



Potenzialanalyse (Entwurfsfassung)

Kommunale **Wärmeplanung** der Gemeinde Nümbrecht.

Impressum

Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Nümbrecht

Auftraggeber: Gemeinde Nümbrecht, Hauptstraße 16, 51588 Nümbrecht

Durchgeführt durch die BMU Energy Consulting GmbH

Autoren:

Dr.-Ing Michael Becker (BMU Energy Consulting GmbH)

Jöran Schirmer (BMU Energy Consulting GmbH)

Anschrift BMU Energy Consulting GmbH:

BMU Energy Consulting GmbH

Lise-Meitner-Straße 1-13, 42119 Wuppertal

E-Mail: info@bmu-energy-consulting.de

Webseite: <https://bmu-energy-consulting.de/>

Datum:

August 2026

Titelbild-Bildnachweis:

Eigene Grafik

Gender-Hinweis:

Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Bericht in Teilen das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich auf alle Geschlechter.

Inhalt

Impressum.....	2
Inhalt.....	3
Abkürzungsverzeichnis.....	4
1 Potenzialanalyse	5
1.1 Einordnung der Umsetzbarkeit von Potenzialen.....	5
1.2 Schutzgebiete	6
1.3 Solarthermie.....	7
1.4 Abwasser aus Kanälen und Kläranlagen.....	10
1.4.1 Kanäle.....	10
1.4.2 Kläranlage	11
1.5 Gewässer.....	12
1.6 Biomasse.....	12
1.7 Geothermie.....	13
1.7.1 Geothermische Voraussetzungen.....	13
1.7.2 Nutzungsformen der Geothermie	15
1.7.2.1 Erdwärmekollektoren (oberflächennahe Geothermie).....	15
1.7.2.2 Erdwärmesonden (oberflächennahe und mitteltiefe Geothermie)	15
1.7.2.3 Hydrothermale Geothermie (mitteltiefe und tiefe Geothermie)	17
1.8 Industrielle Abwärme.....	17
1.9 Luft-Wasser-Wärmepumpen	18
1.10 Windenergie.....	19
1.11 Zusammenfassung.....	21
Literaturverzeichnis.....	23
Abbildungsverzeichnis.....	24
Tabellenverzeichnis.....	25

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
COP	Coefficient of Performance (Leistungszahl)
DN	Nennweite (Diameter Nominal)
FFH	Fauna-Flora-Habitat
GWh	Gigawattstunden
kW	Kilowatt
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
NRW	Nordrhein-Westfalen
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
W/(m·K)	Watt pro Meter und Kelvin

1 Potenzialanalyse

Ziel der Potenzialanalyse ist die systematische Identifizierung erneuerbarer Energiepotenziale im Wärmesektor, die zur Transformation der Wärmeversorgung im Gemeindegebiet Nümbrecht beitragen können. Der Fokus liegt dabei auf Potenzialen, die perspektivisch für die Einspeisung in klimaneutrale Wärmenetze nutzbar gemacht werden können.

1.1 Einordnung der Umsetzbarkeit von Potenzialen

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden Potenziale zur Wärmeversorgung in mehreren Stufen betrachtet. Ausgangspunkt ist dabei das technische Potenzial, das beschreibt, welcher Anteil eines theoretisch vorhandenen Energiepotenzials unter gegebenen technischen Randbedingungen grundsätzlich nutzbar wäre. Diese Betrachtung berücksichtigt bewusst keine rechtlichen Restriktionen sowie wirtschaftlichen Fragestellungen und dient dazu, ein möglichst vollständiges Bild der technisch verfügbaren Potenziale zu erhalten.

Die kommunale Wärmeplanung fokussiert sich in einem ersten Schritt auf diese technischen Potenziale (siehe Abbildung 1), um eine robuste und vergleichbare Datengrundlage für die weitere Planung zu schaffen. Aspekte der rechtlichen Zulässigkeit (z. B. planungs- oder genehmigungsrechtliche Einschränkungen) sowie der Wirtschaftlichkeit werden in dieser Phase noch nicht bewertet. Diese Faktoren sind stark standort- und projektspezifisch und werden daher in einem späteren Schritt differenziert berücksichtigt.

Erst im Rahmen der Ziel- und Umsetzungsszenarien erfolgt eine schrittweise Einschränkung der technischen Potenziale hin zu wirtschaftlich und praktisch realisierbaren Lösungen. Dabei spielen unter anderem die räumliche Nähe zu bestehenden oder potenziellen Wärmenetzen, die Erschließbarkeit von Standorten, infrastrukturelle Voraussetzungen sowie weitere lokale Rahmenbedingungen eine zentrale Rolle. Auf dieser Basis wird analysiert, welche der technisch möglichen Potenziale sinnvoll in das zukünftige Wärmesystem integriert werden können.

Diese stufenweise Vorgehensweise ermöglicht eine transparente und nachvollziehbare Herleitung der Ergebnisse und stellt sicher, dass strategische Entscheidungen nicht vorschnell durch Einzelrestriktionen eingeschränkt werden.

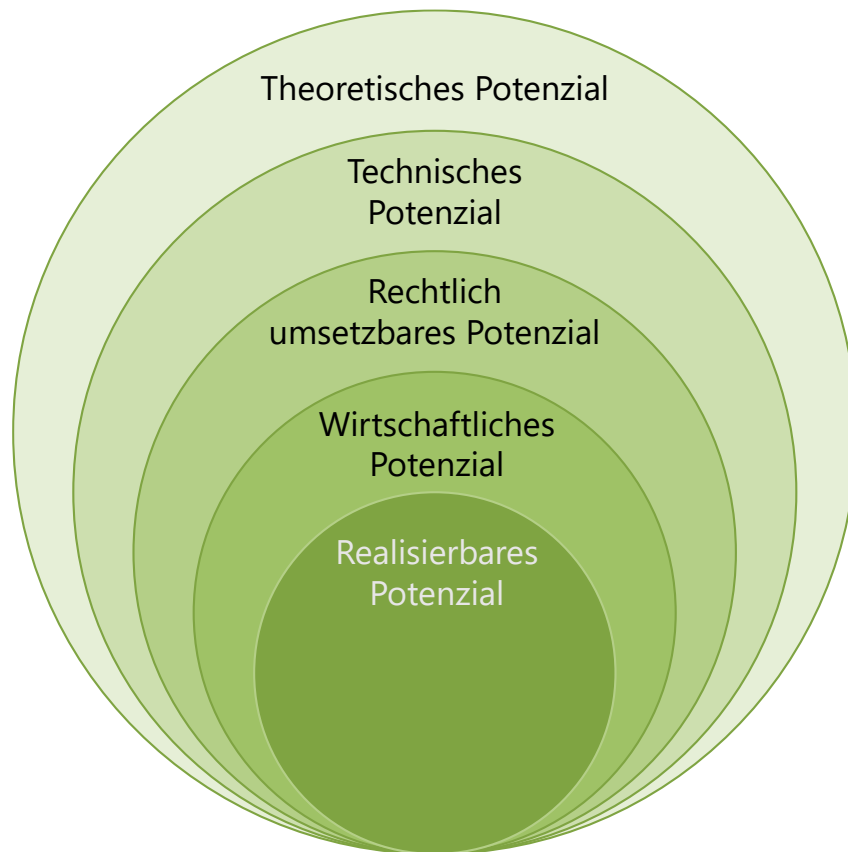


Abbildung 1: Potenzialzwiebel – Darstellung von unterschiedlichen Ebenen von Potenzialen

1.2 Schutzgebiete

Bei der Identifikation potenziell geeigneter Flächen für technische Anlagen zur Wärmeerzeugung ist zu berücksichtigen, dass bestimmte Bereiche des Gemeindegebiets gesetzlich als Schutzgebiete definiert werden. In diesen Gebieten ist die Errichtung entsprechender Anlagen entweder vollständig ausgeschlossen oder nur unter Erfüllung strenger Auflagen zulässig. Schutzgebiete stellen somit eine wesentliche planerische Restriktion dar, die sowohl die Anzahl als auch die Gesamtfläche potenziell geeigneter Standorte für Wärmeerzeugungsanlagen erheblich einschränkt.

Für das Gemeindegebiet Nümbrecht wurden verschiedene Schutzgebietskategorien erfasst, die in Tabelle 1 beschrieben sowie in Abbildung 2 kartografisch dargestellt sind.

Tabelle 1: Schutzgebiete in Nümbrecht und ihre Bedeutung für Wärmeerzeugungsanlagen

Gebietstyp	Beschreibung
FFH-Gebiete	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete sind Teil des europäischen Natura-2000-Netzwerks und sichern die Erhaltung seltener Lebensräume und Arten. Sie unterstehen sehr strengem Schutz. Die Errichtung technischer Anlagen ist hier nicht zulässig.
Geschützte Biotope	Geschützte Biotope gemäß § 62 LG NRW unterliegen einem besonderen rechtlichen Schutz, da sie Lebensräume darstellen, die für den Erhalt der biologischen Vielfalt von besonderer Bedeutung sind. Sie sind von der energetischen Nutzung auszuschließen.

Landschafts- schutzgebiete	Landschaftsschutzgebiete schützen das Landschaftsbild sowie die Erholungsfunktion. Sie gelten nicht als absolute Ausschlussgebiete, werden jedoch in der Planung als sensibel eingestuft. Eine Nutzung kann möglich sein, bedarf jedoch der Genehmigung und ist meist mit Auflagen verbunden.
Naturschutz- gebiete	Naturschutzgebiete dienen dem Schutz besonders empfindlicher Ökosysteme und Arten. Sie unterliegen strengem Schutz. Die Errichtung technischer Anlagen ist hier nicht zulässig.

Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete sowie geschützte Biotope betreffen im Gemeindegebiet Nümbrecht vorwiegend Waldflächen, die für Freiflächenanlagen wie Großwärmepumpen oder Solarthermianlagen grundsätzlich nicht als geeignete Standorte in Betracht kommen. Darüber hinaus ist der Flächenanteil dieser Schutzgebietskategorien im Gemeindegebiet insgesamt gering ausgeprägt. Demgegenüber steht ein erheblicher Anteil der Gemeindefläche unter Landschaftsschutz. Landschaftsschutzgebiete stellen zwar keine absoluten Ausschlussflächen dar, werden im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung jedoch als sensible Bereiche eingestuft, die einer vertieften Einzelfallprüfung bedürfen. Demnach besteht die Gemeindefläche Nümbrechts zu 85 % aus Schutzgebieten.

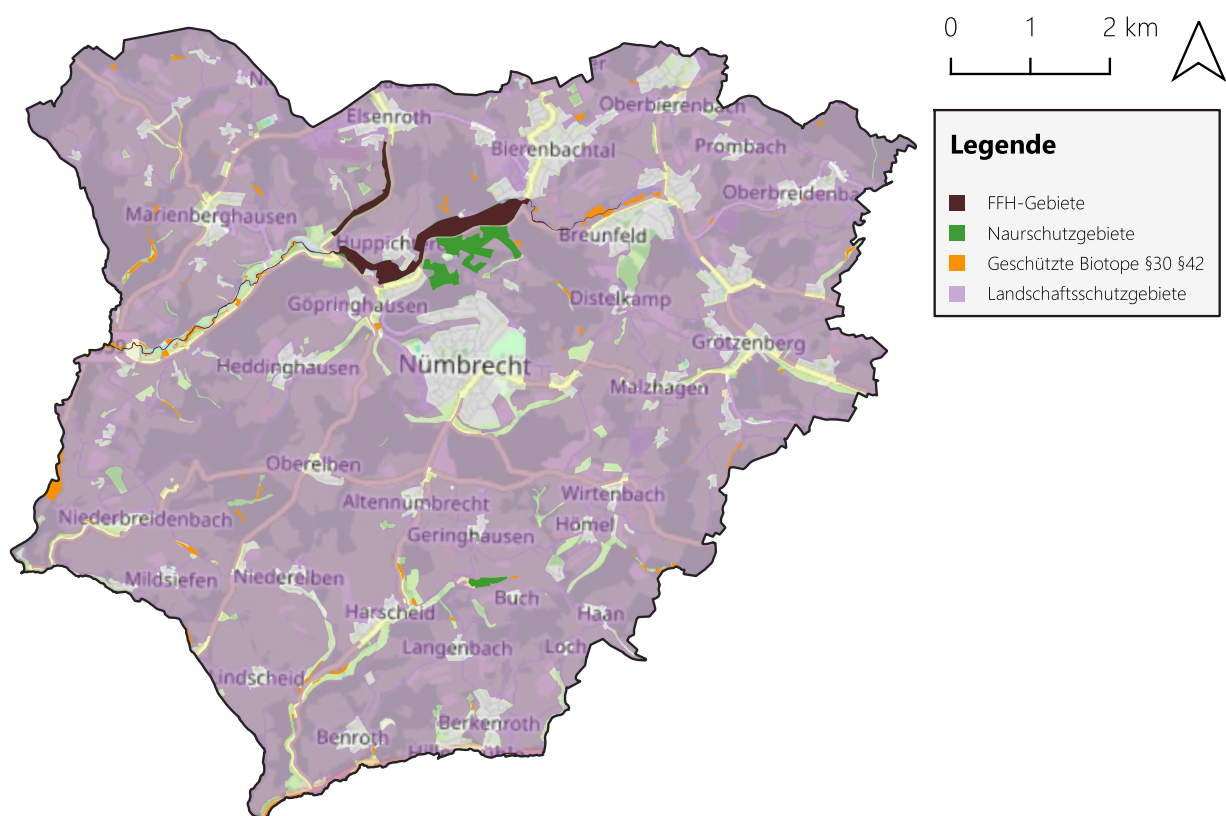


Abbildung 2: Bedeutsame Schutzgebiete im Gemeindegebiet Nümbrecht [1]

1.3 Solarthermie

Solarthermie bezeichnet den Einsatz von Sonnenkollektoren zur thermischen Energieerzeugung, wobei die gewonnene Wärme unmittelbar der Trinkwarmwasserbereitung, der Unterstützung der

Raumwärmeversorgung oder der Einspeisung in Wärmenetze als Bestandteil eines übergeordneten Wärmeerzeugungsmixes zugeführt werden kann. Solarthermische Anlagen können sowohl auf Dachflächen als auch auf Freiflächen installiert werden und kommen damit für eine Vielzahl von Standorten im Gemeindegebiet in Betracht.

In Anlehnung an die Wärmestudie NRW [2] wurde das Potenzial von Solarthermieanlagen auf Freiflächen untersucht. In Abbildung 3 sind alle hierfür theoretisch nutzbaren Freiflächen dargestellt, die in die Kategorien Acker- und Grünland unterteilt sind. Es ist zu erkennen, dass im Großteil des Gemeindegebiets entsprechende Potenzialflächen für solarthermische Freiflächenanlagen vorhanden sind.

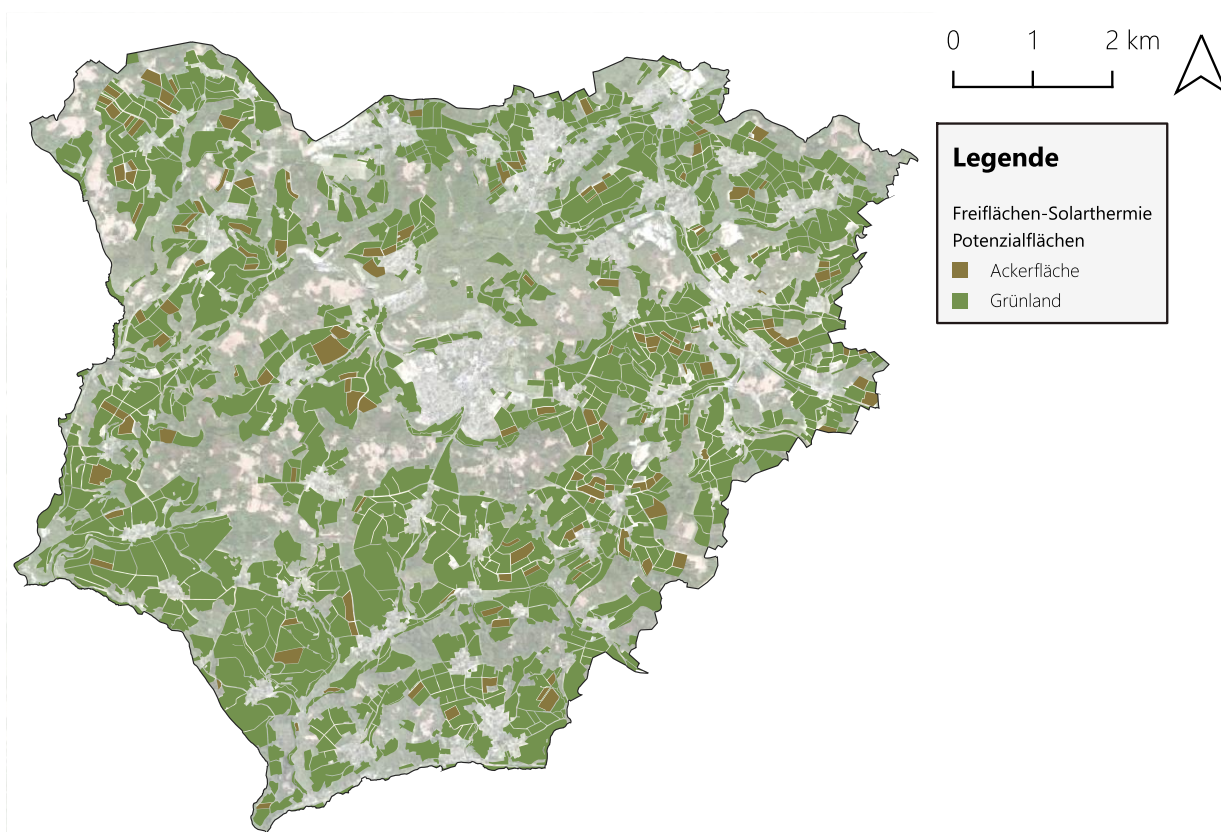


Abbildung 3: Theoretische Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie im Gemeindegebiet Nümbrecht

In Abbildung 4 ist das theoretisch nutzbare Potenzial, eingeschränkt auf praktisch nutzbare Flächen, dargestellt. Bei der Flächenauswahl wurden ausschließlich Grünlandflächen berücksichtigt, da diese im Vergleich zu Ackerflächen eine geringere Flächenkonkurrenz zur landwirtschaftlichen Nutzung aufweisen. Ergänzend wurde die Entfernung zu bestehenden Bebauungsstrukturen vorgenommen. Aufgrund des hohen Grünlandanteils im Gemeindegebiet sowie der homogen verteilten Siedlungsstruktur mit zahlreichen Ortschaften wird die Verfügbarkeit geeigneter Potenzialflächen durch diese Kriterien nur geringfügig eingeschränkt. Die Flächen sind entsprechend der potenziell erzeugbaren Wärmemenge bei Einsatz von Flachkollektoren farblich differenziert dargestellt. Insgesamt ergibt sich für das Gemeindegebiet Nümbrecht bei der Nutzung von Flachkollektoranlagen auf Freiflächen ein technisches Wärmezeugungspotenzial von rund 3.057 GWh pro Jahr sowie eine installierbare Leistung von rund 10.386 MW.

