

Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung in NRW

Kurzdokumentation: Oberflächennahe Geothermie
und Mitteltiefe Geothermie (Sonde)

Stand 05.09.2024

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Einordnung.....	3
Oberflächennahe Geothermie	4
Mitteltiefe Geothermie (Sonde).....	10
Datengrundlagen und Quellen.....	12
Impressum	13

Einordnung

Im Rahmen der Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung in NRW wurden die Potenziale der oberflächennahen Geothermie (s. auch [Potenzialstudie Geothermie 2015](#)) neu bewertet. Hierzu wurden, auf Basis der geologischen Verhältnisse und des Wärmebedarfs der Gebäude, besitzstückscharf die Potenziale der Geothermie neu berechnet. Veröffentlicht werden diese im OpenData-Portal auf Ebene der Baublöcke. Im Vergleich zur alten Studie wurden dabei folgende grundlegende Änderungen vorgenommen:

- Neue Bohrtiefenbegrenzung von
 - ➔ 40 Metern in Wasserschutzgebieten der Kategorie 3 b und c (analog zur alten Studie, jedoch nun Betrieb der Sonden mit Glykol möglich)
 - ➔ 150 Metern (entspricht dem Stand der Umsetzung und der Praxiserfahrung vor Ort) und 250 Metern (für Bereiche mit höherem Bedarf), je nach Potenzialausschöpfung
 - ➔ 1.000 Metern für mitteltiefe Sonden
- Aktualisierung der Besitzstücke
- Integration des neuen Wärmebedarfsmodells (*siehe Dokumentation Wärmebedarfsmodell 2024*)
- Berechnung der Potenziale der Freiflächengeothermie
- Fortschreibung der Potenziale bis 2045

Hierdurch ergibt sich ein neues Potenzial der gebäudebezogenen oberflächennahen Geothermie von 133,6 TWh im Ist-Stand und 109,6 TWh in 2045 bei moderater Sanierung der Gebäude (s. Wärmebedarfsmodell). Die sondenbasierte mitteltiefe Geothermie hat ein Potenzial von 9,7 TWh im Ist-Stand und 5,9 TWh im Jahr 2045.

Die Berechnung der Potenziale erfolgte für die oberflächennahe und sondenbasierte mitteltiefe Geothermie separat.

Oberflächennahe Geothermie

Im Folgenden wird die Methodik zur Berechnung der Potenziale der oberflächennahen Geothermie beschrieben.

1. Verschneidung Gebäude / Grundstücke

Die Zuordnung der Gebäudebedarfswerte zu den entsprechenden Grundstücken erfolgte über die Bildung von Besitzeinheiten. Besitzeinheiten sind zusammenhängende Flurstücke der gleichen Eigentümerinnen und Eigentümer. Die Versorgung mittels oberflächennaher Geothermie bezieht sich immer auf eine Besitzeinheit und der dazugehörigen Gebäude.

2. Berücksichtigung von Restriktionen

Die Berücksichtigung der Restriktionen erfolgte in dieser Studie landesweit einheitlich:

- Wasserschutzgebiet 1, 2, 3a
 - ➔ Ausschlussfläche, es wurden keine Bohrungen modelliert
- Wasserschutzgebiet 3b, 3c
 - ➔ Bohrtiefenbegrenzung auf 40 m, Betrieb mit Glykol
- Hydrogeologisch sensible Bereiche (z.B. Verkarstung)
 - ➔ Pauschale Reduktion der zur Verfügung stehenden Fläche um 50 %, um das Potenzial einzugrenzen

3. Tiefe der Bohrungen

Die Potenziale der oberflächennahen Geothermie wurden für Sondertiefen von 40 m (Bohrtiefenbegrenzung im Bereich der Wasserschutzzone 3b), 150 m und 250 m berechnet. Die Sondertiefe von 150 m wird als aktueller Stand der Umsetzung und die Sondertiefe von 250 m als aktueller Stand der Technik angesehen.

