Investitionskosten.

Erdwärmekollektoren hingegen werden horizontal in einer Tiefe von etwa 1,5 bis 2 Metern verlegt und gewinnen Wärme mit einer Leistung von 20-30 W pro Quadratmeter. Sie benötigen eine größere Fläche, sind jedoch kostengünstiger in der Installation als Erdwärmesonden.

Grundwasserbrunnen nutzen das Grundwasser als Wärmequelle, indem sie Wasser aus einem Brunnen entnehmen, die Wärme entziehen und das abgekühlte Wasser in einem zweiten Brunnen zurückführen. Diese Methode ist sehr effizient, aber nur in Gebieten mit geeigneten Grundwasserverhältnissen und ausreichender Wasserqualität umsetzbar.

Jede dieser Technologien bietet spezifische Vorteile und Herausforderungen, die bei der Planung der Wärmeversorgung für das Neubaugebiet sorgfältig abgewogen werden müssen. Für das Neubaugebiet Hüdderath stehen theoretisch etwa 20.000 m² unterhalb der Häuser zur Verfügung, was die Nutzung von Erdwärmekollektoren möglich macht und ein theoretisches Wärmepotenzial von knapp 2 MW mit sich bringt.

Luft-Wasser-Wärmepumpe

Luft-Wasser-Wärmepumpen bieten eine flexible und umweltfreundliche Möglichkeit zur Wärmeerzeugung. Sie nutzen die Umgebungsluft als Wärmequelle, um diese auf ein höheres Temperaturniveau zu bringen und für die Heizung und Warmwasserbereitung bereitzustellen.

Diese Technologie kann sowohl zentral als auch dezentral eingesetzt werden. Zentrale Systeme versorgen mehrere Wohneinheiten über ein Nahwärmenetz, während dezentrale Systeme in einzelnen Gebäuden installiert werden. Der Vorteil von Luft-Wasser-Wärmepumpen liegt in ihrer einfachen Installation und den vergleichsweise geringen Investitionskosten. Jedoch sinkt ihre Effizienz bei niedrigen Außentemperaturen, was die Heizleistung in den Wintermonaten beeinträchtigen kann. Um 75% des Bedarfs des Neubaugebiets Hütterath zu decken ist eine Anlagenleistung von mindestens 217 kW notwendig.

