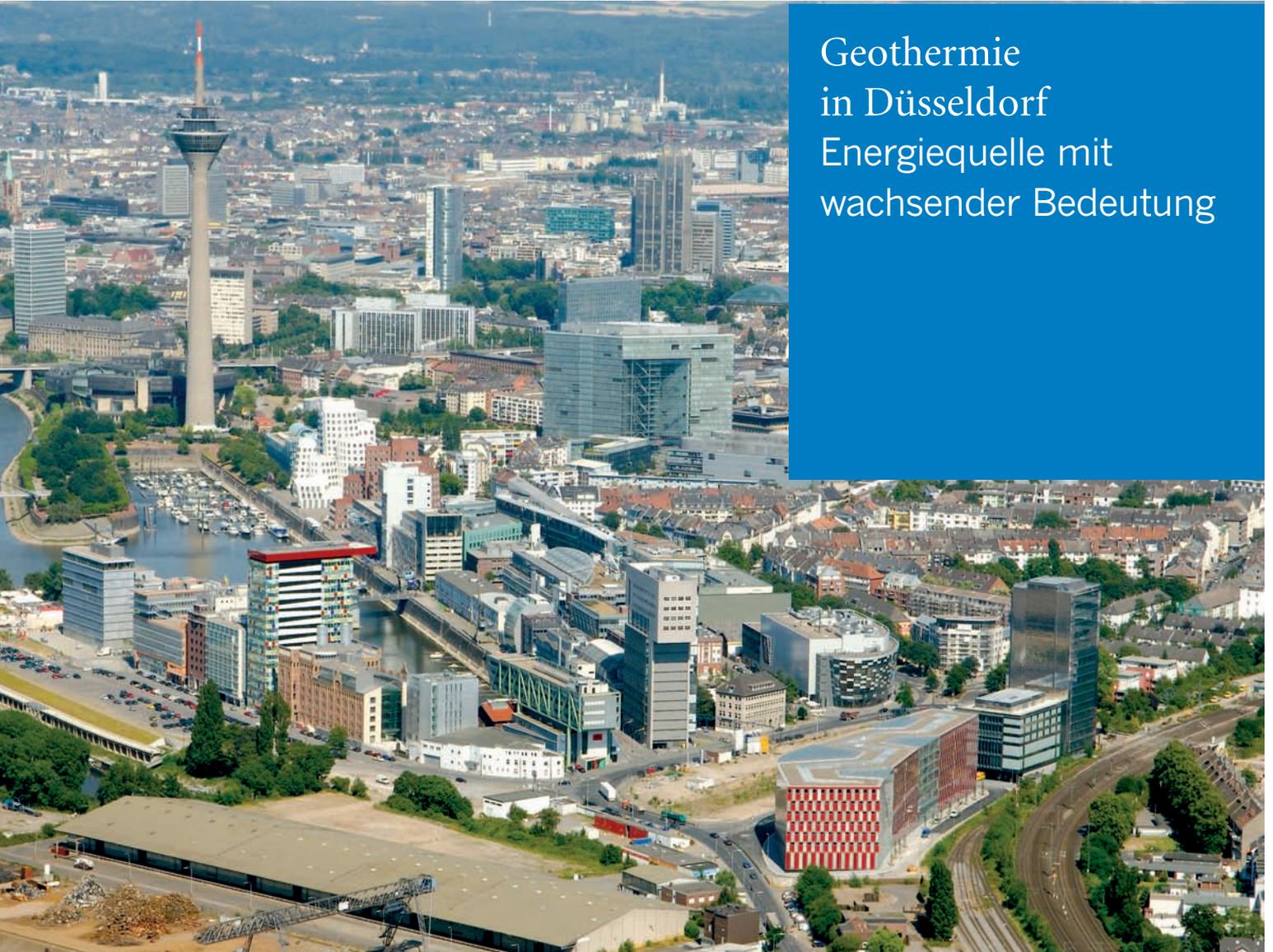




Landeshauptstadt  
Düsseldorf

Geothermie  
in Düsseldorf  
Energiequelle mit  
wachsender Bedeutung



# Inhalt

- 3** Einleitung
- 4** Erdwärme/Geothermie
- 5** Nutzbarkeit der Erdwärme
- 6** Geothermisches Potenzial
- 7** Nutzung des Grundwassers
- 8** Erdsondenanlagen
- 9** Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen
- 10** Grundwasserstände
- 12** Grundwassergüte und -temperatur
- 13** Eisen im Grundwasser
- 14** Grundwasserverunreinigungen
- 15** Altstandorte und Altablagerungen
- 16** Wasserschutzgebiete
- 17** Sperrbauwerke
- 18** Wasserwirtschaftliche Auswirkungen
- 19** Anlagenaufbau und Betrieb
- 21** Energiewirtschaftliche Hinweise
- 24** Antragsverfahren, Antragsformulare
- 26** Checkliste
- 27** Praxisbeispiele
- 29** Schlagwortverzeichnis
- 31** Literatur/Internet
- 31** Service

# Einleitung

Da fossile Energieträger wie Erdöl und Gas zunehmend teurer werden und endlich sind, kommt der nachhaltigen Energieversorgung durch alternative Energieformen eine zunehmende Bedeutung zu. Die Nutzung der im Boden und Grundwasser enthaltenen Erdwärme – Geothermie – als Energieträger zum Heizen und Kühlen von Gebäuden spielt neben Solar-, Windkraft- oder Biomasseanlagen eine zunehmend wichtigere Rolle.

Die Voraussetzungen für geothermische Nutzungen sind in Düsseldorf sehr günstig: Die Untergrundverhältnisse zeichnen sich nahezu flächendeckend durch ein gutes geothermisches Potenzial aus. Die Erdwärme steht somit direkt am Einsatzort zur Verfügung. Der nutzbare Energievorrat ist nach menschlichen Maßstäben unerschöpflich. Dennoch lässt sich nicht jede Gebäudeheizung einfach auf Erdwärme umstellen. Randbedingungen und Einsatzgrenzen sind zu beachten. Unverzichtbar sind eine gute Wärmedämmung der Gebäude, ein entsprechendes Nutzerverhalten und ein effektiver Anlagenbetrieb.

Alles in allem stellt jedoch die Nutzung der natürlichen Energiepotenziale des Bodens und Grundwassers ein weiteres Element einer nachhaltigen Energieversorgung dar, deren Verbreitung und Weiterentwicklung im Rahmen des städtischen Klimaschutzprogramms durch ein verstärktes Dienstleistungsangebot an Information und Beratung sowie Hilfestellung bei der Antragstellung unterstützt wird. Das im Rat der Stadt Düsseldorf im März 2008 vorgestellte Klimaschutzprogramm beinhaltet als Initiative 20 „umweltschonende Klimatisierungstechniken im Städtebau und Förderung innovativer Techniken zur Wärme- und Energiegewinnung“.



Gebäudekühlung durch Grundwasser (Beispiel Stadttor)

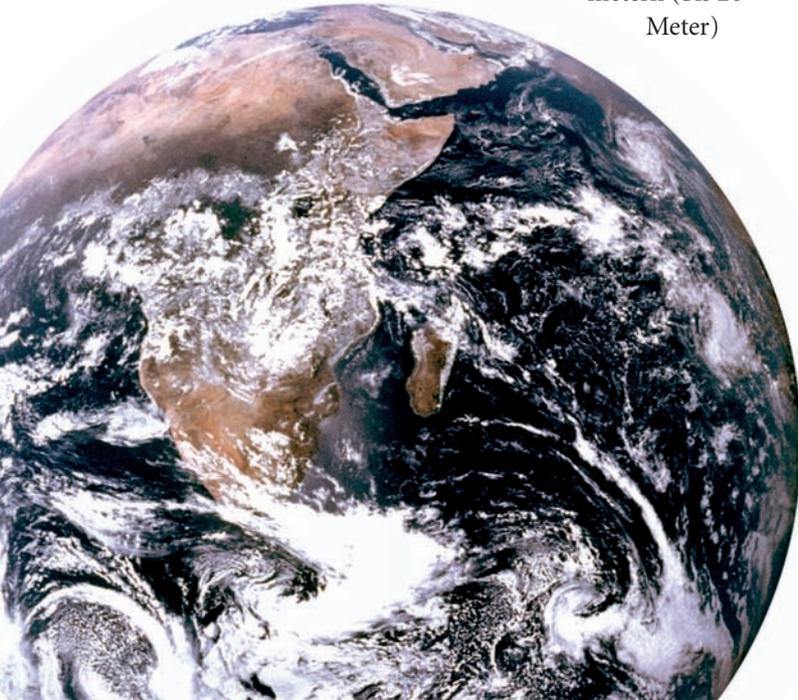
Ein Element dazu ist diese Broschüre. Zusätzlich stehen auch im Internet unter [www.duesseldorf.de/umweltamt](http://www.duesseldorf.de/umweltamt) Informationen zur Nutzung der Geothermie in Düsseldorf zur Verfügung, um die Entscheidungsfindung im Einzelfall zu erleichtern.