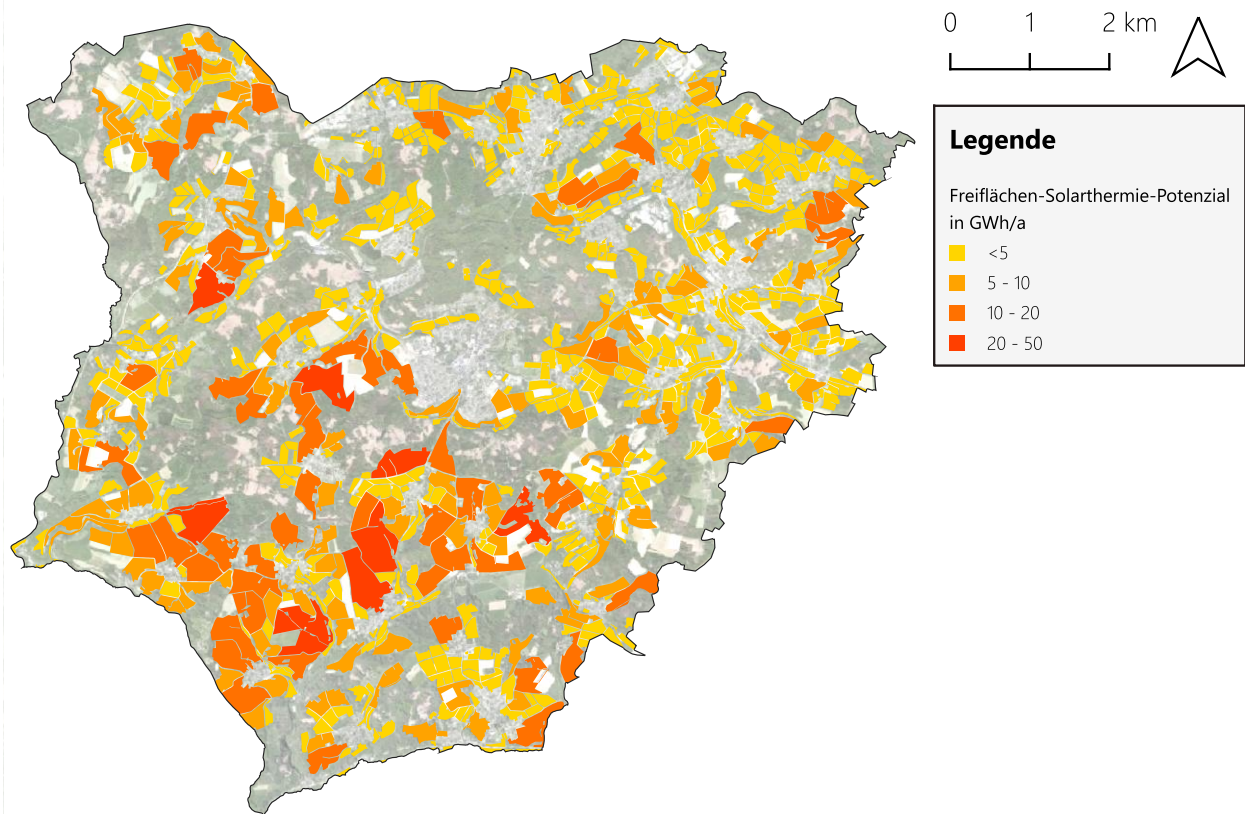


Abbildung 4: Praktisches Flächenpotenzial für Freiflächen-Solarthermie nach [2] im Gemeindegebiet Nümbrecht

Die praktische Nutzung des solarthermischen Potenzials wird durch verschiedene Faktoren eingeschränkt. Neben der Flächenverfügbarkeit, die durch planungsrechtliche Restriktionen sowie bestehende Flächennutzungen begrenzt wird, stellt die saisonale Schwankung der Sonneneinstrahlung eine wesentliche technische Herausforderung dar. Die solare Einstrahlung verläuft gegenläufig zum Wärmebedarf: In den Sommermonaten steht ein hohes Energieangebot bei gleichzeitig geringem Wärmebedarf zur Verfügung, während in den Wintermonaten, in denen der Heizbedarf seinen Jahreshöchstwert erreicht, die solare Einstrahlung deutlich reduziert ist. Ein hoher solarthermischer Deckungsanteil in Wärmenetzen erfordert daher eine sorgfältige systemtechnische Planung, insbesondere den Einsatz saisonaler Wärmespeicher sowie die Integration ergänzender Wärmequellen zur Sicherstellung einer ganzjährig stabilen Wärmeversorgung.

Neben der zentralen Nutzung in Wärmenetzen bieten dezentrale Solarthermieranlagen auf Dachflächen ergänzende Potenziale zur Wärmegewinnung. Diese eignen sich insbesondere für Wohngebäude, gewerbliche Gebäude sowie öffentliche Liegenschaften, da die erzeugte Wärmeenergie unmittelbar am Erzeugungsort genutzt werden kann. Für das Gemeindegebiet Nümbrecht wird das technische Potenzial solarthermischer Dachanlagen auf insgesamt 210 GWh Wärme pro Jahr beziffert. Unter Berücksichtigung der saisonalen Verfügbarkeit und der systemtechnischen Randbedingungen ist davon ein praktisch nutzbarer Anteil von 5 GWh jährlich im Bereich der Trinkwarmwassererzeugung erschließbar [3].

1.4 Abwasser aus Kanälen und Kläranlagen

1.4.1 Kanäle

Das Gemeindegebiet Nümbrecht verfügt über ein zusammenhängendes Kanalnetz, das von der Gemeindewerke Nümbrecht GmbH betrieben wird. Insgesamt sind über 98 % der Einwohnerinnen und Einwohner an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Das anfallende Abwasser wird vollständig zur Kläranlage Homburg-Bröl abgeleitet.

Abwasserkanäle stellen aufgrund ihrer vergleichsweise konstanten Durchflussmengen sowie der ganzjährig konstanten Wassertemperaturen um die 15 °C eine potenziell nutzbare Wärmequelle dar. Eine wesentliche technische Herausforderung bei der Erschließung dieses Potenzials liegt im nachträglichen Einbau von Wärmetauschern in das bestehende Kanalnetz. In diesem Zusammenhang kommt dem Kanaldurchmesser eine entscheidende Bedeutung zu. Als Mindestanforderung für eine technische Nutzung gilt allgemein eine Nennweite von DN 800 und mehr [4]. In Abbildung 5 sind die Kanalabschnitte des Gemeindegebiets mit Nennweiten ab DN 800 kartografisch dargestellt.

Darüber hinaus wird die maximal zulässige Wärmeentnahme des Abwassers durch die Anforderungen der biologischen Reinigungsprozesse in der Kläranlage begrenzt. Um die Reinigungsleistung nicht zu beeinträchtigen, sollte die Temperaturdifferenz des eingeleiteten Abwassers einen Wert von 0,5 °C im Vergleich zum langjährigen periodenbezogenen Schwankungsbereich nicht unterschreiten [4]. Da keine detaillierten Abflussmessungen für einzelne Kanalabschnitte vorliegen, erfolgt die Berechnung auf Basis der gesamten Abwassermenge, die am Ablauf der Kläranlage gemessen wird. Auf Grundlage der gesamten Abwassermenge und der einzuhaltenden Temperaturdifferenz am Einlauf der Kläranlage wird das energetische Potenzial des Kanalnetzes berechnet.

Grundsätzlich kann im Kanalnetz eine höhere Temperaturdifferenz für die Abwasserwärmenutzung angesetzt werden, sofern sichergestellt ist, dass die einzuhaltende Temperaturdifferenz am Eingang der Kläranlage eingehalten wird. Diese lokale Ermittlung des Abwasserwärmepotenzials kann jedoch aufgrund von fehlenden Messdaten zu lokalen Abwassermengen nicht durchgeführt werden.

Der durchschnittliche Trockenwetterabfluss, der die bei trockener Witterung ohne nennenswerten Niederschlagseinfluss anfallende Abwassermenge beschreibt, beträgt 7.807 m³ pro Tag. Bei einer Abkühlung dieser Wassermenge um 0,5 °C ergibt sich eine entnehmbare thermische Leistung von 189 kW. In Abhängigkeit der angesetzten Vollbenutzungsstunden ergibt sich folgendes jährliches Wärmebereitstellungspotenzial:

- 378 MWh bei 2.000 Vollbenutzungsstunden
- 945 MWh bei 5.000 Vollbenutzungsstunden
- 1.656 MWh bei 8.760 Vollbenutzungsstunden

Insgesamt ist die Wärmeentnahme aus dem Kanalnetz für das Gemeindegebiet Nümbrecht somit im Jahr auf maximal 1.656 MWh begrenzt. Eine technisch realisierbare Nutzung ist aufgrund der Mindestanforderungen an den Kanaldurchmesser jedoch nur an wenigen Abschnitten des Kanalnetzes möglich (siehe Abbildung 5).