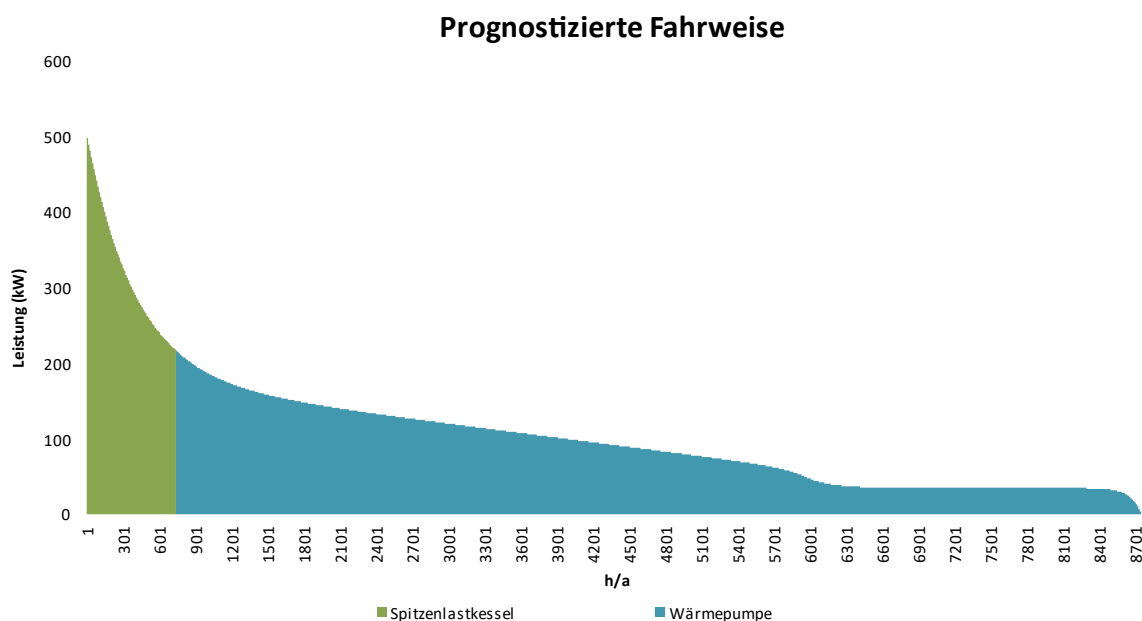


Abbildung 72: Mögliche Jahresdauerlinie für die Kombination Luft-Wasser-Wärmepumpe und Erdgasspitzenlastkessel

Feste Biomasse

Die Nutzung von fester Biomasse, wie Hackschnitzel oder Pellets, bietet eine nachhaltige und CO₂-neutrale Möglichkeit zur Wärmeerzeugung. Biomassekessel können zentral in einer Heizzentrale installiert werden, die das gesamte Neubaugebiet über ein Nahwärmenetz versorgt. Eine mögliche Fläche für die Heizzentrale befindet sich nordöstlich des Neubaugebiets, was die Logistik der Biomasseversorgung erleichtern könnte. Biomasse hat den Vorteil, dass sie kontinuierlich verfügbar ist und nicht von Wetterbedingungen abhängt. Allerdings sind die Kosten für die Logistik und Lagerung der Brennstoffe sowie die Emissionen und der Platzbedarf für die Heizzentrale zu berücksichtigen. Das genaue Potenzial an lokal verfügbarer Biomasse muss in einer Marktabfrage abschließend geklärt werden.

Seewasser-Wärmepumpe

Der benachbarte Baggersee Hüdderath bietet die Möglichkeit, eine Seewasser-Wärmepumpe für den Sommerbetrieb zu installieren. Diese Technologie nutzt die Wärme des Seewassers, um Gebäude zu beheizen. Eine Heizzentrale in der Nähe des Sees könnte die Wärme effizient aufnehmen und an das Nahwärmenetz weitergeben. Wie in Kapitel 4.2.2.3 beschrieben, ist seitens des Besitzers des Sees ein Wärmeentnahme nur in den Sommermonaten zugelassen.



Abbildung 73: Möglicher Aufstellungsort der Heizzentrale für eine Seewasser-Wärmepumpe

Biogas-Blockheizkraftwerk (BHKW)

Ein Biogas-Blockheizkraftwerk (BHKW) bietet die Möglichkeit, sowohl Strom als auch Wärme zu erzeugen. In Kevelaer ist bereits eine Biogasanlage vorhanden, die als Gaslieferant dienen könnte. Biogas-BHKWs nutzen das erzeugte Biogas zur Verbrennung, um elektrische Energie und gleichzeitig Wärme zu produzieren. Diese gekoppelte Erzeugung ist besonders effizient und wirtschaftlich attraktiv, da die Abwärme, die bei der Stromerzeugung entsteht, direkt zur Beheizung genutzt werden kann. Die mögliche Gasmenge muss jedoch geprüft werden, um die Versorgungssicherheit und die Wirtschaftlichkeit dieses Ansatzes sicherzustellen. Biogas-BHKWs tragen zur Reduktion von CO₂-Emissionen bei und ermöglichen eine lokale und erneuerbare Energieversorgung.

4.3.3 Potenziale zur Stromerzeugung

Photovoltaik

Photovoltaikanlagen bieten eine nachhaltige Möglichkeit zur Stromerzeugung, indem sie Sonnenlicht in elektrische Energie umwandeln. Im geplanten Neubaugebiet Hüdderath können Photovoltaikmodule auf den Dächern der Gebäude installiert werden, wodurch eine Fläche von etwa 15.300 m² genutzt werden könnte. Diese Technologie ermöglicht es, einen Teil des Strombedarfs direkt vor Ort zu decken und trägt zur Reduktion von CO₂-Emissionen bei. Photovoltaikanlagen haben den Vorteil, dass sie vergleichsweise einfach zu installieren sind und geringen Wartungsaufwand erfordern. Allerdings schwankt die Stromerzeugung je nach Tageszeit und Jahreszeit erheblich, sodass in den Wintermonaten und bei schlechtem Wetter weniger Strom produziert wird. Überschüssiger Strom, der nicht sofort verbraucht werden kann, kann ins Netz eingespeist und vergütet werden, was die Wirtschaftlichkeit der Anlagen erhöht.