# Erdwärme/Geothermie

Erdwärme oder Geothermie ist die unter der Erdoberfläche in Form von Wärme gespeicherte Energie. Sie stammt noch aus der Erdentstehung vor Milliarden Jahren und aus natürlichen radioaktiven Zerfallsprozessen, die im Erdinneren für einen permanenten Nachschub von Wärme sorgen. Oberflächennah kommen Anteile aus der Sonneneinstrahlung hinzu.

Die Erde besteht aus einem inneren flüssigen und festen Kern, in dem Temperaturen von bis zu 6.000 Grad Celsius herrschen. Umgeben ist dieser Kern von einem Erdmantel, der in die oberflächennahe Erdkruste mündet. Die Temperatur nimmt vom Erdinneren zur Erdkruste ab. In Mitteleuropa ändert sich die Temperatur des Bodens um ca. 3 Grad Celsius pro 100 Meter Tiefe. Der Einfluss der Sonnenstrahlung ist dabei nur in den ersten Bodenmetern (bis 20 Meter)

4



Sonneneinstrahlung erwärmt die obere Erdkruste.

von Bedeutung. In größeren Tiefen spielt dieser keine Rolle mehr, so dass das geothermische Potenzial unabhängig von den Witterungsbedingungen ständig zur Verfügung steht.

Der Wärmehalt der Erde ist nach menschlichen Maßstäben auch unter Berücksichtigung des heutigen weltweiten Energiebedarfs unerschöpflich. Die Geothermie zählt zu den regenerativen (= erneuerbaren) Energien und kann durch direkte Nutzung zum Heizen und Kühlen verwendet werden.

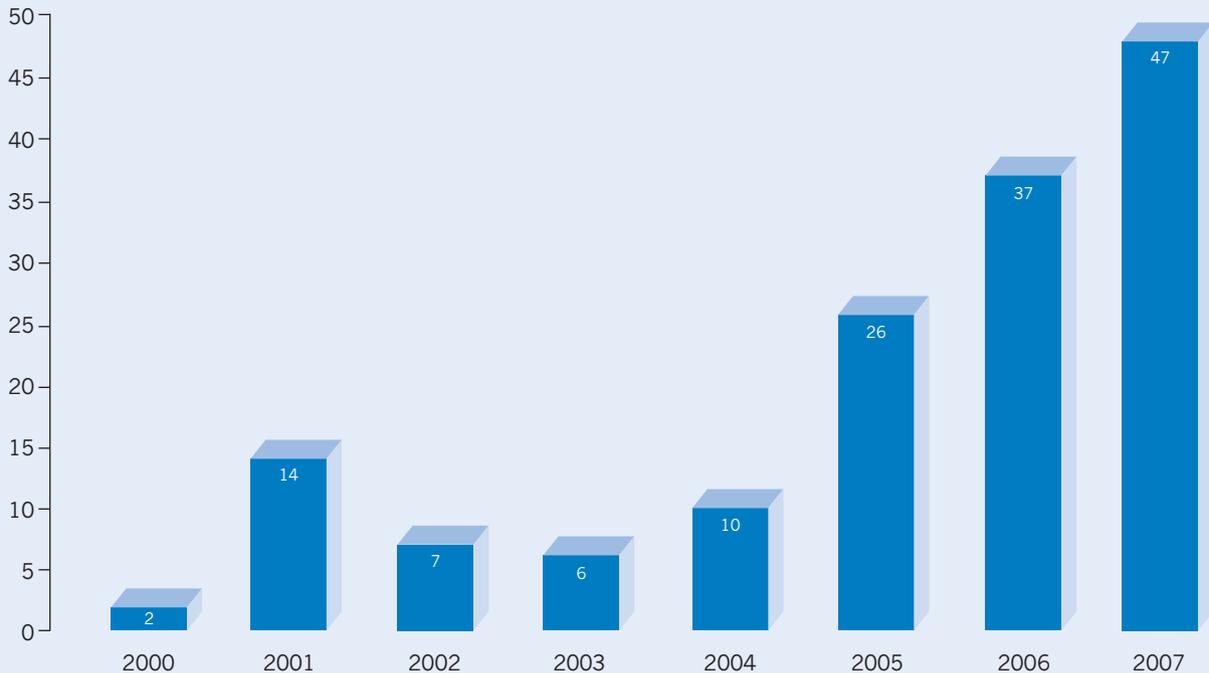
Der Wärmehalt der Erde ist nach menschlichen Maßstäben unerschöpflich.

# Nutzbarkeit der Erdwärme

Erdwärme kann als Energiequelle zu Heiz- und Kühlzwecken bei Gebäuden genutzt werden. Dafür wird die im Boden gespeicherte Wärme über Erdwärmesonden im geschlossenen System mittels Wärmeträgerflüssigkeiten (etwa Wasser – Alkohol – Gemische) entzogen. Dabei können sowohl horizontale (Erdwärmekollektoren) als auch vertikale (Erdwärmesonden) Gewinnungssysteme zum Einsatz kommen. Die aus dem Untergrund entnommene Wärme wird anschließend oberirdisch mittels Wärmepumpe auf den geschlossenen Heizkreislauf übertragen. Die Nutzung der Erdwärme zu Heizzwecken bei Wohngebäuden über Erdsonden hat gerade

in jüngster Zeit, auch aufgrund gestiegener Preise für fossile Energieträger, deutlich zugenommen. So wurden in Düsseldorf im Jahre 2006 insgesamt 37 neue Erdsondenanlagen errichtet und in Betrieb genommen. 2007 wurden 47 neue Anlagen erlaubt.

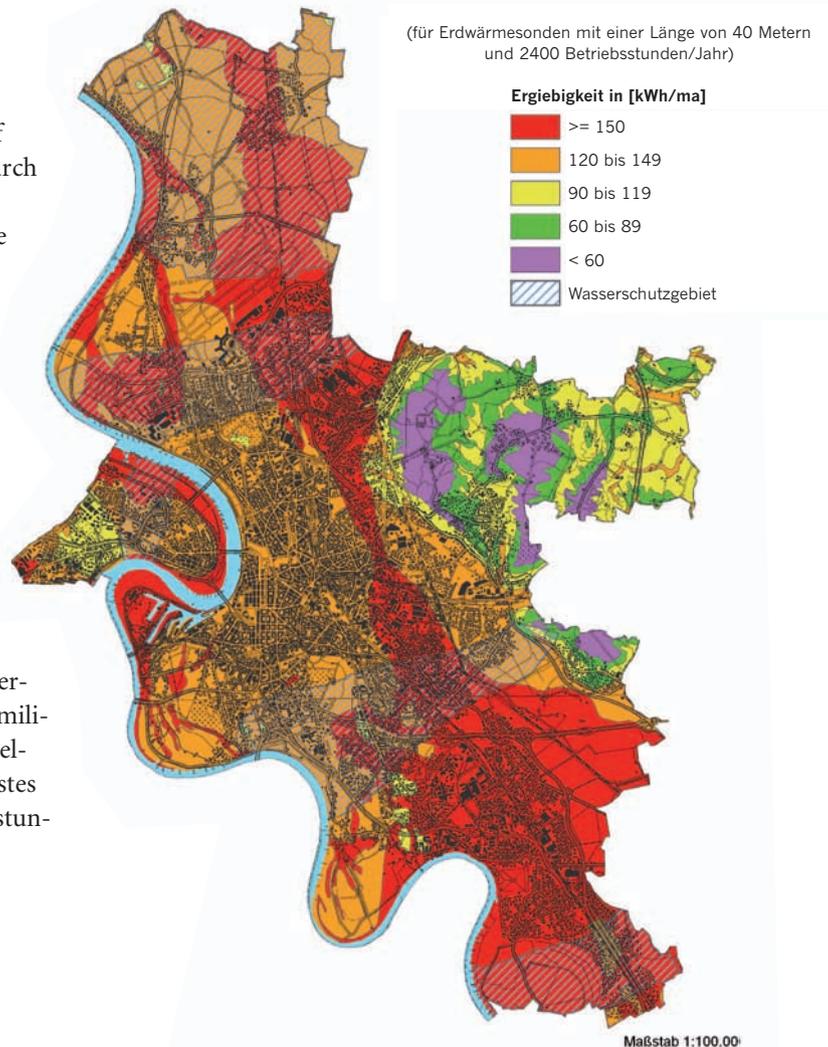
Anzahl der erlaubten Erdsondenanlagen pro Jahr in Düsseldorf (Stand Januar 2008)



# Geothermisches Potenzial in Düsseldorf

Maßgeblich für die wirtschaftliche Nutzbarkeit der Erdwärme ist das geothermische Potenzial. Dadurch lässt sich relativ einfach ermitteln, welche Dimensionierung für eine Erdsondenanlage beim benötigten Heizbedarf am vorgesehenen Standort erforderlich ist. So kann wegen des guten geothermischen Potenzials in Düsseldorf der Wärmebedarf eines Einfamilienhauses von 6 bis 12 Kilowatt durch 6 bis 10 Sonden bis 30 Meter Tiefe gedeckt werden. Mit einer Wärmepumpe wird die Erdwärme auf das zum Heizen erforderliche Temperaturniveau angehoben. Dabei können durch den Einsatz von einer Kilowattstunde elektrischer Energie 3,5 bis 4,5 Kilowattstunden Heizenergie erzielt werden. Wichtig ist dafür eine gute Jahresarbeitszahl, die die Energieeffizienz einer elektrischen Wärmepumpe kennzeichnet (effektiv mindestens  $> 3,6$ ). Ebenfalls wichtig ist eine niedrige Vorlauftemperatur (35 bis 50 Grad Celsius). Der Einsatz von fossilen Energieträgern wie Gas und Öl wird dadurch eingespart und der Kohlendioxid-Ausstoß kann um 30 bis 35 Prozent verringert werden (bis zu ca. 1,5 Tonnen pro Jahr für ein Einfamilienhaus). Die geothermische Ergiebigkeit in Düsseldorf kann der Abbildung des Geologischen Dienstes NRW entnommen werden ( $\text{kWh/ma}$  = Kilowattstunden pro Meter Sondenlänge und Jahr).