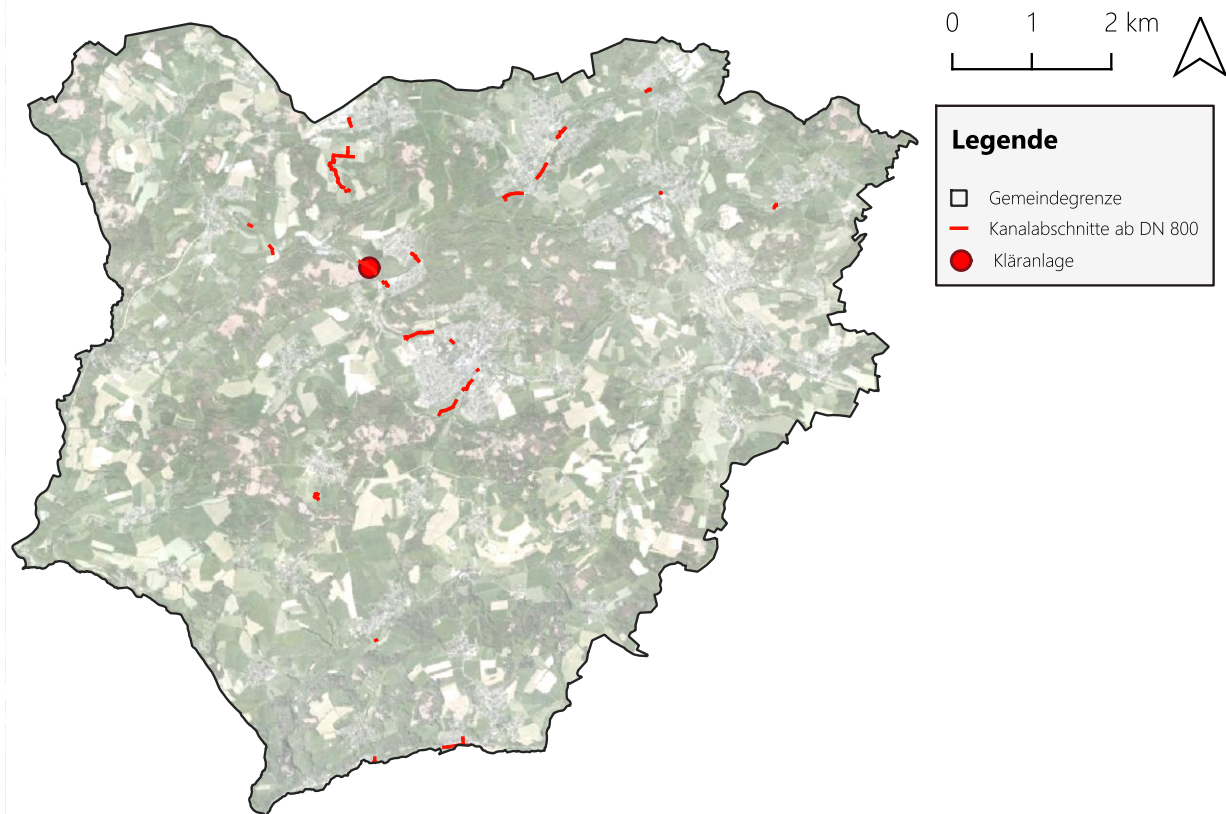


Abbildung 5: Kanalabschnitte ab DN800 im Gemeindegebiet Nümbrecht sowie Standort der Kläranlage Homburg-Bröl

1.4.2 Kläranlage

Die Abwasserentsorgung der Gemeinde Nümbrecht erfolgt über die Kläranlage Homburg-Bröl, die vom Aggerverband betrieben wird. Das geklärte Abwasser wird am Anlagenstandort in die Bröl eingeleitet. Der Standort der Kläranlage ist in Abbildung 5 kartografisch dargestellt.

Kläranlagen stellen ein technisch gut erschließbares Potenzial zur Wärmegewinnung dar. Insbesondere der kontinuierlich anfallende und temperaturstabile Kläranlagenablauf eignet sich als zuverlässige Wärmequelle für die Nutzung mit Wärmepumpensystemen. Die mittlere Auslauftemperatur der Kläranlage Homburg-Bröl beträgt 13,3 °C. In den Sommermonaten werden Auslauftemperaturen von über 18 °C erreicht, während im Winter eine minimale Auslauftemperatur von rund 7,5 °C gemessen wird.

Zur Bestimmung des energetischen Potenzials des Kläranlagenablaufs wurde eine Abkühlung des mittleren Trockenwetterabflusses von 7.807 m³ pro Tag um 5 °C angesetzt. Daraus ergibt sich eine thermische Entzugsleistung von rund 1.891 kW. In Abhängigkeit der angesetzten Vollbenutzungsstunden ergeben sich folgende theoretisch nutzbare Potenziale:

- 3,8 GWh bei 2.000 Vollbenutzungsstunden
- 9,5 GWh bei 5.000 Vollbenutzungsstunden
- 16,6 GWh bei 8.760 Vollbenutzungsstunden

Für die Nutzung des Wärmepotenzials ist mit dem Abwasserverband und gegebenenfalls der Gemeinde zu klären, inwiefern eine Nutzung des Abwassers zur Wärmeversorgung in Frage kommt und

ob bauliche oder organisatorische Hemmnisse bestehen. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Abkühlung des Kläranlagenablaufs keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bröl haben darf. Da der Kläranlagenablauf in der Regel eine höhere Temperatur als die Bröl aufweist, dürfte sich eine moderate Abkühlung eher positiv auf die Temperaturverhältnisse des Gewässers auswirken.

1.5 Gewässer

Oberflächengewässer wie Flüsse und Seen können als Wärmequelle für die thermische Energieerzeugung genutzt werden. Dabei wird dem Gewässer mittels Wärmetauscher Wärmeenergie entzogen und über Wärmepumpen auf ein für die Wärmeversorgung nutzbares Temperaturniveau angehoben. Je nach Gewässertyp wird zwischen Flussthermie und Seethermie unterschieden. Voraussetzung für eine wirtschaftliche Nutzung ist ein ausreichendes und möglichst ganzjährig stabiles Wasserdargebot. Gleichzeitig sind gewässerökologische Mindestanforderungen einzuhalten.

Im Gemeindegebiet Nümbrecht sind keine Seen vorhanden, die aufgrund ihrer Größe und Wassertiefe für eine solche Nutzung in Betracht kämen. Das größte Fließgewässer im Gemeindegebiet ist die Bröl. Der Mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) der Bröl beträgt 117 l/s [5]. Der MNQ beschreibt dabei den langjährigen Mittelwert der jährlichen Niedrigwasserabflüsse und stellt somit einen konservativen Referenzwert für die Abschätzung des dauerhaft verfügbaren Wasserdargebots dar. Bei einer Temperaturabsenkung der Bröl um 1 °C ergibt sich auf Basis dieses Wertes eine entnehmbare thermische Leistung von 489 kW.

In Abhängigkeit der angesetzten Vollbenutzungsstunden ergibt sich daraus folgendes jährliches Wärmebereitstellungspotenzial:

- 1 GWh bei 2.000 Vollbenutzungsstunden
- 2,5 GWh bei 5.000 Vollbenutzungsstunden
- 4,3 GWh bei 8.760 Vollbenutzungsstunden

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass für die vorliegende Berechnung keine zeitlich aufgelösten Abfluss- und Temperaturdaten zur Verfügung stehen. Insbesondere in den Wintermonaten, in denen der Wärmebedarf seinen Jahreshöchstwert erreicht, können niedrige Gewässertemperaturen sowie reduzierte Pegelstände das realistische Potenzial erheblich einschränken. Die genannten Werte sind daher als Abschätzung des technischen Potenzials zu verstehen.

1.6 Biomasse

Biomasse ist ein nachwachsender Rohstoff, dessen energetische Nutzung zur Wärmergewinnung bilanziell den erneuerbaren Energien zugeordnet wird. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird zwischen fester Biomasse in Form von Waldrestholz und gasförmiger Biomasse aus der Landwirtschaft, sowohl tierischer als auch pflanzlicher Herkunft, unterschieden. Die für Nümbrecht ermittelten Potenziale sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Potenzial von gasförmiger und fester Biomasse in Nümbrecht

Quelle der Biomasse	Wärmpotenzial in GWh/a
Waldrestholz (fest)	6,8
Pflanzliche Biomasse aus Energiepflanzen (gasförmig)	8,2
Tierische Biomasse aus Gülle (gasförmig)	10,8
Gesamtpotenzial der Biomasse	25,8

Gemäß der Datengrundlage aus [6] verfügt das Gemeindegebiet Nümbrecht über eine Waldfläche von rund 22 km², was einem Anteil von rund 30 % der gesamten Gemeindefläche entspricht. Für die Berechnung des Waldrestholzpotenzials wurden Naturschutzgebiete sowie geschädigte Waldgebiete, je nach Schadensgrad vollständig oder anteilig, von der nutzbaren Fläche abgezogen. Auf Basis der Angaben aus [7] ergibt sich daraus ein energetisches Potenzial von 6,8 GWh pro Jahr. Die Ergebnisse der Bestandsanalyse zeigen, dass im Status quo bereits 18,7 GWh an Wärme über feste Biomasse bereitgestellt werden. Das lokale Waldrestholzpotenzial ist damit bereits vollständig ausgeschöpft, sodass feste Biomasse insbesondere für die zentrale Wärmeversorgung nur in begrenztem Umfang als zusätzliche Ressource eingeplant werden kann.

Die landwirtschaftlich genutzten Flächen im Gemeindegebiet umfassen 34,7 km², was rund 48 % der Gesamtfläche entspricht. Davon entfallen 2,5 km² auf Ackerland und 31,9 km² auf Grünland. Unter der Annahme, dass 9 % der Ackerflächen für den Anbau von Energiepflanzen genutzt werden, was dem deutschen Durchschnittswert entspricht, ergibt sich über die Methanisierung der Energiepflanzen ein energetisches Potenzial von 8,2 GWh [9] [8]. Das Potenzial der tierischen Biomasse wurde auf Basis des Bestands an Rindern und Schweinen ermittelt, der anhand der landwirtschaftlichen Flächen aus [6] sowie der Tierzahldichten gemäß [10] abgeschätzt wurde. Daraus ergibt sich ein Potenzial von 10,8 GWh. In der Summe beläuft sich das Potenzial gasförmiger Biomasse im Gemeindegebiet Nümbrecht auf rund 19 GWh.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist im Gemeindegebiet Nümbrecht keine Biogasanlage zur Erzeugung von gasförmiger Biomasse in Betrieb. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass ein Teil der lokal anfallenden Biomasse bereits in Anlagen benachbarter Kommunen verarbeitet wird. Es ist daher davon auszugehen, dass ein hoher Anteil des ermittelten Potenzials von 19 GWh noch nicht erschlossen ist und perspektivisch für die Wärmeversorgung nutzbar gemacht werden könnte.

1.7 Geothermie

1.7.1 Geothermische Voraussetzungen

Geothermie bezeichnet die Nutzung der im Erdinneren gespeicherten Wärmeenergie zur Wärme- oder Stromerzeugung. Allgemein wird zwischen oberflächennaher Geothermie (bis ca. 400 m Tiefe), mitteltiefer Geothermie (400 m bis 1.000 m Tiefe) und tiefer Geothermie (ab 1.000 m Tiefe) unterschieden. Darüber hinaus kann zwischen der Nutzung von Erdwärmesonden, bei denen dem Untergrund Wärme über geschlossene Rohrsysteme entzogen wird, und der hydrothermalen Geothermie unterschieden werden, bei der natürlich vorhandenes Tiefenwasser als Wärmequelle genutzt wird.