4. Zuordnung der Wärmeleitfähigkeiten

Die Wärmeleitfähigkeit für die Bohrtiefen 40 m, 150 m und 250 m wurden vom Geologischen Dienst NRW flächendeckend zur Verfügung gestellt (s. auch [Geothermieportal](#)). Die Werte wurden anschließend für die Modellierung in sechs Wärmeleitfähigkeitsklassen von 0,8 W/mK bis > 2,8 W/mK zusammengefasst. Bereiche mit einer Wärmeleitfähigkeit < 0,8 W/mK wurden als Ausschluss definiert.

5. Zuordnung Volllaststunden und Vorlauftemperatur

Basierend auf dem neu berechneten Wärmebedarf und der Fortschreibung des Wärmebedarfs, wurden dem jeweiligen Sanierungsstand der Gebäude Volllaststunden und Vorlauftemperaturen für das Heizverteilsystem zugeordnet, welche der folgenden Tabelle entnommen werden können:

Tabelle 1 Volllaststunden und Vorlauftemperatur

Sanierungsstand	Volllaststunden	Vorlauftemperatur [°C]
A+	1335	35
A	1480	35
B	1515	35
C	1630	45
D	1765	45
E	1900	50
F	2075	55
G	2285	60
H	2530	70

Die Vorlauftemperatur für die Warmwasserbereitung wurde auf 60°C und für GHD-Prozesswärme (GHD – Gewerbe, Handel und Dienstleistung) auf 70°C festgelegt (s. auch Dokumentation Wärmebedarf).

6. Berechnung der Jahresarbeitszahl (JAZ)

Die Berechnung der JAZ erfolgte anhand der Vorlauftemperatur des Heizverteilsystems und der mittleren Quellentemperatur (2 °C im Mittel über die Betriebsdauer) sowie eines angenommenen Gütegrads von 0,55 (zur Berechnung des COP/JAZ) (Prinzing, 2019). Da die Simulationsdauer für die Berechnung des Wärmebedarfs 50 Jahre beträgt, was sich von der Betrachtung anderer Technologien im Rahmen der Studie (Zieljahr 2045) abgrenzt, wurde die JAZ im Anschluss um 20 % pauschal erhöht (um sich dem Wert bei einer Simulation über 20 Jahre zu nähern). Entsprechend der jeweiligen Jahresarbeitszahl wurde der geothermische Wärmebedarf berechnet.

7. Mittlere Erdreichtemperatur

Die mittlere Erdreichtemperatur für Bohrtiefen von 40 m, 150 m und 250 m liegen nicht flächendeckend vor. Die Varianz der Untergrundtemperaturen macht eine Differenzierung bei den Berechnungen aber notwendig. Die mittlere Erdreichtemperatur wurde daher vereinfacht mittels der durchschnittlichen Jahreslufttemperatur am jeweiligen Standort (Deutscher Wetterdienst 1991-2020), dem mittleren geothermischen Gradienten (0,03 K/m) und der Bohrtiefe berechnet.

8. Zuordnung Anzahl Erdwärmesonden je Besitzeinheit

Entsprechend der Bohrtiefe werden folgende Abstände zwischen den Erdwärmesonden angesetzt, um eine thermische Beeinflussung der Bohrungen zu minimieren:

Bohrtiefe	Bohrungsabstand
40 m	6 m
150 m	8 m
250 m	9 m

Der Abstand zur Grundstücksgrenze wurde pauschal auf 5 m gesetzt (in Anlehnung an VDI 4640 Blatt 2). Die Freifläche der Besitzeinheit (Fläche Besitzeinheit abzüglich Gebäudegrundfläche) wurde vereinfacht als Rechteck betrachtet. Der Fläche des Rechteckes wurde entsprechend obenstehender Annahme die maximale Anzahl an Erdwärmesonden zugeordnet.