## Geothermische Karte der Landeshauptstadt Düsseldorf

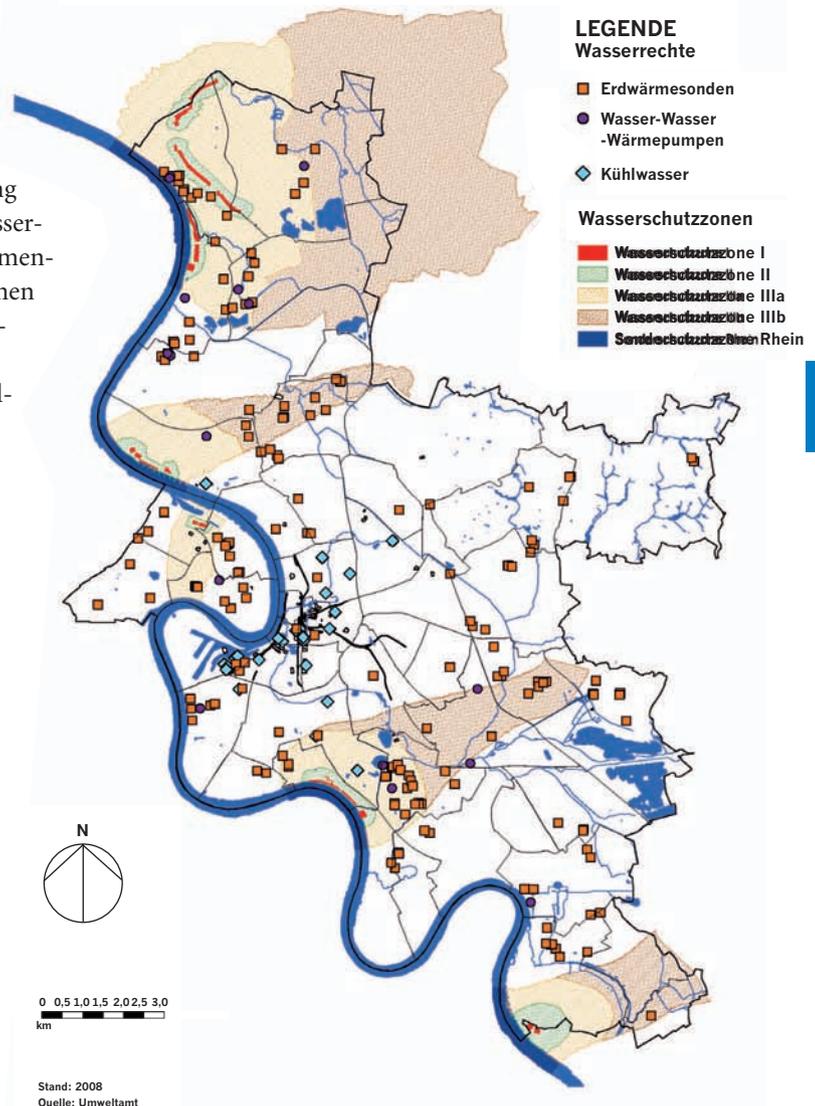


Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] (2004): Geothermie-Daten zum oberflächennahen geothermischen Potenzial für die Planung von Erdwärmesondenanlagen. CD-ROM; Krefeld.

# Nutzung des Grundwassers

Das Grundwasser ist zur direkten Nutzung für eine Heizung und Klimatisierung von Gebäuden sehr gut geeignet. Weil es im Jahresverlauf keinen großen Temperaturschwankungen unterliegt (siehe Seite 12), ist seine Nutzung ebenfalls wirtschaftlich. Düsseldorf zeichnet sich durch ergiebige Grundwasservorkommen aus, die in geringer Tiefe anstehen. Zurzeit gibt es in Düsseldorf etwa 35 Gebäude, deren Klimatisierung durch Grundwasser erfolgt. Details zur Grundwasserbeschaffenheit und zu den wasserrechtlichen Rahmenbedingungen bei einer Grundwassernutzung können der Broschüre in den nachfolgenden Kapiteln entnommen werden. Einen Überblick über erteilte Wasserrechte für Geothermienutzungen in Düsseldorf zeigt die neben stehende Karte.

## Genehmigte Geothermie-Anlagen im Stadtgebiet der Landeshauptstadt Düsseldorf



# Erdsondenanlagen

Bei der Planung von Erdsondenanlagen sind mehrere Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Zunächst ist der Wärmebedarf eines Gebäudes zu ermitteln. Dabei ist wichtig, ob die Erdwärme lediglich zur Gebäudebeheizung oder auch zur Warmwasserversorgung genutzt werden soll. Dementsprechend ist von einem höheren Wärmebedarf mit längerer Betriebsdauer der Anlage auszugehen. Mit diesen Angaben kann dann unter Berücksichtigung der geothermischen Ergiebigkeit am jeweiligen Standort die erforderliche Erdwärmesondenanlage dimensioniert werden. Daraus lassen sich Anzahl, Tiefe und Lage der Erdwärmesonde ermitteln, wobei erforderliche Mindestabstände der Sonden untereinander (5 Meter bei Sondenlängen von 40 bis 50 Metern und 6 Meter bei Sondenlängen größer als 50 Meter) und zu vorhandenen baulichen Anlagen (2 Meter) zu beachten sind, um Beeinträchtigungen zu vermeiden.

Details dazu können der entsprechenden VDI Richtlinie 4640 „Planung und Auslegung von Erdwärmesondenanlagen“ entnommen werden.

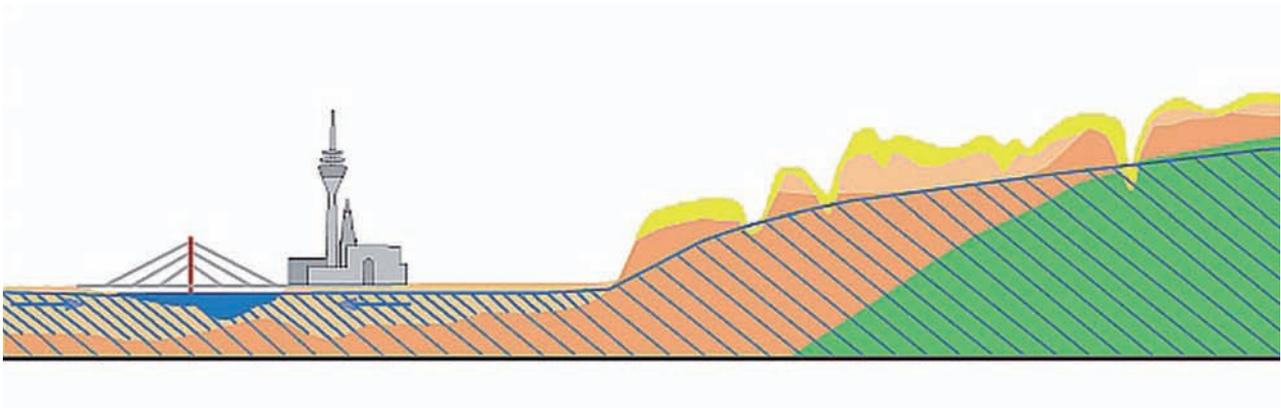


Beispiele von Erdsonden

# Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die Stadt Düsseldorf liegt geologisch betrachtet in der Niederrheinischen Bucht, einem großen Senkungsfeld, der so genannten Niederterrasse (siehe Abbildung). Darin hat der Rhein im Laufe der jüngeren erdgeschichtlichen Entwicklung Sande und Kiese, eben die so genannte Niederterrasse, in einer Mächtigkeit von bis zu 30 Meter als wichtiges Grundwasserreservoir abgelagert. Das Grundwasser ist wegen der relativ geringen Flurabstände (siehe Seite 11) leicht zugänglich und strömt mit einer Geschwindigkeit von 1 bis 3 Meter/Tag im Untergrund dem Rhein zu.