Blockheizkraftwerk (BHKW)

Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) ermöglicht die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme durch die Verbrennung von Gas, wobei die Abwärme zur Beheizung genutzt wird. Im Neubaugebiet Hüdderath könnte ein wärmegeführtes BHKW installiert werden, das den Strombedarf bilanziell zu 100 % decken kann. Diese Technologie ist besonders effizient, da die Abwärme, die bei der Stromerzeugung entsteht, nicht ungenutzt bleibt, sondern zur Heizung und Warmwasserbereitung verwendet wird. Der Betrieb eines BHKW bietet den Vorteil, dass die erzeugte elektrische Energie entweder direkt vor Ort genutzt oder ins öffentliche Netz eingespeist und vergütet werden kann. Dadurch wird eine hohe wirtschaftliche Effizienz erreicht. Ein weiterer Vorteil ist die kontinuierliche Verfügbarkeit von Strom und Wärme, unabhängig von äußeren Wetterbedingungen. Die Integration eines BHKW in das Energiesystem des Neubaugebiets erfordert jedoch eine sorgfältige Planung und Abstimmung, insbesondere hinsichtlich der Brennstoffversorgung und der Dimensionierung der Anlage, um eine optimale Leistung zu gewährleisten.

4.3.4 Mögliche Varianten und Bewertung

Im Rahmen der Untersuchung wurden sieben verschiedene Varianten für die Wärmeversorgung des Neubaugebiets bei einer Netztemperatur von 55/35 °C (Vorlauf/Rücklauf) geprüft:

1. Ein Biomethan-BHKW in Kombination mit einem Erdgaskessel als Spitzenlast und Redundanz.
2. Geothermie kombiniert mit Solarthermie und einem Erdgaskessel als Spitzenlast und Redundanz.
3. Geothermie kombiniert mit Solarthermie und elektrischer Wärmeerzeugung als Spitzenlast und Redundanz.
4. Ein Biomassekessel mit einem Erdgaskessel als Spitzenlast und Redundanz.
5. Ein Biomassekessel mit Seewasser-Wärmepumpe und einem Erdgaskessel als Spitzenlast und Redundanz.
6. Eine zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpe mit einem Erdgaskessel als Spitzenlast und Redundanz.
7. Dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen mit Erdgaskesseln als Spitzenlast und Redundanz.












Variante	Hauptenergie	Nebenenergie	Absicherung	Netztemperatur	Kundenseite
1	Biomethan-BHKW 		Erdgas 	55/35	Wärmeübergabestation
2	Geothermie 	Solar 	Erdgas 	55/35	Wärmeübergabestation
3	Geothermie 	Solar 	Strom 	55/35	Wärmeübergabestation
4	Biomasse 		Erdgas 	55/35	Wärmeübergabestation
5	Biomasse 	Seewasser-Wärmepumpe 	Erdgas 	55/35	Wärmeübergabestation
6	Luft-Wasser-Wärmepumpe (zentral) 		Erdgas 	55/35	Wärmeübergabestation
7	Luft-Wasser-Wärmepumpe (dezentral) 		Erdgas 	55/35	Wärmeübergabestation

Tabelle 10: Varianten zur Wärmeerzeugung Neubaugebiet Hüdderath

Der durchgeführte Vollkostenvergleich ergab, dass die Varianten mit Biogas, Biomasse, der Seewasser-Wärmepumpe sowie die zentrale Versorgung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe (Varianten 1, 4, 5 und 6) am kostengünstigsten sind. Zu beachten ist, dass Variante 1 zwar höhere Kosten aufweist als die Varianten 4, 5 und 6, durch die Einspeisung und Vergütung überschüssigen Stroms kann hier jedoch auch ein Einkommen erwirtschaftet werden, welches sich positiv auf die Bilanz des Biogas-BHKWs auswirkt.