Für das Gemeindegebiet Nümbrecht bestehen für die Nutzung von Erdwärmesonden grundsätzlich geeignete geologische Voraussetzungen. Gemäß dem Geologischen Dienst NRW liegen für das Gemeindegebiet geeignete Wärmeleitfähigkeiten des Untergrunds für Bohrungen bis zu einer Tiefe von 1.000 m vor. Für die hydrothermale Geothermie bestehen nach Einschätzung des Geologischen Dienstes NRW hingegen keine Potenziale im Gemeindegebiet Nümbrecht.

Für den Einsatz oberflächennaher und mitteltiefer Geothermie sind die einschlägigen wasser- und bodenschutzrechtlichen Vorgaben zu beachten. Eine wesentliche planerische Restriktion stellen in diesem Zusammenhang Wasserschutzgebiete dar, die dem Schutz von Trinkwasserressourcen dienen und in deren Schutzzonen geothermische Eingriffe in der Regel unzulässig oder erheblich eingeschränkt sind. Im Gemeindegebiet Nümbrecht sind keine ausgewiesenen Wasserschutzzonen vorhanden. Wie in Abbildung 6 dargestellt, liegen im Gemeindegebiet jedoch hydrogeologisch sensible Bereiche vor. In diesen Bereichen ist für geothermische Vorhaben eine Einzelfallprüfung durch die zuständige Behörde erforderlich.

Ein wesentlicher Faktor für die Effizienz geothermischer Anlagen ist die Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds, da diese maßgeblich die Entzugsleistung von Erdwärmesonden bestimmt. Der Geologische Dienst NRW weist für das Gemeindegebiet Nümbrecht in einer Tiefe von 100 m Wärmeleitfähigkeiten zwischen 2,5 und 2,9 W/(m·K) aus. Diese Werte sind als gut bis sehr gut einzustufen und bieten damit günstige geologische Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Betrieb geothermischer Anlagen in weiten Teilen des Gemeindegebiets. In Kombination mit dem geringen Flächenanteil an Ausschlussflächen ergeben sich für das Gemeindegebiet Nümbrecht insgesamt gute Potenziale für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie.

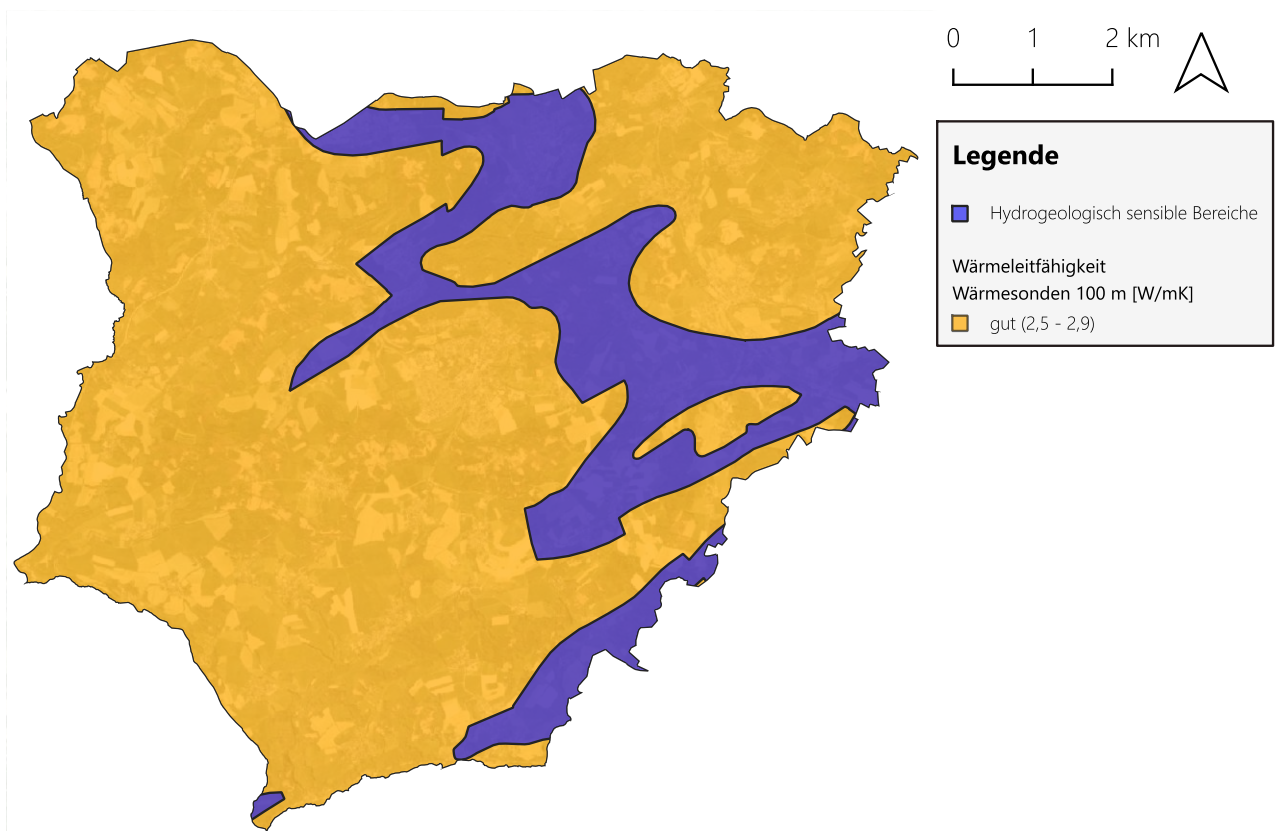


Abbildung 6: Geothermische Voraussetzungen im Gemeindegebiet Nümbrecht [11]

1.7.2 Nutzungsformen der Geothermie

1.7.2.1 Erdwärmekollektoren (oberflächennahe Geothermie)

Erdwärmekollektoren sind flächengebundene Systeme zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie. Im Gegensatz zu vertikal in den Untergrund eingebrachten Erdwärmesonden bestehen Kollektoren aus horizontal verlegten Rohrsystemen, die in einer Tiefe von etwa 1,2 bis 1,5 m installiert werden. Sie nutzen die ganzjährig vergleichsweise konstante Bodentemperatur zur Wärmegewinnung und werden in der Regel in Kombination mit einer Wärmepumpe betrieben. Eine wichtige Randbedingung zur Erschließung dieses technischen Potenzials ist, dass Erdkollektoren nicht überbaut oder versiegelt werden dürfen, damit der Boden Wärmeenergie durch Sonneneinstrahlung und Regenwasser aufnehmen kann [12].

Abbildung 7 zeigt das technisch erschließbare Potenzial für Erdwärmekollektoren im Gemeindegebiet Nümbrecht. Die farbliche Staffelung gibt dabei die jährlich theoretisch nutzbare Wärmemenge je Flächeneinheit an. Insgesamt weist das Gemeindegebiet Nümbrecht bei 1.800 Vollbenutzungsstunden pro Jahr ein theoretisches Gesamtpotenzial von rund 659 GWh/a für die Nutzung von Erdwärmekollektoren auf.

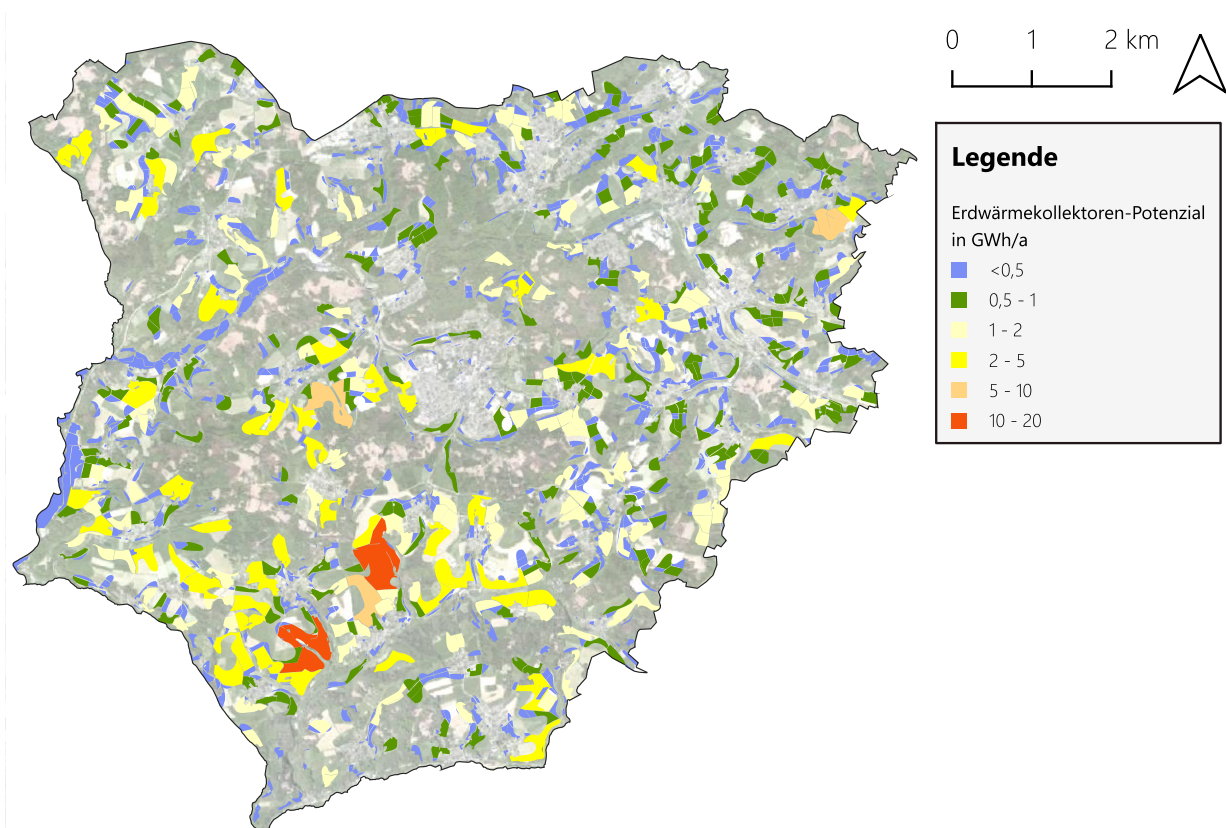


Abbildung 7: Erdwärmekollektoren-Potenzial auf Freiflächen im Gemeindegebiet Nümbrecht

1.7.2.2 Erdwärmesonden (oberflächennahe und mitteltiefe Geothermie)

Erdwärmesonden sind vertikale Bohrungen zur Nutzung der oberflächennahen und mitteltiefen Geothermie. In den Bohrungen zirkuliert eine Wärmeträgerflüssigkeit, die die im Erdreich gespeicherte Wärme aufnimmt. Mittels einer Wärmepumpe wird die aufgenommene Energie auf ein für die Gebäudebeheizung oder Trinkwarmwasserbereitung nutzbares Temperaturniveau angehoben. Im

Gegensatz zu Erdwärmekollektoren zeichnen sich Erdwärmesonden durch einen geringen Flächenbedarf aus, da die Wärmeerschließung in die Tiefe erfolgt und der Einsatz damit auch auf kleineren Grundstücken möglich ist.