Das Stadtgebiet wird im Osten von den Ausläufern des Bergischen Landes begrenzt. Dort stellen sich die Grundwasserverhältnisse weitaus komplizierter dar. Zusätzlich treten in dieser Region erdgeschichtlich alte Festgesteine, etwa Kalkstein, als Grundwasserleiter auf. Eine Grundwassernutzung ist dort allenfalls in Talniederungen in der Nähe von Bächen möglich. Die geothermische Ergiebigkeit ist in diesem Teilgebiet von Düsseldorf relativ gering (vergleiche Karte S. 6).

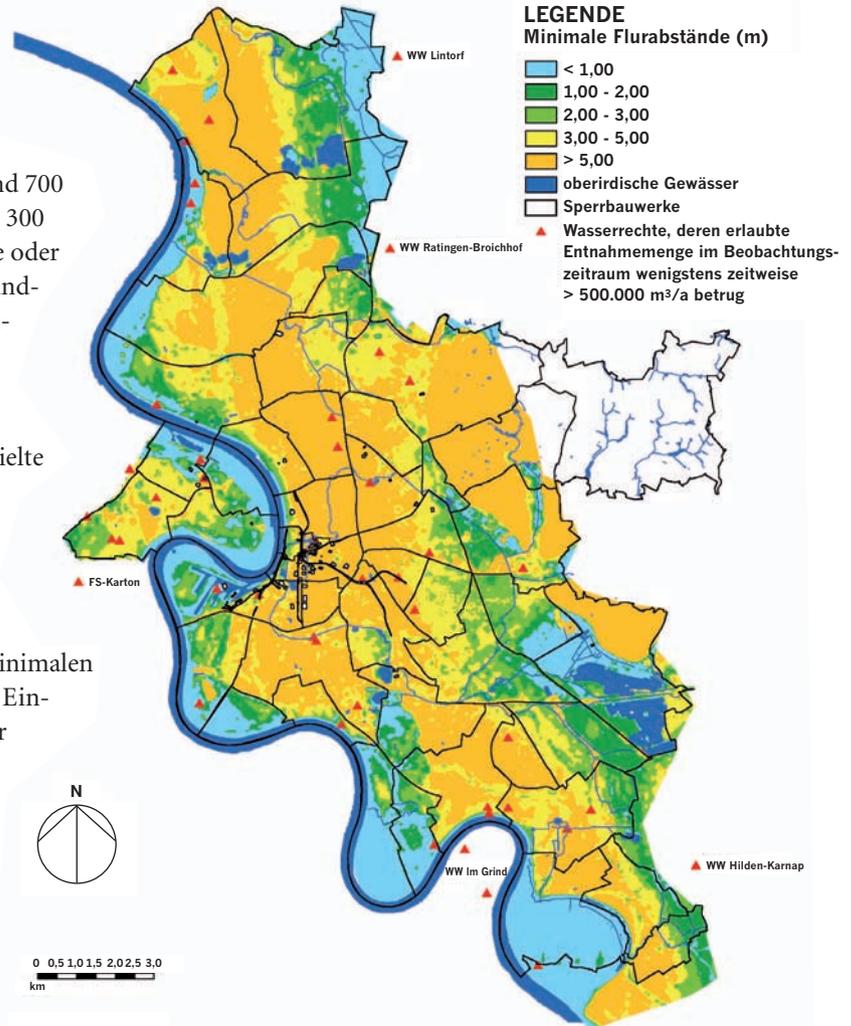


# Grundwasserstände

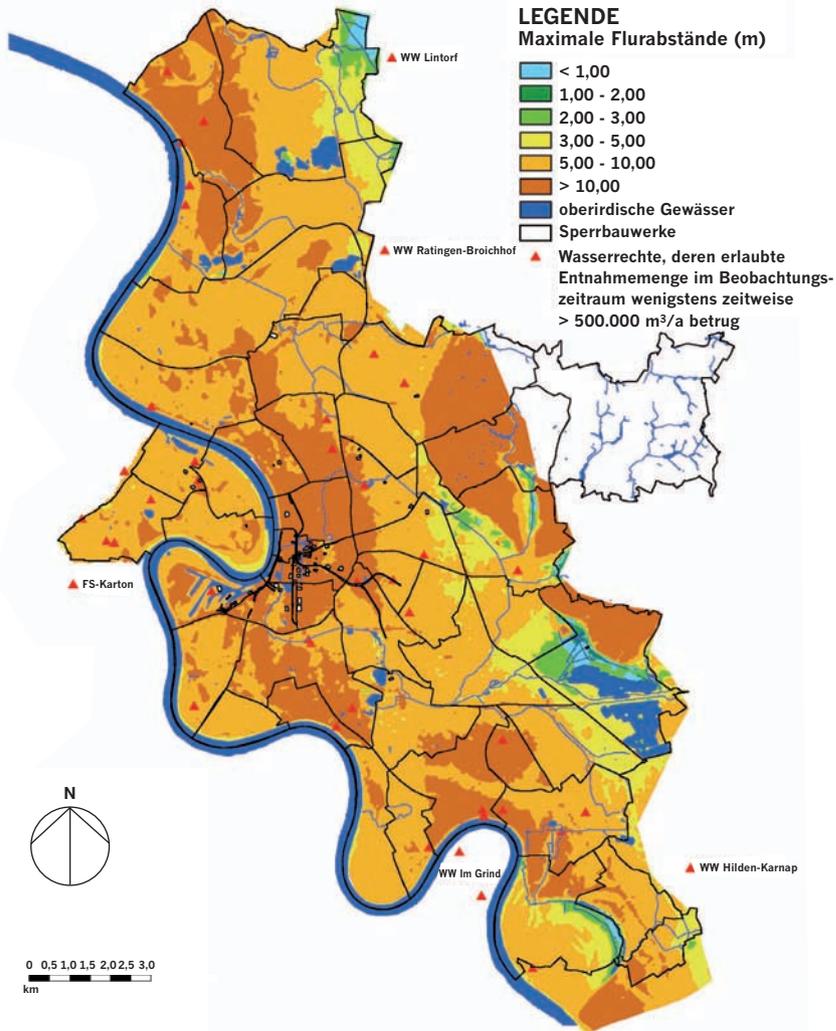
In Düsseldorf wurde die Bedeutung des Grundwassers für die Stadtentwicklung früh erkannt und daher bereits vor mehr als 100 Jahren mit der regelmäßigen Aufzeichnung und Überwachung der Grundwasserstände begonnen. Erste Messdaten zu Grundwasserständen liegen aus dem Jahre 1883 vor. Mittlerweile werden die Grundwasserstände regelmäßig an rund 700 Messstellen im Stadtgebiet erfasst. In ungefähr 300 dieser Messstellen erfolgt eine ständige analoge oder digitale Messwertaufzeichnung. Von neun Grundwassermessstellen, die mit einer Online-Datenübertragung ausgestattet sind, sind die Messwerte auch im Internet verfügbar.

Diese Messdaten können bei Bedarf durch gezielte Messungen an den mehr als 5000 Grundwassermessstellen im Stadtgebiet ergänzt werden. Genaue Auskünfte erteilt das Umweltamt auf Anfrage (Kontakt siehe Seite 31). Von der Lage im Stadtgebiet hängt ab, wie gut das Grundwasser zugänglich ist. Die Karten der minimalen und maximalen Flurabstände vermittelt einen Eindruck, wie nah das Grundwasser unterhalb der Erdoberfläche zeitweise anstehen kann