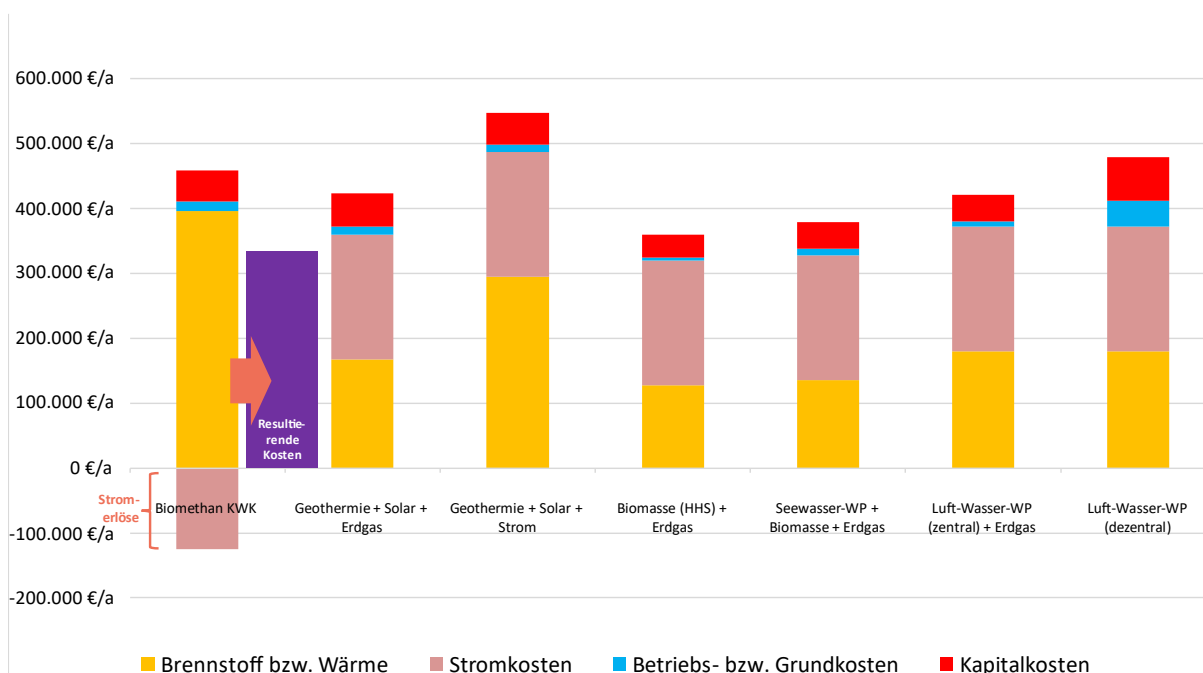


Abbildung 74: Vollkostenvergleich der Wärmeerzeugungsvarianten

Es wurde mit einer Anschlussquote von 100 % gerechnet, da die Möglichkeit besteht, durch eine frühzeitige Planung potenzielle Interessenten zu überzeugen und eine zentrale Wohnungsbaugesellschaft die Mehrfamilienhäuser bauen könnte. Dies würde eine zentrale Wärmeversorgung erleichtern. Dennoch besteht das Risiko, dass bei einer geringeren Anschlussquote zentrale Lösungen teurer und somit weniger attraktiv werden könnten.

4.3.5 Fazit und Maßnahmenkatalog

Die aktuelle Betrachtung zeigt, dass zentrale Lösungen mit einem Nahwärmenetz gegenüber dezentralen Lösungen wirtschaftlicher sind. Es stehen lokal ausreichend erneuerbare Energiepotenziale zur Verfügung, um den Wärme- und Strombedarf des Neubaugebiets zu decken. Für eine genauere Bewertung muss die weitere Planung des Neubaugebiets und die Festlegung des Bebauungsplans abgewartet werden.