9. Simulation der Entzugsenergie

Die Simulation der Entzugsleistung (geothermischen Ergiebigkeit) erfolgte mit dem Programm Earth Energy Designer – EED Version 4.2 (BLOCON, 2024). Folgende Eingangsdaten sind dabei eingeflossen:

- Lokale tiefenabhängige Wärmeleitfähigkeit
- Pauschale spezifische Wärmekapazität (2,16 MJ/m³K)
- Mittlere Oberflächentemperatur (10 °C)
- Geothermischer Wärmestrom (65 mW/m²)
- Sondenfeldkonfigurationen (Einzelsonde bis Feld mit 1064 Erdwärmesonden)
- Sondentiefe 40 m, 150 m und 250 m
- Bohrdurchmesser 152 mm (40 m und 150 m Sonde), 178 mm (250 m Sonde)
- Wärmeleitfähigkeit der Hinterfüllung (2,0 W/mK)
- Volumenstrom gemäß Spitzenlast (Delta T 3 K)
- Erdwärmesonde gemäß Tiefe
- Wärmebedarf (Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme) des Gebäudes (Anteil Erdwärme über JAZ)
- Spitzenlast des Gebäudes
- Spitzenlastdauer in Anlehnung an VDI 4640 Blatt 2 und Sanierungsstand
- Bedarfsverteilung übers Jahr entsprechend Sanierungsstand
- Simulationsdauer 50 Jahre

10. Berechnungsmethodik

Durch die Berechnung wurde ein eindeutiges geothermisches Potenzial je Besitzeinheit erzeugt:

- Potenzial 40 m Erdwärmesonden (Besitzeinheiten in Wasserschutzzone 3b, c)
- Potenzial 150 m Erdwärmesonden (sofern der Bedarf der Besitzeinheit zu 100 % gedeckt werden kann)
- Potenzial 250 m Erdwärmesonden (alle übrigen Besitzeinheiten)

Nachfolgend ist der grundlegende Berechnungsablauf dargestellt.