## Minimale Grundwasserflurabstände aus gemessenen Grundwasserständen ab 1945



## Maximale Grundwasserflurabstände aus gemessenen Grundwasserständen ab 1945

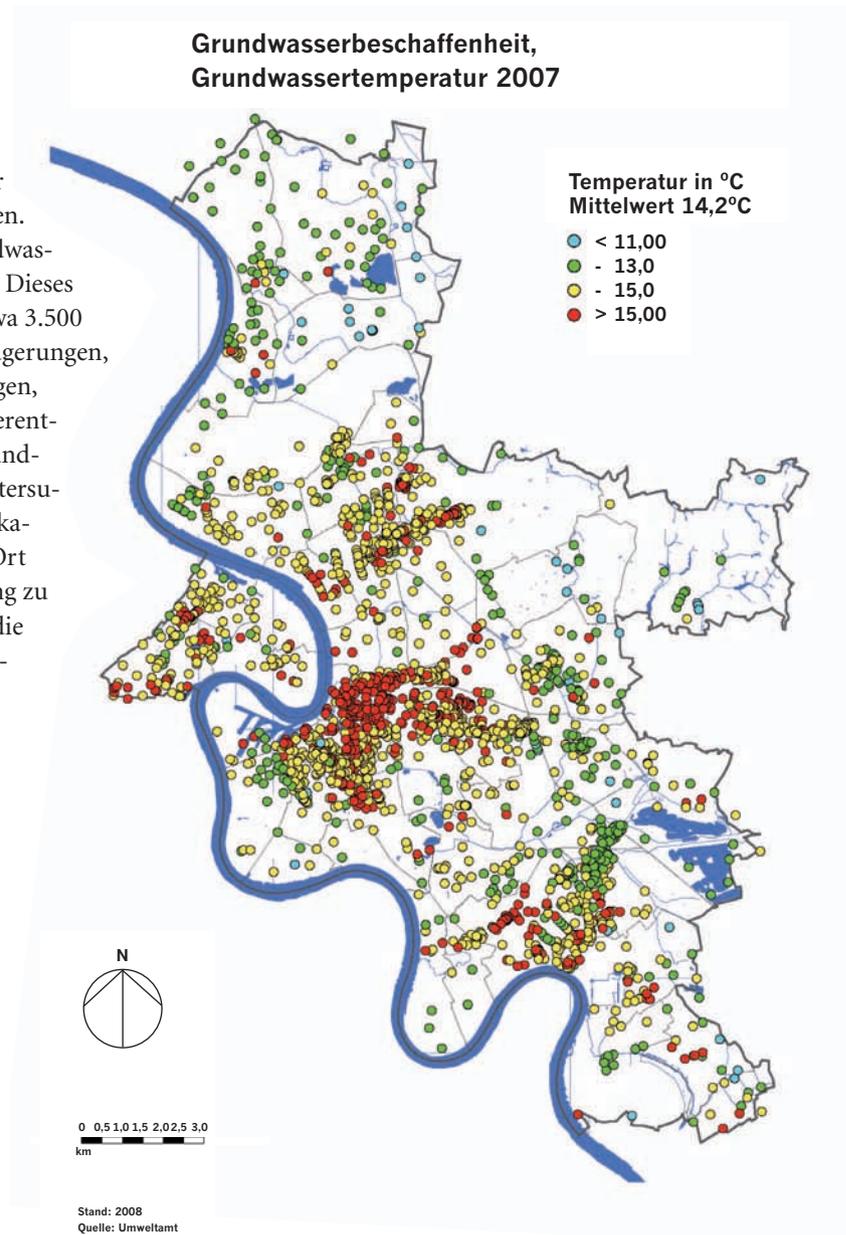


Stand: 2006/2008  
Quelle: Umweltamt

# Grundwassergüte und -temperatur

Neben der regelmäßigen Messung der Grundwasserstände ist als Grundlage für einen vorsorgenden, flächendeckenden Grundwasserschutz auch eine systematische und kontinuierliche Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit zu gewährleisten. Das Messnetz zur Überwachung der Grundwassergüte besteht aus rund 1.400 Messstellen. Dieses wurde in den letzten zehn Jahren durch etwa 3.500 Kleinpegel aus der Bearbeitung von Altablagerungen, Altstandorten, Grundwasserverunreinigungen, Grundwassersanierungen oder Grundwasserentnahmen ergänzt. Bei der regelmäßigen Grundwasserüberwachung werden neben den Untersuchungen chemischer Parameter auch physikalische Parameter bei der Probenahme vor Ort bestimmt. Eine für die Grundwassernutzung zu Geothermiezwecken wichtige Größe stellt die Grundwassertemperatur dar, die im Düsseldorf Stadtgebiet je nach Lage differiert. Innerstädtische und durch intensive Oberflächennutzungen geprägte Bereiche zeigen dabei Temperaturen bis größer als 14 Grad Celsius an.

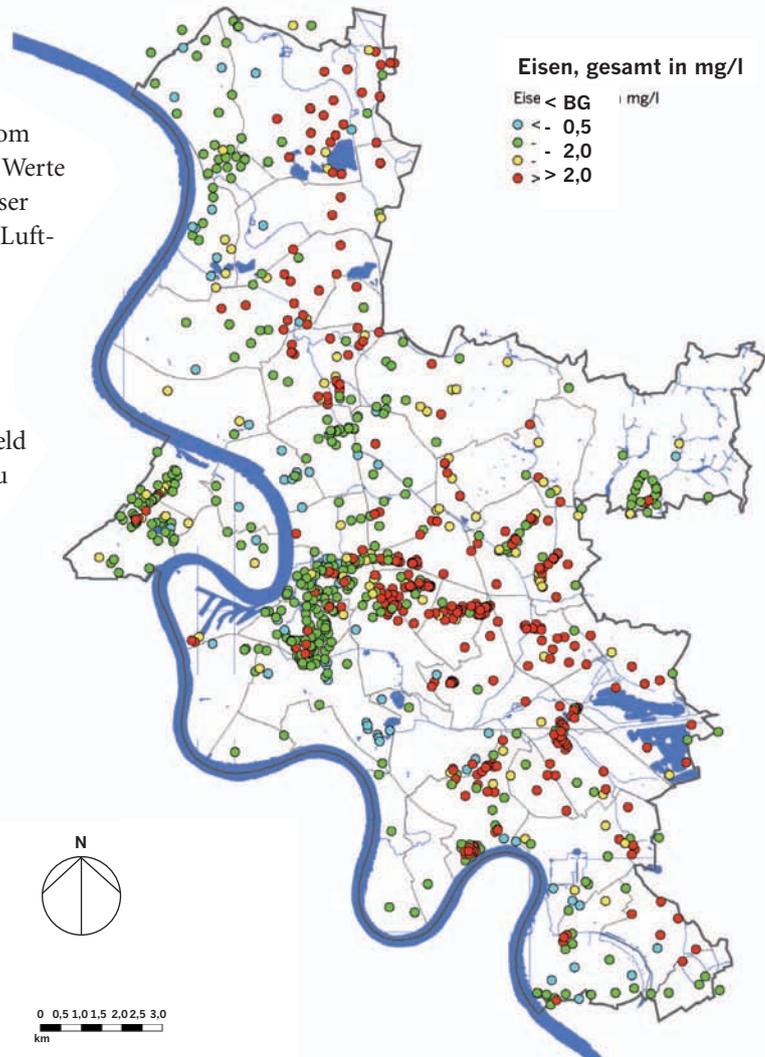
12



# Eisen im Grundwasser

Neben der Grundwassertemperatur kommt auch Eisen und Mangan eine bedeutende Rolle für die Beurteilung der Nutzbarkeit des Grundwassers als Heiz- oder Kühlquelle zu. Eisen ist von Natur aus an vielen Stellen im Grundwasser in Düsseldorf in gelöster Form vorhanden. Die Konzentrationen hängen auch vom geologischen Untergrundaufbau ab und können Werte von über 30 Milligramm pro Liter im Grundwasser erreichen. Sofern eisenhaltiges Grundwasser mit Luft-sauerstoff in ausreichendem Maß in Verbindung kommt, bildet sich eine flockige Substanz. Diese Ausfällung kann bei der Ableitung des Grundwassers, aber auch schon in der Anlage selbst zu Problemen durch Verockerung und Verschlam-mung führen. Dementsprechend sollten im Vorfeld einer geplanten direkten Grundwassernutzung zu Geothermiezwecken detaillierte Informationen zur Grundwassergüte am Standort vorliegen.

**Grundwasserbeschaffenheit,  
Eisen 2006/2007**



Stand: 2008  
Quelle: Umweltamt

# Grundwasserverunreinigungen

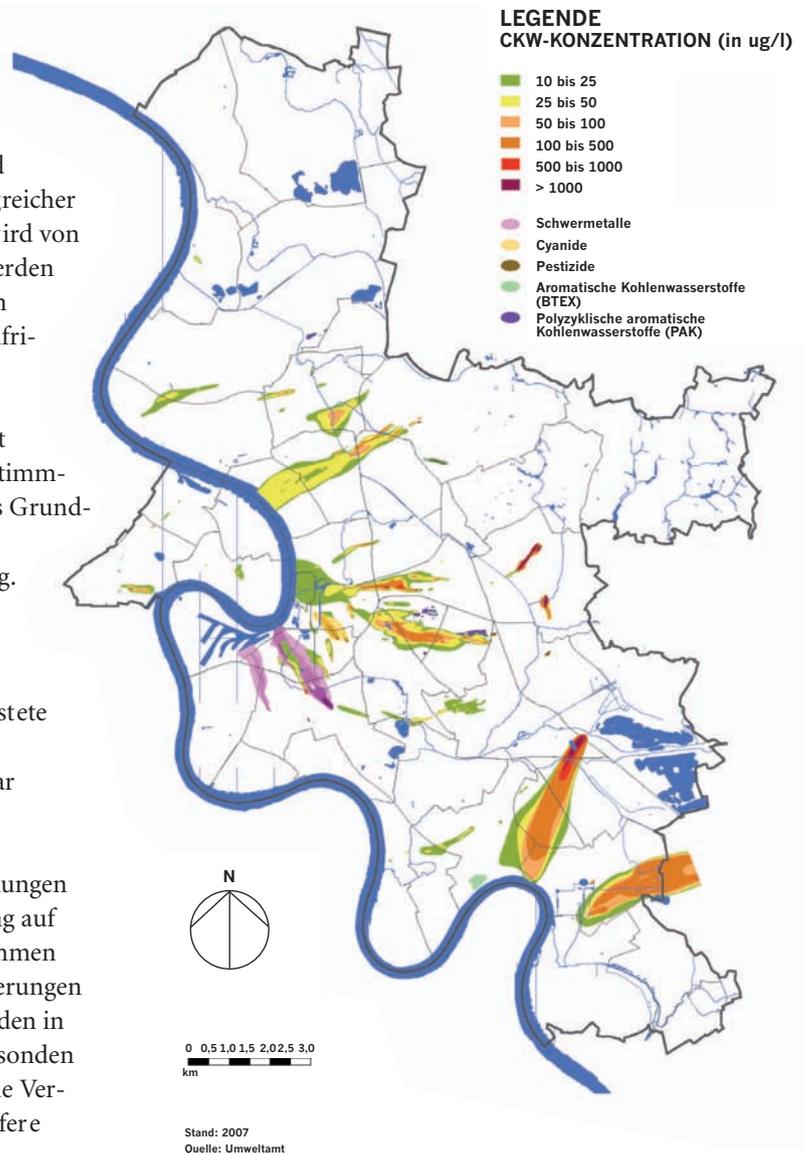
Großflächige Grundwasserverunreinigungen sind sowohl bei der direkten Grundwassernutzung als auch bei der Errichtung von Erdwärmesonden zu beachten. Einen Überblick über die Verunreinigungen zeigt die Karte flächiger Grundwasserverunreinigungen durch chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) und andere Stoffe. Die überwiegende Anzahl umfangreicher Grundwasserverunreinigungen im Stadtgebiet wird von der Stoffgruppe der CKW verursacht. Zurzeit werden rund 25 Anlagen zur Sanierung der vorliegenden Grundwasserverunreinigungen betrieben. Mittelfristig ist daher eine Reduzierung der Ausdehnung der Grundwasserverunreinigungen zu erwarten. Innerhalb von Grundwasserverunreinigungen ist eine direkte Grundwassernutzung nur unter bestimmten Randbedingungen und mit Aufbereitung des Grundwassers vor Einleitung in oberirdische Gewässer oder vor Wiederversickerung genehmigungsfähig.