4.3.5.1 Maßnahmen:

In Anbetracht der bisherigen Analysen und der Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien im Neubaugebiet Hüdderath werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

Vorplanung eines möglichen Wärmenetzes

Nach der weiteren Planung des Baugebiets sollte eine detaillierte Vorplanung des Wärmenetzes erfolgen. Dies umfasst die Dimensionierung des Netzes, die Auswahl geeigneter Anlagentechniken sowie die Planung der Hausanschlüsse. Ziel ist es, ein effizientes und zuverlässiges Nahwärmenetz zu etablieren, das den Wärmebedarf der Bewohner deckt und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen maximiert.

Intensivere Prüfung lokaler Biomasse- und Biogaspotenziale:

Eine detaillierte Untersuchung der verfügbaren Biomasse- und Biogaspotenziale vor Ort ist notwendig. Dabei sollten verfügbare Mengen an Biogas, Hackschnitzeln und Pellets, deren Preise sowie die logistische Infrastruktur für die Anlieferung geprüft werden. Es muss ein geeigneter Standort für die Heizzentrale und ein Lager für die Biomasse gefunden werden. Bei der Standortwahl ist darauf zu achten, dass die Anlieferung mit Traktoren die Anwohner möglichst wenig beeinträchtigt und die Straßen ausreichende Stabilität aufweisen.

Weitergehende Abstimmung mit dem Betreiber des Baggersees Hüdderath

Zur Nutzung der Seewasserwärme könnte eine engere Zusammenarbeit mit dem Betreiber des Baggersees Hüdderath erfolgen. Eine technische und wirtschaftliche Machbarkeitsstudie ist durchzuführen, um die Möglichkeit der Wärmenutzung zu prüfen. Dabei sind die ökologischen Auswirkungen und die langfristige Nachhaltigkeit der Wasserressource zu berücksichtigen. Ziel ist es, die Seewasser-Wärmepumpe als Teil des zentralen Wärmenetzes zu integrieren, um die Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu maximieren. Vorab wurde seitens des Besitzers kommuniziert, dass eine Wärmeentnahme nur in den Monaten April-Oktober möglich sei. Dies schränkt das Potential erheblich ein, da vor allem im Winter eine Wärmequelle benötigt wird.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Geoportal Niederrhein, „Flächennutzungsplan Kevelaer,“ [Online]. Available: https://xplanservices.krzn.de/kleve/xplan-wms/getAttachment?featureID=XPLAN_FP_PLAN_fc9ba369-3a86-4b7a-85d4-1df16dfa5f1c&filename=FPN_Kevelaer.pdf. [Zugriff am 23 07 2024].
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, „Sanierungsbedarf im Gebäudebestand,“ Berlin, 2014.
- [3] M. Schlesinger, P. Hofer, A. Kemmler und A. Kirchner, „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung,“ Basel, Köln, Osnabrück, 2010.
- [4] Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, TU Bergakademie Freiberg, „Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiebedarf von Gebäuden und den Ertrag erneuerbarer Energien,“ 14. *Symposium Energieinnovation*, pp. 1-9, 2016.
- [5] Deutsche Energie-Agentur, „DENA-Gebäudereport 2023 Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand.,“ Berlin, 2024.
- [6] M. Kaltschmitt, W. Streicher und A. Wiese, ERNEUERBARE ENERGIEN - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 3. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2003.
- [7] Geologischer Dienst NRW, „Geothermie-Portal NRW,“ [Online]. Available: <https://www.geothermie.nrw.de/oberflaechennah>. [Zugriff am 18 07 2024].
- [8] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, „Energieatlas NRW,“ [Online]. Available: https://www.energieatlas.nrw.de/site/planungskarte_waerme. [Zugriff am 1 7 2024].
- [9] T. Storvick und G. Suppes, Handbook of Geothermal Energy, Springer, 2016.
- [10] R. DiPippo, Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact. 4th ed., Elsevier Ltd., 2016.
- [11] Geologischer Dienst NRW, „Seismik Niederrhein - Erste Ergebnisse,“ 2024.
- [12] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, „Abwasserwärmenutzung - behagliche Wärme aus dem Abwasserkanal,“ 2021. [Online]. Available: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/energieeffizienz/abwasserwaermenutzung>. [Zugriff am 11 Juli 2024].
- [13] Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW), „Praxisleitfaden Solarthermie,“ 2021.
- [14] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, „Solarkataster NRW,“ [Online]. Available: https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster. [Zugriff am 10 07 2024].