Abbildung 8 zeigt die Erschließungspotenziale für Erdwärmesonden im Gemeindegebiet Nümbrecht, differenziert nach der potenziell nutzbaren Wärmemenge pro Jahr. Bei der Berechnung wurden ausschließlich Bohrungen bis zu einer Tiefe von 100 m berücksichtigt. Bohrungen in diesem Tiefenbereich sind genehmigungsrechtlich weniger aufwendig, da sie nicht dem Bundesbergrecht unterliegen. Die Notwendigkeit der Anzeige und Abstimmung des Vorhabens mit den entsprechenden Behörden, u. a. den Unteren Wasserbehörden, bleibt natürlich weiterhin bestehen. Zudem stehen für diesen Tiefenbereich die detailliertesten und flächendeckendsten Datengrundlagen zur Verfügung, wodurch eine belastbare Potenzialanalyse ermöglicht wird.

Es ist darauf hinzuweisen, dass sich die vorliegende Flächenanalyse auf Freiflächen bezieht, die vorrangig für eine zentrale Wärmeherzeugung im Zusammenhang mit der Einspeisung in Wärmenetze in Betracht kommen. Die Eignung dezentraler Erdwärmesondenbohrungen in Form von Sole-Wasser-Wärmepumpen auf Grundstücksebene wird gesondert im Rahmen des Zielszenarios bewertet.

Insgesamt wird für das Gemeindegebiet Nümbrecht ein theoretisch nutzbares Potenzial von 1.956 GWh pro Jahr ausgewiesen. Der Berechnung liegt eine angenommene Vollbenutzungsdauer von 2.100 Stunden pro Jahr zugrunde. Durch die Nutzung tieferer Sondenbohrungen von mehr als 100 m könnte das erschließbare Potenzial grundsätzlich weiter erhöht werden. Erdwärmesonden stellen damit technisch das größte geothermische Einzelpotenzial im Gemeindegebiet dar. Bei der weiteren Planung sind jedoch die räumliche Nähe zu bestehenden oder potenziellen Wärmebedarfen sowie mögliche Flächenkonkurrenzen mit anderen Nutzungen zu berücksichtigen.

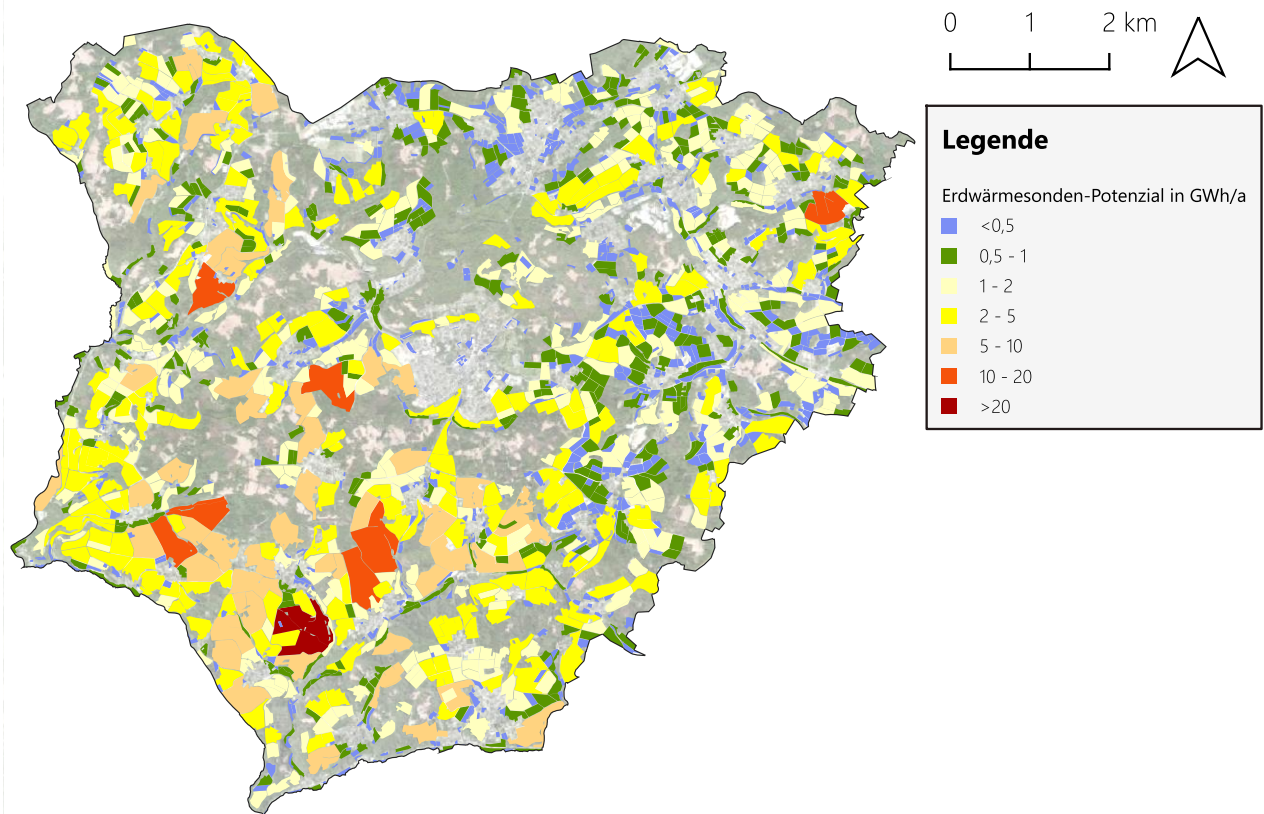


Abbildung 8: Erdwärmesonden-Potenzial auf Freiflächen im Gemeindegebiet Nümbrecht

1.7.2.3 Hydrothermale Geothermie (mitteltiefe und tiefe Geothermie)

Die hydrothermale Geothermie nutzt natürlich vorkommendes Tiefenwasser als Wärmequelle. Hierfür werden wasserführende Gesteinsschichten in größeren Tiefen erschlossen, aus denen das erwärmte Wasser gefördert, energetisch genutzt und anschließend wieder in den Untergrund zurückgeführt wird. Die Effizienz und Wirtschaftlichkeit dieser Technologie hängen maßgeblich von der geologischen Beschaffenheit des Untergrunds ab. Entscheidende Faktoren sind dabei die Ergiebigkeit und Durchlässigkeit der wasserführenden Gesteinsschichten sowie die Temperatur des geförderten Tiefenwassers.

Die geologische Erkundung potenzieller Standorte ist mit erheblichem technischem und finanziellem Aufwand verbunden. Erkundungsbohrungen sind erforderlich, um die tatsächliche Fündigkeit, Ergiebigkeit und Durchlässigkeit der Gesteinsschichten zu bestimmen. Trotz bestehender Fördermöglichkeiten des Landes Nordrhein-Westfalen verbleibt ein finanzielles Restrisiko in Millionenhöhe.

Für das Gemeindegebiet Nümbrecht haben bislang keine vertieften Untersuchungen zur hydrothermalen Geothermie stattgefunden. Die Wärmestudie NRW weist für das Gemeindegebiet keine Potenziale der hydrothermalen Geothermie aus [2]. Gemäß dem Geothermischen Informationssystem sind nach aktuellem Kenntnisstand ebenfalls keine hydrothermalen Potenziale vorhanden [13].

1.8 Industrielle Abwärme

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde untersucht, in welchem Umfang im Gemeindegebiet Nümbrecht industrielle Abwärmepotenziale vorhanden sind, die perspektivisch für eine leistungsgebundene oder dezentrale Wärmeversorgung nutzbar gemacht werden könnten.

Zur Erhebung potenzieller Abwärmequellen wurden Unternehmen im Gemeindegebiet mittels eines standardisierten Fragebogens befragt. Insgesamt beteiligten sich fünf Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen an der Befragung. Keines der befragten Unternehmen gab ein nutzbares Abwärmepotenzial an. Diese Einschätzung wird durch die Auswertung der Prozesswärmeverbräuche im Gemeindegebiet gestützt, auf deren Grundlage ebenfalls kein nennenswertes industrielles Abwärmepotenzial identifiziert werden konnte.

1.9 Luft-Wasser-Wärmepumpen

Luft-Wasser-Wärmepumpen werden für die zukünftige Wärmeversorgung in Deutschland eine bedeutende Rolle einnehmen. Sie kommen dabei nicht nur als dezentrale Lösung auf Gebäudeebene in Betracht, sondern können ebenso als zentrale Wärmeerzeuger im Rahmen einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung eingesetzt werden. Der vorliegende Abschnitt konzentriert sich auf die Analyse zentraler Anwendungen. Die Eignung von Gebäuden für den dezentralen Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen wird gesondert im Rahmen des Zielszenarios thematisiert.