Durch eine Grundwasserentnahme und -versickerung dürfen

- vorliegende Schadstoffe nicht in bisher unbelastete oder bereits sanierte Gebiete verlagert und
- Sanierungen nicht erschwert, verteuert oder gar unmöglich gemacht werden.

Um dies beurteilen zu können, sind die Auswirkungen von Entnahme und eventuell Wiederversickerung auf die Schadstoffverteilung im Grundwasser im Rahmen des Antrages darzustellen. Vergleichbare Anforderungen gelten auch für das Errichten von Erdwärmesonden in Verunreinigungsgebieten. Beim Bohren von Erdsonden ist daher besondere Sorgfalt erforderlich, um eine Verschleppung von Schadstoffen zum Beispiel in tiefere Bodenschichten zu vermeiden.

## Flächige Grundwasserverunreinigungen



# Altstandorte und Altablagerungen

Altablagerungen sind stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen sowie sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind (etwa alte Deponien und Verfüllungen). In Düsseldorf wurden nach systematischer Auswertung von topografischen Karten und Luftbildern 330 Altablagerungen ermittelt. Altstandorte sind Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist. Nach Auswertung von Adressbüchern, Firmenhandbüchern, historischen Karten und Bauakten wurden rund 5.500 Altstandorte in Düsseldorf ermittelt und erfasst.

Bei der Bearbeitung von Anträgen für Erdwärmesonden und Wasser-Wasser-Wärmepumpen werden die Grundstücke auch hinsichtlich der so genannten „Altlasten“ überprüft. Sofern Bodenbelastungen vorliegen, ist zu vermeiden, dass durch die Bohrungen beispielsweise Schadstoffe durch Verschleppung in das Grundwasser gelangen können. Ebenso kann schadstoffhaltiges Bohrgut anfallen. Daher kann der wasserbehördliche Erlaubnisbescheid Anforderungen an die Durchführung der Bohrarbeiten oder die Entsorgung des Bohrgutes enthalten.



Sanierung einer Industriehalle in Düsseldorf:  
Gelände nach Betriebseinstellung



Gelände während der Sanierung



Gelände nach der Sanierung

# Wasserschutzgebiete

Das Stadtgebiet von Düsseldorf ist zu 35 Prozent als Schutzzone für die Trinkwassergewinnung ausgewiesen. Fünf Wasserschutzgebiete dienen der langfristigen Sicherung der öffentlichen Wasserversorgung. Bei den in unmittelbarer Nähe des Rheinufers gelegenen Wasserwerken schwankt der zur Trinkwassergewinnung genutzte Anteil des infiltrierten Rheinwassers zwischen 65 und 80 Prozent. In den landeinwärts gelegenen Heberanlagen des Wasserwerkes Bockum überwiegt der Anteil des landseitig zuströmenden Grundwassers. Für die Wasserschutzgebiete bestehen Wasserschutzgebietsverordnungen, die besondere Regelungen zum Schutz des Grundwassers als Grundlage der Trinkwassergewinnung enthalten. Diese besonderen Regelungen sind auch bei geothermischen Nutzungen zu beachten.

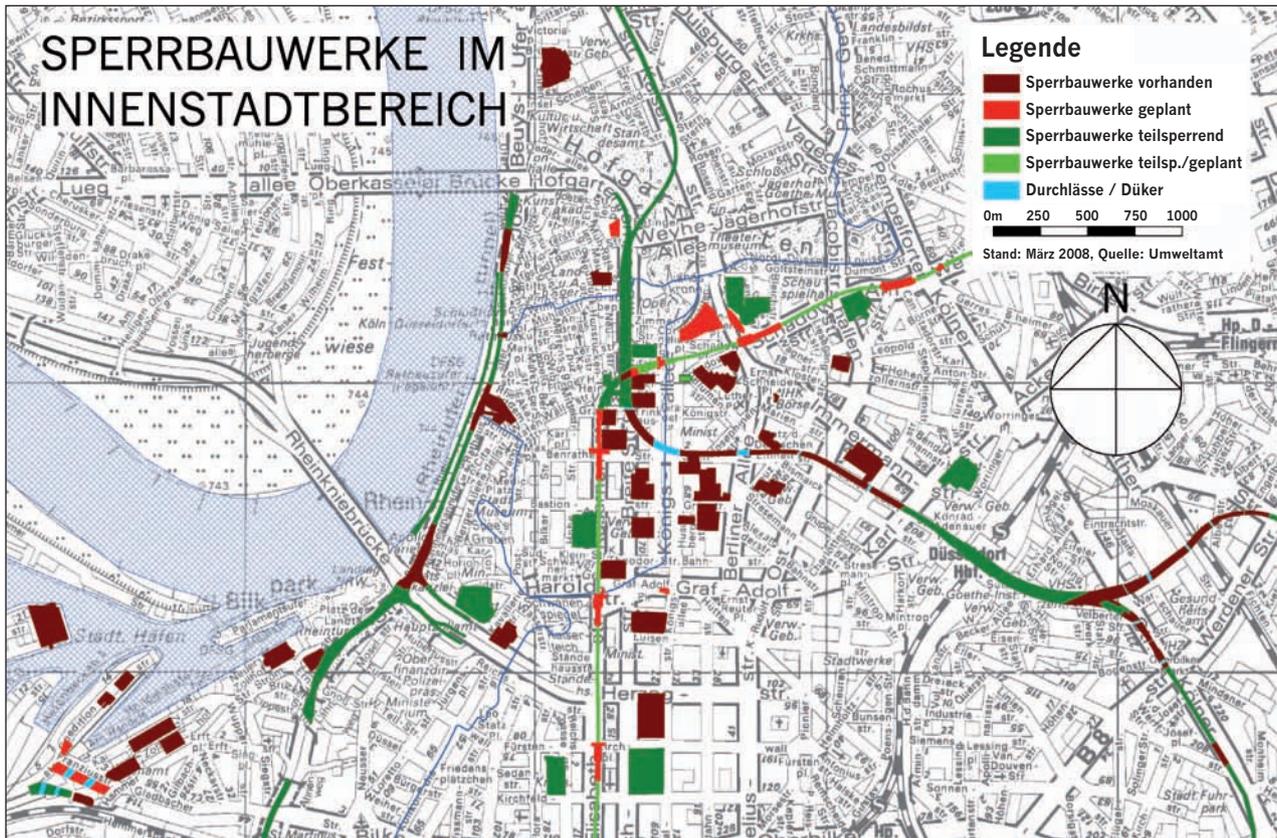
Die Errichtung und der Betrieb von Wasser-Wasser-Wärmepumpen sind in den Wasserschutzzonen in der Regel nicht genehmigungsfähig, da durch die Wiederversickerung über ein Schachtbauwerk natürliche Deckschichten zerstört werden und Schadstoffe möglicherweise unmittelbar in das Grundwasser gelangen können. Vorhandene Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen genießen allerdings Bestandsschutz. Sie wurden in der Regel vor Erlass der aktuellen Wasserschutzzonenvorgaben errichtet. Erdwärmesondenanlagen ohne direkte Grundwassernutzung sind dagegen grundsätzlich möglich, bedürfen jedoch in jedem Fall einer Genehmigung nach der jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnung.