- [15] Information und Technik Nordrhein-Westfalen, „Open Geodata NRW - Potentialdaten Solarthermie,“ [Online]. Available: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/klima/solarkataster/solarthermie/. [Zugriff am 10 07 2024].
- [16] D. T. T. S. J. D. F. S. Nikolas Rommeiß, Energetische Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst, Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, 2006.
- [17] Umweltbundesamt, „Photovoltaik-Dachanlagen,“ 26 03 2024. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaik-dachanlagen#Wirtschaftlichkeit>. [Zugriff am 08 08 2024].
- [18] Wallfahrtsstadt Kevelaer, „Webseite der Wallfahrtsstadt Kevelaer,“ 05 07 2024. [Online]. Available: <https://www.kevelaer.de/bauen-umwelt/stadtplanung/flaechennutzungsplan/>. [Zugriff am 05 07 2024].
- [19] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, „Daten und Fakten zu Land-, Forst-, und Ernährungswirtschaft mit Fischerei und Wein- und Gartenbau,“ 05 04 2021. [Online]. Available: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/daten-fakten-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=8. [Zugriff am 22 12 2023].
- [20] Hessisches Statistisches Landesamt, „Hessische Gemeindestatistik 2023,“ 2023.
- [21] M. Lödl, G. Kerber, P. D. R. Witzmann, D. C. Hoffman und D. M. Metzger, „Abschätzung des Photovoltaik-Potenzials auf Dachflächen in Deutschland,“ 11. *Symposium Energieinnovation*, pp. 1-14, 2010.
- [22] Landesenergieagentur Hessen GmbH, „Solar-Kataster Hessen - Solarenergie-Potenziale erkennen,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.lea-hessen.de/buergerinnen-und-buerger/sonnenenergie-nutzen/solarkataster-hessen/>. [Zugriff am 11 Juli 2024].
- [23] Adaption Energiesysteme AG, „Integriertes kommunales Klimaschutzkonzept,“ Aachen/Eschborn, 2014.
- [24] Institut für Thermische Energietechnik Uni Kassel, „Machbarkeitsuntersuchung Abwärmenutzung aus Rechenzentren in Eschborn und Frankfurt-Sossenheim,“ LEA LandesEnergieAgentur Hessen GmbH, Wiesbaden, 2023.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Flächennutzung in der Gemeinde Kevelaer [1].....	14
Abbildung 2: Überwiegende Gebäudecharakteristik nach Baublöcken	15
Abbildung 3: Prozentuale Aufteilung der Gebäudecharakteristik.....	16
Abbildung 4: Gebäudebestand nach Baualtersklassen	16
Abbildung 5: numerische Verteilung der Baualtersklassen.....	17
Abbildung 6: Gebäudenutzung in Kevelaer	17
Abbildung 7: Gebäudenutzung in absoluten Zahlen.....	18
Abbildung 8: beheizte Flächen (aggregiert).....	19
Abbildung 9: Numerische Aufteilung der beheizten Flächen in absoluten Zahlen (aggregiert).....	19
Abbildung 10: Verteilung der Wärmebedarfe in MWh/a.....	20
Abbildung 11: Aufteilung des Wärmebedarfs nach Energieträger, prozentual	20
Abbildung 12: Aufteilung des Wärmebedarfs nach Energieträger, absolut.....	21
Abbildung 13: Aufteilung des Wärmebedarfs nach Gebäudenutzung, absolut.....	21
Abbildung 14: Verteilung der Heizungstechnologie auf Baublockebene.....	22
Abbildung 15: Heizungsalter, gebäudescharf	23
Abbildung 16: Numerische Verteilung der Heizungsanlagen nach Alter.....	23
Abbildung 17: Endenergieverbrauch nach Energieträgern 2021	25
Abbildung 18: Gesamtenergieverbrauch in [GWh/a] nach Energieträger: Entwicklung sowie Verteilung im Jahr 2021	26
Abbildung 19: Endenergieverbrauch in [GWh/a] nach Sektoren - Entwicklung	26
Abbildung 20: Endenergieverbrauch nach Sektoren - Verteilung im Jahr 2021	27
Abbildung 21: Treibhausgasemissionen pro Kopf 2021	28
Abbildung 22: Treibhausgasemissionen pro Kopf – Entwicklung	28
Abbildung 23: Aufteilung der THG-Emissionen für 2021 nach Energieträger.....	29
Abbildung 24: Treibhausgasemissionen pro m ² beheizte Fläche nach Energieträger – Entwicklung.....	29
Abbildung 25: Endenergieverbrauch in [GWh/a] für Wärme aufgeteilt nach Energieträgern – Entwicklung.....	30
Abbildung 26: Endenergieverbrauch in [GWh/a] für Wärme aufgeteilt nach Energieträgern – Verteilung im Jahr 2021.....	31
Abbildung 27: Endenergieverbrauch in [GWh/a] für Wärme aufgeteilt nach Sektoren – Entwicklung	31
Abbildung 28: Endenergiebedarf Wärme pro m ² beheizte Wohnfläche 2021	32
Abbildung 29: Endenergiebedarf Wärme pro m ² beheizte Wohnfläche - Entwicklung.....	32
Abbildung 30: Bereitstellung von Strom aus lokalen EE-Anlagen.....	34
Abbildung 31: Anteile der vorhanden lokalen Stromerzeugungsanlagen	34
Abbildung 32: Transportleitungen (lila) und Verteilleitungen (blau) Gasnetz Kevelaer	36