Die wesentliche Restriktion für den Betrieb von Luft-Wasser-Wärmepumpen, sowohl im zentralen als auch im dezentralen Einsatz, stellen die Schallemissionen der Außengeräte dar. Wärmepumpenanlagen müssen die Anforderungen der „Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ (TA Lärm) erfüllen, die verbindliche Grenzwerte für Schallimmissionen vorgibt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden alle Freiflächen, einschließlich Grünland-, Ackerland- sowie Gewerbe- und Industrieflächen, hinsichtlich ihrer Eignung für den Betrieb zentraler Luft-Wasser-Wärmepumpen geprüft. Berücksichtigt wurden dabei ausschließlich Flächen, die sich innerhalb eines Abstands von weniger als 1 km zu nennenswerter Bebauung befinden, um eine sinnvolle Integration in die Wärmeversorgung zu gewährleisten. Als Datengrundlage für die Flächennutzung wurden die Angaben aus [6] herangezogen. Einschlägige Ausschlussflächen wurden in der Analyse berücksichtigt, beeinflussen das Ergebnis für das Gemeindegebiet Nümbrecht jedoch nicht maßgeblich.

In Abbildung 9 sind die für den Betrieb zentraler Luft-Wasser-Wärmepumpen geeigneten Freiflächen einschließlich ihrer jeweiligen thermischen Leistungspotenziale dargestellt. Als Mindestanforderung wurde eine installierbare thermische Leistung von 0,25 MW je Fläche angesetzt. Potenzialflächen, die diesen Schwellenwert nicht erreichen, wurden nicht in die Auswertung einbezogen.

Insgesamt wurden im Rahmen der Auswertung 1.216 Eignungsflächen identifiziert, die aus schallemissionstechnischer Sicht thermische Leistungen zwischen 0,25 MW und 40,5 MW erreichen. Auffällig ist dabei, dass ein Großteil der Potenzialflächen in der Nähe kleinerer Ortschaften liegt. In der Summe ergibt sich unter Annahme von 2.000 Vollbenutzungsstunden ein theoretisches energetisches Gesamtpotenzial von 11.430 GWh. Dieser Wert ist als obere Abschätzung des theoretischen Potenzials einzuordnen, da standortspezifische Faktoren wie Netzanbindung, Flächenverfügbarkeit und infrastrukturelle Voraussetzungen im Einzelfall zu einer Einschränkung des realisierbaren Potenzials führen können.

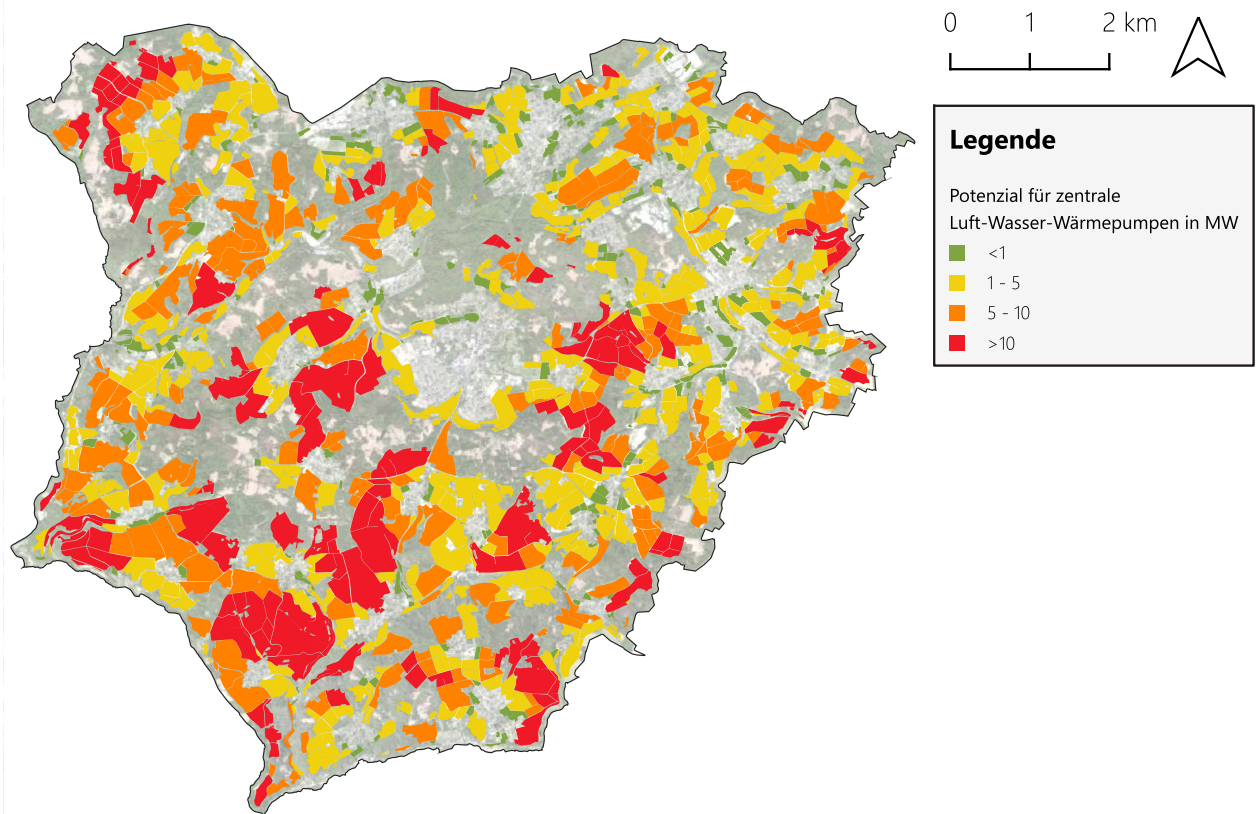


Abbildung 9: Potenzial für zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen im Gemeindegebiet Nümbrecht

1.10 Windenergie

Die Windenergienutzung soll zukünftig einen relevanten Beitrag zur erneuerbaren Stromerzeugung im Gemeindegebiet Nümbrecht leisten. Aktuell sind drei Windkraftanlagen an zwei Standorten in Planung. Zwei Anlagen sind westlich der Ortschaften Oberelben und Heddinghausen vorgesehen, eine weitere Anlage östlich der Ortschaft Hömel. Die geplanten Standorte sind in Abbildung 10 kartografisch dargestellt. Die Anlagen sind jeweils mit einer Nennleistung von 6 MW geplant, woraus sich eine installierte Gesamtleistung von 18 MW ergibt. Der erwartete Jahresenergieertrag beläuft sich auf rund 20 GWh pro Anlage, was einem prognostizierten Gesamtertrag von etwa 60 GWh pro Jahr entspricht. Der erzeugte Strom kann dabei nicht nur zur Deckung des elektrischen Bedarfs eingesetzt werden, sondern steht perspektivisch auch als Energiequelle für die strombasierte Wärmezeugung zur Verfügung.

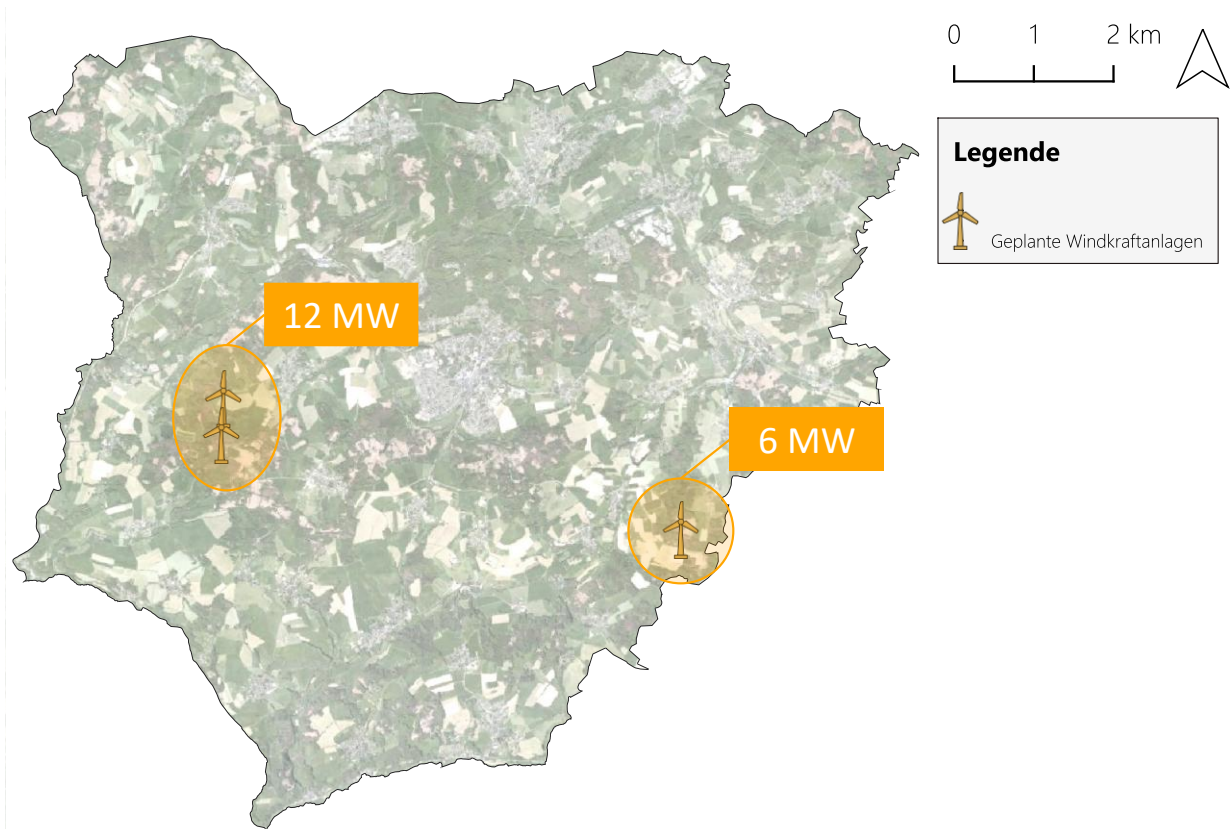


Abbildung 10: Geplante Windkraftstandorte im Gemeindegebiet Nümbrecht

Die Nutzung von Windstrom für die Wärmeversorgung kann über verschiedene Power-to-X-Pfade erfolgen. Ein zentraler Ansatz ist die direkte Umwandlung elektrischer Energie in Wärme mittels Power-to-Heat-Technologien. Hierzu zählen insbesondere großskalige Wärmepumpensysteme sowie Elektrodenkessel. Großwärmepumpen ermöglichen dabei eine besonders effiziente Nutzung des eingesetzten Stroms, da sie zusätzlich Umweltwärme aus Luft, Wasser oder dem Erdreich erschließen und mit einem COP oberhalb von 3 betrieben werden können. Elektrodenkessel eignen sich hingegen vorrangig zur Nutzung von Stromüberschüssen sowie zur Abdeckung von Spitzenlasten im Wärmenetz.