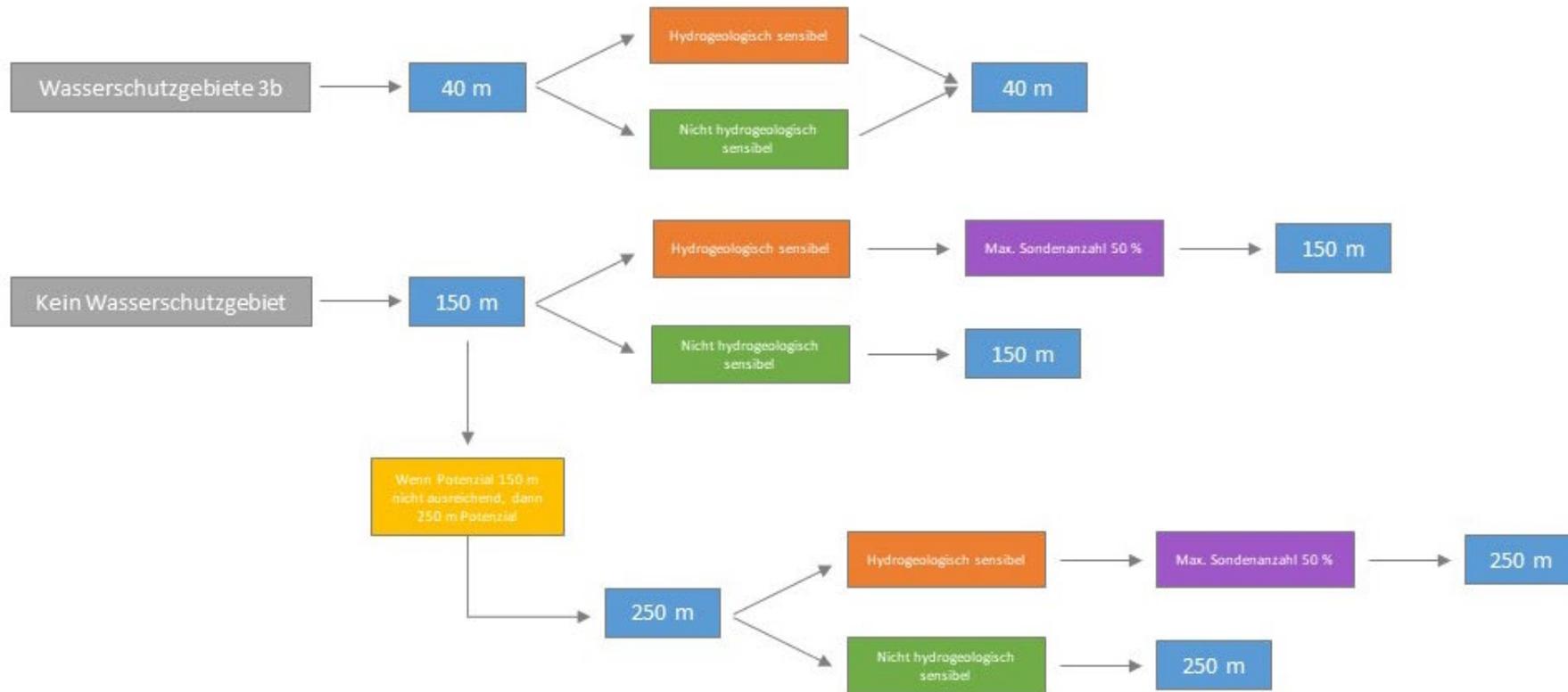


Abbildung 1 Berechnungsablauf geothermisches Potenzial (Eigene Darstellung)

Weitere Annahmen und Berechnungen

Das Ergebnis der Potenzialanalyse zeigt den möglichen Anteil der oberflächennahen Geothermie an der Bedarfsdeckung des Wärmebedarfs der Besitzeinheiten/Gebäude. Der Anteil liegt zwischen 0 % und 100 %. Bei einer Bedarfsdeckung < 100 % ist eine bivalente Versorgung der Besitzeinheit grundsätzlich möglich, stellt bei kleineren Gebäuden aber nicht den Stand der Umsetzung dar. Kleinere Gebäude werden über die beheizte Fläche unterhalb von 300 m² definiert. Dies entspricht in der Regel Einfamilienhäusern, Doppelhäusern und kleineren Mehrfamilienhäusern bzw. kleinen Nichtwohngebäuden. Dieser Gebäudeklasse wurde nur dann ein Potenzial zugeordnet, wenn der Anteil der geothermischen Versorgung bei mindestens 95 % liegt.

Bei größeren Gebäuden (> 300 m²) wurde auch eine bivalente Versorgung betrachtet. In der Regel werden hier geothermische Versorgungsanteile von mindestens 60 % bis 65 % in der Planung vorausgesetzt. Dies orientiert sich an den Vorgaben des Gesetzes zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG 2024).

Mitteltiefe Geothermie (Sonde)

Die Berechnung der Potenziale der sondenbasierten mitteltiefen Geothermie erfolgte angelehnt an die Berechnung des Potenzials der oberflächennahen Geothermie. Im Folgenden werden die Unterschiede bei der Berechnung dargestellt:

- Berücksichtigung von Restriktionen
 - ➔ Auch die Wasserschutzgebiete 3b und 3c werden als Ausschlussflächen definiert
- Tiefe der Bohrungen
 - ➔ Die Potenziale der mitteltiefen Geothermie erstrecken sich angelehnt an den Masterplan Geothermie NRW (MWIKE, 2024) auf Tiefen zwischen 400 m und 1500 m. Aufgrund der zu erwartenden Erschließungskosten und der Datenverfügbarkeit der Untergrundparameter (vgl. [Geothermieportal](#)) beschränkt sich diese Potenzialanalyse auf eine Bohrtiefe von 1000 m.
- Zuordnung der Wärmeleitfähigkeiten
 - ➔ Eine flächendeckende Bewertung der Wärmeleitfähigkeiten bis 1000 m steht in NRW nicht zur Verfügung. Für die Potenzialanalyse der 1000 m tiefen Erdwärmesonden wurde daher als pauschaler Ansatz eine mittlere Wärmeleitfähigkeit von 2,8 W/mK angesetzt. Dieser Ansatz ist als konservativ zu bewerten. Es wird davon ausgegangen, dass die tatsächlichen mittleren Wärmeleitfähigkeiten zwischen 2,7 und 3,6 W/mK liegen.
- Zuordnung Volllaststunden und Vorlauftemperatur
 - ➔ Die Kosten für die Erstellung mitteltiefer Erdwärmesonden liegen deutlich über denen der oberflächennahen Systeme. Daher ist eine anschließende ökonomische Betrachtung besonders stark abhängig von der Anzahl der Volllaststunden bzw. der bereitgestellten Energiemenge. Aus diesem Grund werden die Volllaststunden auf mindestens 1900 h festgelegt.
- Berechnung der Jahresarbeitszahl (JAZ)
 - ➔ Festlegung der Quelltemperatur mit einheitlich 9 °C (gewichteter Mittelwert)
- Zuordnung Anzahl Erdwärmesonden je Besitzeinheit
 - ➔ Abstand der Bohrungen untereinander wurde auf 25 Meter festgesetzt
- Simulation der Entzugsenergie
 - ➔ Die Simulation der Entzugsleitung erfolgte mit dem Programm FEFLOW FHM3 V. 7.5 (DHI, 2024). Dabei sind folgende Eingangsdaten eingeflossen:
 - Pauschale spezifische Wärmekapazität (2,16 MJ/m³K)
 - Mittlere Oberflächentemperatur (10 °C)
 - Geothermischer Wärmestrom (65 mW/m²)
 - Sondenfeldkonfigurationen (Einzelsonde bis Feld mit 134 Erdwärmesonden)
 - Bohrdurchmesser 210 mm

- Wärmeleitfähigkeit der Hinterfüllung (2,4 W/mK)
 - Volumenstrom gemäß Spitzenlast (Delta T 3 K)
 - Wärmebedarf (Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme) des Gebäudes (Anteil Erdwärme über JAZ)
 - Spitzenlast des Gebäudes
 - Bedarfsverteilung übers Jahr entsprechend Sanierungsstand E
 - Simulationsdauer 50 Jahre
- Berechnungsmethodik
 - ➔ Es ergibt sich folgende Berechnungsmethodik
 - Moderate Gebäudeeffizienz: Reduktionsziel 2045 -23 %
 - Erhöhte Gebäudeeffizienz: Reduktionsziel 2045 -30 %
 - Hohe Gebäudeeffizienz: Reduktionsziel 2045 -37 %

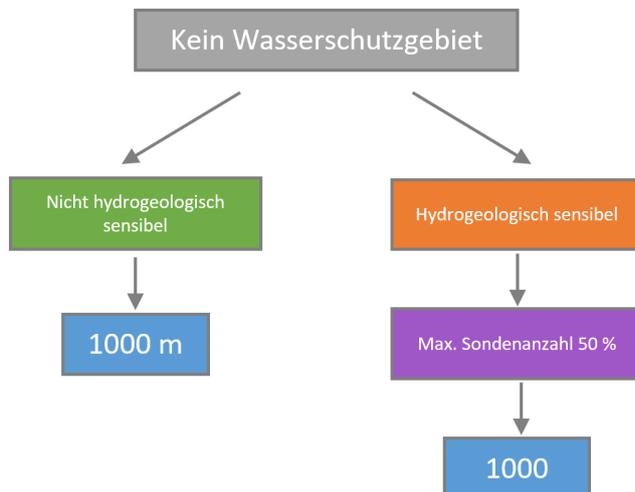


Abbildung 2 Berechnungsmethodik Mitteltiefe Geothermie (Eigene Darstellung)