Abbildung 33: Heizzentrale und Wärmespeicher (grün), Gebäudenetz (orange)	37
Abbildung 34: örtliche Verteilung der KWK-Anlagen im Untersuchungsgebiet Kevelaer	38
Abbildung 35: Abwassernetz Kevelaer, aggregiert nach Nennweiten der Kanäle	39
Abbildung 36: Stromnetze in Kevelaer auf Hoch- und Mittelspannungsebene einschließlich der Umspannstationen auf Mittelspannung und Niederspannung	40
Abbildung 37: Vorgehen zur Ermittlung der Energieeinsparpotenziale	42
Abbildung 38: Flächenbezogener Endenergieverbrauch für Wohngebäude nach Altersklasse im IST- Stand und nach energetischer Sanierung mit Ziel 2045	42
Abbildung 39: Entwicklung des Wärmebedarfs der Gebäudeart „Gewerbe und Industrie“	43
Abbildung 40: Übersicht Entwicklung des Wärmebedarfs in Kevelaer	45
Abbildung 41: Definition der Potentialbegriffe nach Kaltschmitt, Streicher, Wiese [6]	47
Abbildung 42: Geothermische Ergiebigkeit für Erdwärmekollektoren [7]	50
Abbildung 43: Gebiete mit wasserwirtschaftlichen Einschränkungen [7]	51
Abbildung 44: Wasserrechtliche Schutzgebiete in Kombination mit thermischer Ergiebigkeit [7]	52
Abbildung 45: Geothermische Ergiebigkeit für Erdwärmesonden bei 40 m Tiefe [7]	54
Abbildung 46: Wasserrechtliche Schutzgebiete in Kombination mit thermischer Ergiebigkeit Wärmesonden bei 40 m Tiefe [7]	55
Abbildung 47: Oberflächennahe Geothermie – theor. Jahreswärmemengen für ausgewählte Beispielfläche	57
Abbildung 48: Wärmemengen für Grundwasserbrunnen Windmühlenstr. für versch. Temperaturabsenkungen des Grundwassers	59
Abbildung 49: geologische Schichten in der Region. Quelle: [11]	61
Abbildung 50: Darstellung der geologischen Perioden mit Temperaturniveau für die Wallfahrtsstadt Kevelaer [11]	62
Abbildung 51: Temperaturprofil der Niers in Kevelaer. Quelle: Niersverband	67
Abbildung 52: Denkbare Entnahmestellen zur Fluss- und Seewasserwärmenutzung	69
Abbildung 53: Mögliche Nutzwärmemengen einer Trinkwasser-Wärmepumpe in Abhängigkeit verschiedener Temperaturabsenkungen	73
Abbildung 54: Technische Möglichkeiten des Wärmeentzugs aus Abwasser [12]	74
Abbildung 55: Darstellung des Kanalnetzes in Kevelaer mit >DN800 sowie Betriebsstätten	76
Abbildung 56: Beispiel Freifläche Solarthermie	83
Abbildung 57: Geeignete Dachflächen für Solarthermie in Kevelaer-Twisteden	84
Abbildung 58: Inhalte der Plattform für Abwärme nach Energieeffizienzgesetz	87
Abbildung 59: Trassenverlauf des Gebäudenetzes in Kevelaer. Quelle: Schloss Wissen	92
Abbildung 60: Gasnetztransformationsplanung der Gelsenwasser Energienetze GmbH. Quelle: Gelsenwasser	95