# Sperrbauwerke

Der Grundwasserleiter im Stadtgebiet besteht im Wesentlichen aus zwei unterschiedlichen Schichten. Dazu gehört zum einen die Niederterrasse mit gut durchlässigen Sanden und Kiesen des Quartär, die den Hauptgrundwasserleiter darstellt. Darunter befindet sich das Tertiär, das aus wenig durchlässigen Feinsanden besteht. Um bei Tiefbaumaßnahmen den Zustrom von Grundwasser über das Quartär in großen Mengen zu begrenzen, werden so genannte Sperrbauwerke errichtet. Diese reichen bis in die tertiären Feinsande, wo-

durch dauerhaft die Grundwasserströmung beeinflusst wird. In der Innenstadt befinden sich eine ganze Reihe so genannter Grundwassersperrbauwerke. Einen Überblick über die Lage dieser Sperrbauwerke vermittelt die Karte Grundwassersperrbauwerke (rot dargestellt). Diese Sperrbauwerke sind bei der Planung geothermischer Anlagen in der Innenstadt zu berücksichtigen. Detaillierte Informationen gibt es beim Umweltamt (Kontakt siehe Seite 31).



# Wasserwirtschaftliche Auswirkungen

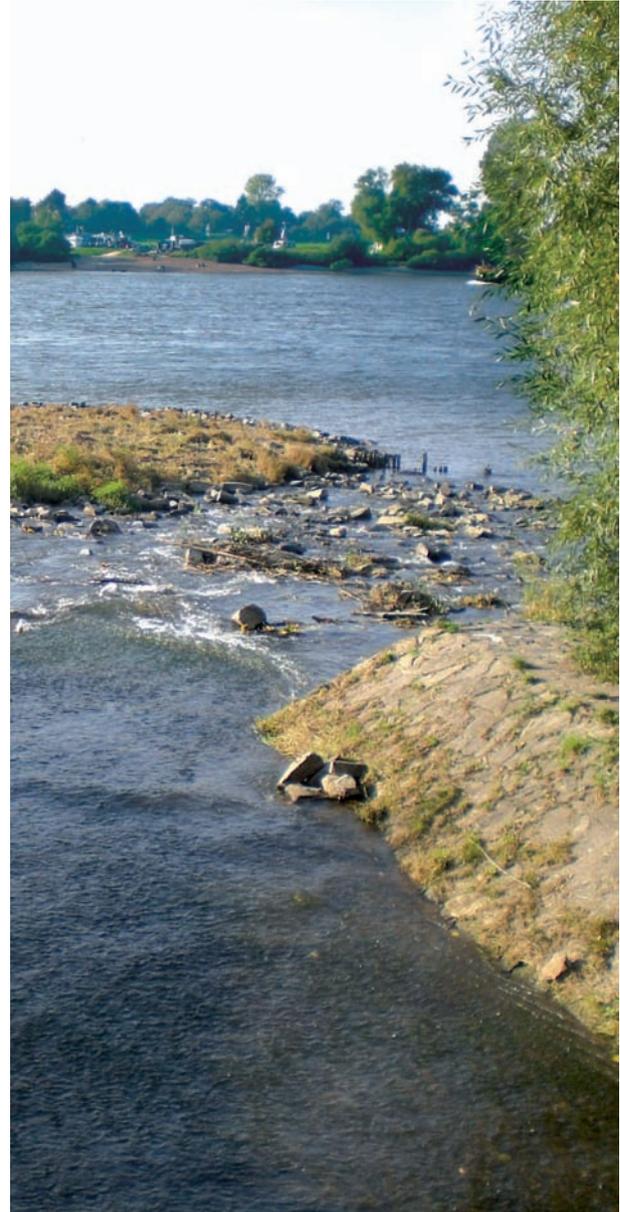
In Abhängigkeit der Art der Geothermienutzungen können sich unterschiedliche Auswirkungen auf den Boden und das Grundwasser ergeben.

Diese Auswirkungen können sowohl bei der Errichtung der Anlagen (Bohrvorgang) im Untergrund als auch während des Anlagenbetriebes entstehen. So können Erdwärmesondenanlagen zur Verminderung des Grundwasserabflusses und Bohrungen zu hydraulischen Kurzschlüssen zwischen verschiedenen Grundwasserstockwerken führen.

Durch die Entnahme der vorhandenen Wärmeenergie kann es je nach Nutzungsart (Beheizung/Kühlung) zu physikalischen Änderungen (Temperaturveränderungen) im Boden und Grundwasser kommen. Diese Veränderungen können Auswirkungen auf die Grundwasserbeschaffenheit und die Grundwassernutzung (zum Beispiel durch Verkeimung) zur Folge haben.

Weiterhin können bei Erdsondenanlagen auch Verluste von Trägerflüssigkeiten zu Beeinträchtigungen der Grundwasserqualität führen. Um die Auswirkungen auf den Boden und das Grundwasser zu minimieren, ist daher während der Errichtung und des Betriebes von Geothermieanlagen besondere Sorgfalt zum Schutz des Grundwassers erforderlich. Deshalb sollten auch nur Fachfirmen mit nachgewiesener Eignung mit der Planung und Errichtung von Geothermieanlagen betraut werden.

Bei größeren Anlagensystemen sind die physikalischen und chemischen Auswirkungen auf den Boden und das Grundwasser durch den Anlagenbetreiber dauerhaft zu überwachen.

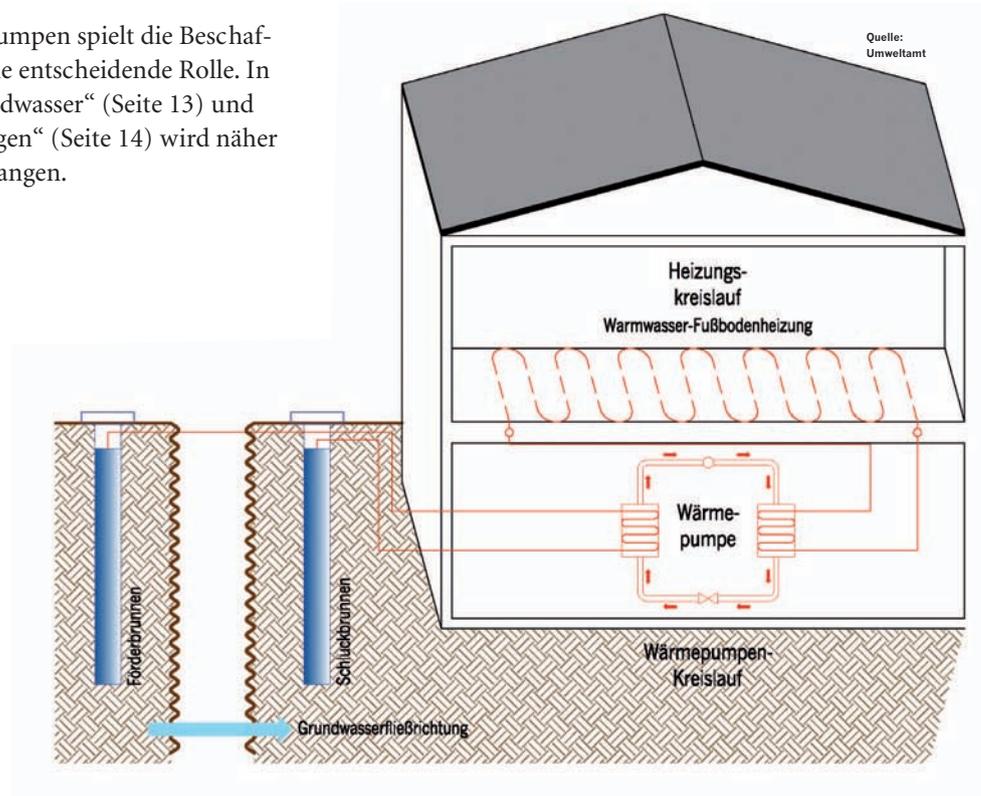




### Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Im Gegensatz zur Erdwärmesondenanlage mit geschlossenem Kreislauf wird bei einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe aus einem Förderbrunnen Grundwasser direkt entnommen. Dem Grundwasser wird über einen Verdampfer in der Wärmepumpe Wärme entzogen. Danach wird das abgekühlte Grundwasser über einen Schluckbrunnen wieder in den Grundwasserleiter zurückgeführt. Die Wiederversickerung über ein Schachtbauwerk ist allerdings nicht unproblematisch, da dadurch natürliche Deckschichten zerstört werden und Schadstoffe möglicherweise unmittelbar in das Grundwasser gelangen können.

Für Wasser-Wasser-Wärmepumpen spielt die Beschaffenheit des Grundwassers eine entscheidende Rolle. In den Kapiteln „Eisen im Grundwasser“ (Seite 13) und „Grundwasserverunreinigungen“ (Seite 14) wird näher auf diese Problematik eingegangen.