Weitere Annahmen und Berechnungen

Das Ergebnis der Potenzialanalyse zeigt den möglichen Anteil der mitteltiefen Geothermie an der Bedarfsdeckung des Wärmebedarfs der Besitzeinheiten/Gebäude, der über das Potenzial der oberflächennahen Geothermie hinausgeht. Die Methodik stellt sicher, dass eine Besitzeinheit nicht gleichzeitig ein oberflächennahes und mitteltiefes Potenzial (Potenzialdopplung) zugeordnet bekommt, wobei die oberflächennahe Geothermie bei der Potenzialermittlung immer den Vorrang hat. Damit eine Besitzeinheit sinnvoll mit 1.000 m tiefen Erdwärmesonden versorgt werden kann, muss der Wärmebedarf der Besitzeinheit mindestens dem Potenzial einer einzelnen 1.000 m tiefen Erdwärmesonde entsprechen. Die untere Grenze des Wärmebedarfs wurde daher auf 145 MWh/a festgelegt.

Der Anteil der möglichen Versorgung liegt zwischen 0 % und 100 %. Bei einer Bedarfsdeckung < 100 % ist eine bivalente Versorgung der Besitzeinheit grundsätzlich möglich. In der Regel werden hier geothermische Versorgungsanteile von mindestens 60 % bis 65 % in der Planung vorausgesetzt. Dies orientiert sich, wie bei der oberflächennahen Geothermie, an den Vorgaben des GEG.

Datengrundlagen und Quellen

DHI Deutschland GmbH (2024): FEFLOW FHM3 (7.5.) [Software]
<https://www.dhigroup.com/technologies/mikepoweredbydhi/feflow>

Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 280) geändert worden ist. (Gebäudeenergiegesetz - GEG), Berlin, 2024

Geologischer Dienst NRW (2024): Geothermie in NRW – Standortcheck. Erdwärmesonden. Geologischer Dienst NRW. <https://www.geothermie.nrw.de/geothermie2022/?lang=de>

MWIKE, 2024: Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (2024): Masterplan Geothermie - Nordrhein-Westfalen. Kurzfassung. Düsseldorf, 2024.

BLOCON AB (2024): Earth Energy Designer EED (4.2) [Software] www.blocon.se

Prinzing et al.(2019): Ausblick auf mögliche Entwicklungen von Wärmepumpen-Anlagen bis 2050. Bundesamt für Energie BFE, www.bfe.admin.ch, November 2019

Loga, Tobias. (2003): Heizgrenztemperaturen für Gebäude unterschiedlicher energetischer Standards. Abschätzung der Heizgrenztemperaturen und Bilanzzeiten für das Heizperiodenbilanzverfahren nach EN 832 / DIN V 4108-6.

Nexiga GmbH 2021: Baualtersklassen auf Gebäudeebene (V58). ©2023 Nexiga GmbH.

OpenStreetMap (OSM): OpenStreetMap contributors, Nutzungsbedingungen: www.openstreetmap.org/copyright

Impressum

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Bearbeitung	Nils Dering, Philipp Eickhoff, Enrico Fleiter, Valentin Hülfenhaus, Robin Jansen, Klaus Vogel (alle LANUV)
Veröffentlichung	September 2024
Stand der Daten	5. September 2024
Titelbild	Wärmebedarfe in NRW. Quelle: Energieatlas.NRW. Kartengrundlage Land NRW (2020) Datenlizenz Deutschland – Zero – Version 2.0
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtensbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Te- lefon 0201 714488

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de

Für Fragen oder Anmerkungen wenden Sie
sich bitte an:

**Fachzentrum Klimaanpassung, Klimaschutz,
Wärme und Erneuerbare Energien**

Fachbereich37@lanuv.nrw.de