Abbildung 61: Potentialanalyse Wasserstoff gem. Gasnetztransformationsplanung der Gelsenwasser
Energienetze GmbH. Quelle: Gelsenwasser 98

Abbildung 62: Szenarioentwicklung gem. Gasnetztransformationsplan der Gelsenwasser Energienetze
GmbH. Quelle: Gelsenwasser 99

Abbildung 63: Übersicht verschiedener Power-to-X Prozesse 100

Abbildung 64: PV-Freiflächenanlagen in Kevelaer. Quelle: Wallfahrtsstadt Kevelaer 101

Abbildung 65: Prognose der Entwicklung installierter Dach-PV-Leistung in Kevelaer (ohne
Freiflächenanlagen)..... 102

Abbildung 66: Windkraftanlagen im Stadtgebiet Kevelaer. Quelle: Wallfahrtsstadt Kevelaer 103

Abbildung 67: Theoretische Anzahl an Stunden mit Überschussstrom aus PV und Wind..... 104

Abbildung 68: Theoretisches jährliches Wasserstoffpotenzial aus Überschussstrom EE für Elektrolyse 104

Abbildung 69: Sanierungsgebiet „Innenstadt“ gem. Sanierungssatzung der Wallfahrtsstadt Kevelaer 107

Abbildung 70: Neubaugebiet Hüdderath..... 108

Abbildung 71: Verfügbare Dachflächen für Solarthermie..... 109

Abbildung 72: Mögliche Jahresdauerlinie für die Kombination Luft-Wasser-Wärmepumpe und
Erdgasspitzenlastkessel 111

Abbildung 73: Möglicher Aufstellungsort der Heizzentrale für eine Seewasser-Wärmepumpe 112

Abbildung 74: Vollkostenvergleich der Wärmeerzeugungsvarianten 115



7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wärmebedarf nach Nutzungsart der Gebäude	41
Tabelle 2 Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs in [GWh/a] bis 2045	45
Tabelle 3: Angestrebter Anteil am gesamten Wärmebedarf nach Gebäudenutzung	46
Tabelle 4: Vor- und Nachteile von Erdwärmesonden im Vergleich zu Erdwärmekollektoren	56
Tabelle 5: Orientierungswerte für Volumenströme in Abwasserkanälen	77
Tabelle 6: Qualitative Bewertung der Entnahmekategorien von Abwasser.....	80
Tabelle 7: Mögliche Energiemengen für eine Freiflächen Solarthermieanlage [13].....	83
Tabelle 8: Mögliche Energiemengen für Dachflächensolarthermie in Kevelaer [13].....	85
Tabelle 9: Wärmepotenzial feste Biomasse	90
Tabelle 10: Varianten zur Wärmeerzeugung Neubaugebiet Hüdderath	114