Ergänzend kann die Erzeugung von grünem Wasserstoff mittels Elektrolyse als indirekter Power-to-Heat-Pfad betrachtet werden. Der erzeugte Wasserstoff kann dabei entweder unmittelbar zur Wärmeerzeugung, beispielsweise in wasserstofffähigen Kesseln oder Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, eingesetzt oder in übergeordneten Energiesystemen gespeichert und sektorenübergreifend genutzt werden. Hybride Systemkonzepte, die Power-to-Heat-Anlagen, Wärmespeicher und gegebenenfalls Wasserstoffherzeugung miteinander kombinieren, bieten zusätzliche Flexibilität im Systembetrieb und können zur Entlastung der vorgelagerten Stromnetze beitragen.

1.11 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse zeigen, dass Wärmeerzeugungsanlagen auf Freiflächen in Nümbrecht ein hohes technisches Potenzial aufweisen. Dies ist insbesondere auf die hohe Verfügbarkeit geeigneter Freiflächen im Gemeindegebiet zurückzuführen. Zu den wesentlichen Potenzialen zählen Solarthermie, oberflächennahe Geothermie sowie Luft-Wasser-Wärmepumpen. Darüber hinaus wurde ein vergleichsweise geringes, jedoch konkretes Potenzial aus der Abwärmenutzung der Kläranlage Homburg Bröl identifiziert. Die Nutzung von Flussthermie ist hingegen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten als gering und theoretisch einzuschätzen. Auch Biomasse stellt ein relevantes Potenzial dar, wobei dieses nach aktueller Einschätzung lokal bereits weitgehend ausgeschöpft ist. Ein Potenzial aus industrieller Abwärme konnte nicht identifiziert werden. Die drei geplanten Windkraftanlagen können zukünftig erneuerbaren Strom bereitstellen, der für die Wärmeerzeugung genutzt werden kann.

In Abbildung 11 sind die identifizierten Potenziale zusammenfassend dargestellt und hinsichtlich ihres energetischen Potenzials sowie ihrer Realisierbarkeit bewertet. Für eine weitergehende Bewertung der Potenziale sind insbesondere die räumliche Lage der potenziellen Wärmeerzeugungsanlagen im Verhältnis zu den Wärmeverbrauchern sowie die zu erwartenden Wärmeerzeugungskosten zu analysieren.

Solarthermie-Potenzial  gering hoch theoretisch konkret	Das technisch ermittelte Potenzial für Freiflächen-Solarthermie beträgt rund 3.000 GWh pro Jahr. Viele der geeigneten Flächen konkurrieren jedoch mit einer landwirtschaftlichen Nutzung. Das Potenzial der Dachflächen liegt bei etwa 210 GWh pro Jahr.
Abwasser-Potenzial  gering hoch theoretisch konkret	Für das Abwassernetz ergibt sich an den Kanälen ein maximal nutzbares Potenzial von 1,6 GWh pro Jahr. An der Kläranlage Homburg-Bröl wurde eine nutzbare thermische Leistung von etwa 1.891 kW ermittelt, die je nach Betriebsstunden einen jährlichen Wärmeertrag zwischen rund 3,8 und 16,6 GWh ermöglicht.
Gewässer-Potenzial  gering hoch theoretisch konkret	Eine Flusswärmepumpe an der Bröl könnte im Jahr bis zu 4,3 GWh Wärme aus dem Fließgewässer ziehen. Aufgrund des geringen Durchflusses der Bröl ist eine Wärmenutzung jedoch äußerst unwahrscheinlich.
Biomasse-Potenzial  gering hoch theoretisch konkret	Das Gesamtpotenzial aus Biomasse im Gemeindegebiet beträgt rund 25,8 GWh pro Jahr. Es setzt sich zusammen aus Waldrestholz mit etwa 6,8 GWh, Biogas aus pflanzlicher Biomasse mit 8,2 GWh sowie Biogas aus Gülle mit etwa 10,8 GWh. Das Potenzial fester Biomasse ist nach aktueller Einschätzung lokal bereits weitgehend ausgeschöpft.
Geothermie-Potenzial  gering hoch theoretisch konkret	Tiefengeothermie ist im Gemeindegebiet nicht erschließbar. Das Potenzial für Erdwärmekollektoren liegt bei bis zu 659 GWh pro Jahr. Das Potenzial für Erdwärmesonden liegt bei bis zu 1.956 GWh pro Jahr. Es bezieht sich auf alle theoretisch geeigneten Freiflächen und eine Nutzung von Erdsonden mit einer Tiefe von 100 m.
Abwärme-Potenzial  gering hoch theoretisch konkret	Auf Grundlage einer Befragung aller größeren Wärmeverbraucher wurde kein relevantes Abwärmepotenzial ermittelt.
Außenluft-Potenzial  gering hoch theoretisch konkret	Das Wärmepotenzial durch Außenluft ist nahezu unbegrenzt verfügbar. In einer Freiflächenanalyse wurden Potenzialflächen mit Leistungen von bis zu über 40 MW und einer theoretischen Gesamtenergie von 11.430 GWh identifiziert.
Windkraft-Potenzial  gering hoch theoretisch konkret	Die geplanten Windkraftanlagen können künftig jährlich rund 60 GWh erneuerbaren Strom bereitstellen. Dieser kann unter anderem für Großwärmepumpen und weitere Power-to-Heat-Anwendungen genutzt werden.

Abbildung 11: Zusammenfassung der Potenzialanalyse

Literaturverzeichnis

- [1] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW, „NRW Umweltdaten vor Ort“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.uvo.nrw.de/uvo.html?lang=de>
- [2] LANUK, „Wärmestudie NRW“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/waermestudienrw_ergebnisse
- [3] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), „Solarkataster NRW: Solarthermie-Potenziale auf Dachflächen für die Warmwasseraufbereitung für NRW, Regierungsbezirke, Planungsregionen, Kreise und Städte und Gemeinden“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/Media/Default/Dokumente/Potenziale_ST.pdf
- [4] R. Buri und B. Kobel, „Wärmenutzung aus Abwasser“, 2004. [Online]. Verfügbar unter: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Energieeffizienz/Abwasserwaermenutzung/Leitfaden_Ratgeber/Leitfaden_Waerme_aus_Abwasser.pdf
- [5] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW, „ELWAS-WEB“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/help/index.xhtml?anchor=_pegel&page=#
- [6] Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, „ALKIS Flurstücke - Flächen“. [Online]. Verfügbar unter: <https://open.nrw/dataset/alkis-flurstuecke-flachen-bi>
- [7] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), „Leitfaden Feste Biobrennstoffe“, Mai 2014. [Online]. Verfügbar unter: https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/leitfaden-festebiobrennstoffe_web.pdf
- [8] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), „Biogas“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioeconomie-nachwachsende-rohstoffe/biogas>
- [9] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), „BASISDATEN BIOENERGIE 2024“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2023/Mediathek/Broschuere_Basisdaten_Bioenergie_2023_web.pdf
- [10] „Atlas Agrarstatistik Deutschland“. [Online]. Verfügbar unter: <https://agratlas.statistikportal.de/>
- [11] Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, „Geothermie in NRW – Standortcheck“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.geothermie.nrw.de/>
- [12] K.-J. Albers, *Taschenbuch der Heizung und Klimatechnik*. ITM InnoTech Medien GmbH, 2020.
- [13] LIAG-Institut für Angewandte Geophysik, „Geothermisches Informationssystem“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.geotis.de/geotisapp/geotis.php>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Potenzialzweifel – Darstellung von unterschiedlichen Ebenen von Potenzialen	6
Abbildung 2: Bedeutsame Schutzgebiete im Gemeindegebiet Nümbrecht [1]	7
Abbildung 3: Theoretische Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie im Gemeindegebiet Nümbrecht.....	8
Abbildung 4: Praktisches Flächenpotenzial für Freiflächen-Solarthermie nach [2] im Gemeindegebiet Nümbrecht	9
Abbildung 5: Kanalabschnitte ab DN 800 im Gemeindegebiet Nümbrecht sowie Standort der Kläranlage Homburg-Bröl	11
Abbildung 6: Geothermische Voraussetzungen im Gemeindegebiet Nümbrecht [11]	14
Abbildung 7: Erdwärmekollektoren-Potenzial auf Freiflächen im Gemeindegebiet Nümbrecht.....	15
Abbildung 8: Erdwärmesonden-Potenzial auf Freiflächen im Gemeindegebiet Nümbrecht	17
Abbildung 9: Potenzial für zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen im Gemeindegebiet Nümbrecht .	19
Abbildung 10: Geplante Windkraftstandorte im Gemeindegebiet Nümbrecht	20
Abbildung 11: Zusammenfassung der Potenzialanalyse	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schutzgebiete in Nümbrecht und ihre Bedeutung für Wärmeerzeugungsanlagen.....	6
Tabelle 2: Potenzial von gasförmiger und fester Biomasse in Nümbrecht.....	13