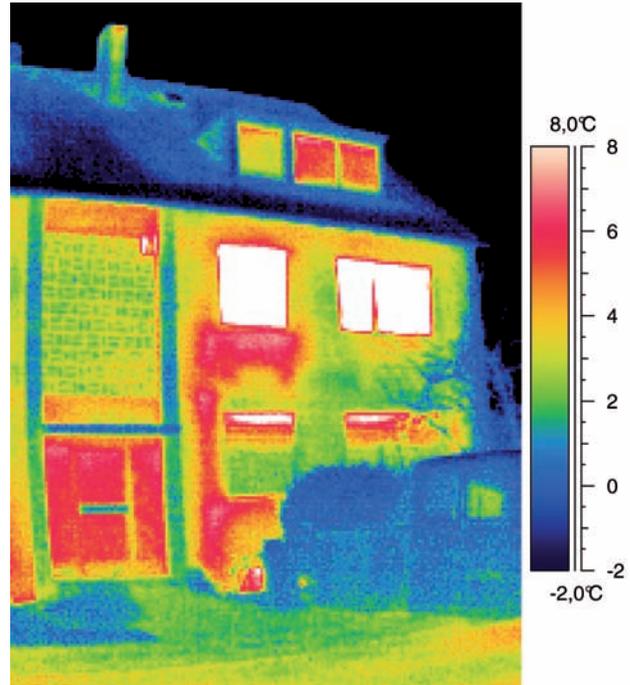
# Energiewirtschaftliche Hinweise

Der Einsatz von Erdwärme zu Heizzwecken kann auch bei einer energetischen Sanierung von Altbauten sinnvoll sein.

Wichtigste Voraussetzung ist ein hoher energetischer Standard, der über die gesetzlichen Anforderungen hinausgeht. Diese werden in der Energieeinsparverordnung (EnEV) festgelegt.

Durch den Einsatz von Wärmepumpen kann in Kombination mit der Verbesserung der Außenhülle deutlich leichter eine Unterschreitung des derzeitigen EnEV-Standards erreicht werden. Bei dem so genannten Niedrigenergiehaus-Standard fallen maximal 40 Kilowattstunden bzw. 60 Kilowattstunden Primärenergiebedarf pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche und Jahr an.

Für die Erdwärmenutzung ist eine Fußboden- oder Flächenheizung erforderlich. Bei einem anderen Heizungssystem ist aufgrund der dann erforderlichen relativ hohen Vorlauftemperatur die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben. Optimalerweise erfolgt die Warmwasserbereitung mit Solarthermie.



Thermografie eines nicht energetisch sanierten Wohngebäudes

### Sanierungspotenziale für bestehende Gebäude

Mit einer umfassenden Sanierung Ihres Gebäudes erreichen Sie die besten Voraussetzungen für die Nutzung von Erdwärme. Wesentlicher Bestandteil einer Sanierung ist eine gut gedämmte Außenhülle.

Aufgrund ihres hohen Flächenanteils gehen im Durchschnitt 30 Prozent des jährlichen Heizenergieverbrauchs durch die Außenwände verloren. Ungedämmte oder schlecht gedämmte Außenwände sind oft eine Ursache für ein unbehagliches Wohnklima und zusammen mit anderen Faktoren ein Grund für Feuchteschäden und Schimmelbildung.



Einsparpotenziale eines unsanierten Wohngebäudes

Mit einer Thermografieaufnahme lassen sich Wärmeverluste an Fassaden durch ungenügend gedämmte Flächen oder Wärmebrücken besonders gut verdeutlichen. Zu den Schwachpunkten bei Außenwänden von Altbauten zählen:

- Außenecken,
- Heizkörpernischen,
- Fenster- und Türanschlüsse,
- Rollladenkästen sowie
- auskragende Bauteile wie Balkone.

Durch nachträgliche Wärmedämmung können die Energieverluste durch die Außenwände deutlich reduziert werden. Das Wärmedämmverbundsystem (WDVS), die hinterlüftete Vorhangfassade und die Kerndämmung von zweischaligem Mauerwerk gehören dabei zu den häufigsten Sanierungsmethoden.

Bei dem Dach führt in der Regel fehlende oder zu geringe Dämmung zu hohen Wärmeverlusten. Ältere vorhandene Dämmung ist häufig zusammengesackt oder lückenhaft. Eine schlechte Dachdämmung führt dazu, dass der Dachraum im Sommer überhitzt und im Winter unbehag-

Dach 10-15%

Fenster 15-20%

Wand 20-25%

Heizung 25-30%

Lüftung 10-20%

Boden 5-10%

# SAGA.

## Serviceagentur Altbausanierung

lich kalt ist.

Außerdem kann durch die Sanierung der Kellerdecke oft mit vergleichsweise geringem Aufwand ein Einsparpotenzial bis zu 10 Prozent des Wärmebedarfs realisiert werden. Wichtig bei der nachträglichen Wärmedämmung ist die Sicherstellung einer ausreichenden Belüftung zur Vermeidung von Feuchtigkeitsproblemen. Weitere Informationen zum Thema Altbausanierung erhalten Sie bei der Serviceagentur Altbausanierung SAGA, einer Beratungsstelle der Stadt Düsseldorf, der Stadtwerke Düsseldorf AG und der Verbraucherzentrale NRW.



Dämmung der obersten Geschossdecke

### Warmwasserbereitung

Bei der Umstellung oder Erneuerung der Heizungsanlage sollte geprüft werden, in wie weit die Warmwasserbereitung durch Solarthermie erfolgen oder vorgerüstet werden kann. Unter finanziellen und energetischen Gesichtspunkten ist eine dezentrale Warmwasserversorgung durch strombetriebene Warmwasserspeicher die ungünstigste Lösung.

Zu empfehlen ist eine zentrale Warmwasserbereitung mit einem Warmwasserspeicher, der unter Berücksichtigung einer Installation oder Nachrüstung mit einer Solaranlage ausgewählt werden sollte. Weiterhin ist darauf zu achten, dass neben den Heizungsrohren auch die Warmwasser führenden Leitungen gedämmt werden.

# Antragsverfahren

## Rechtliche Grundlagen

### Wasserrecht

Nach § 3 Abs. 1 Nr. 6 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist das Entnehmen von Grundwasser für die Wasser-Wasser-Wärmepumpe eine Benutzung des Grundwassers. Auch die bei der Wasser-Wasser-Wärmepumpe erforderliche Wiederversickerung oder Einleitung des Grundwassers in ein oberirdisches Gewässer ist nach § 3 Abs. 1 Nr. 5 WHG eine Gewässerbenutzung. Da durch die Erdwärmesonden dem Grundwasser Wärme entzogen wird und sich dadurch die physikalische Beschaffenheit (z. B. die Temperatur) des Grundwassers ändert, ist auch dies nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 WHG eine Benutzung des Grundwassers. Für diese Gewässerbenutzungen ist nach § 2 WHG eine Erlaubnis erforderlich. Durch die Auflagen in der Erlaubnis wird der Betreiber unterstützt, die Anlage ordnungsgemäß zu errichten und einen dauerhaft ordnungsgemäßen und effektiven Betrieb ohne nachteilige Auswirkungen auf das Grundwasser zu erreichen. Zusätzlich sollen damit Schäden am eigenen Gebäude sowie an Gebäuden und Einrichtungen im Umfeld vermieden werden.

Dazu sind folgende Auflagen etwa in einer Erlaubnis für Erdsonden enthalten:

- Verpressung des Ringraumes der Bohrung mit einer Bentonit-Zement-Suspension
- die Erdwärmesonde muss mindestens der Druckstufe PN 16 entsprechen
- Einbau eines Druckdifferenzschalters, durch den die Anlage bei einem Druckabfall automatisch abgeschaltet wird
- regelmäßige Überprüfungen der Anlage durch einen Fachbetrieb

Es dürfen nur Bohrfirmen mit der Errichtung der Anlage beauftragt werden, die im Besitz des DVGW-Zertifi-

kates W 120 (insbesondere G1 und G2) sind. Die verantwortliche Person auf der Baustelle muss mindestens die Eignungsprüfung nach DIN 4021 für Bohreräteführer abgelegt haben und zukünftig das Zertifikat „Fachkraft für Bohrungen für geothermische Zwecke und Einbau von geschlossenen Wärmeüberträger-Systemen (Erdwärmesonden)“ nach DIN EN ISO 22475 vorlegen können.

### Novelle des Landeswassergesetzes

Das Landeswassergesetz wurde zum 1. Januar 2008 geändert. Für Erdwärmepumpen ist ein vereinfachtes Verfahren vorgesehen. Demnach gilt bei Anlagen mit einer thermischen Nutzung bis zu 50 Kilojoule pro Sekunde (= 50 Kilowatt) die Erlaubnis für 25 Jahre als erteilt, wenn die zuständige Behörde die Erlaubnis nicht binnen drei Monaten nach Eingang des Antrages versagt. Anstelle der Versagung kann die zuständige Behörde eine Erlaubnis mit Nebenstimmungen erteilen.

### Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Das Ziel des EEWärmeG ist es, den Anteil erneuerbarer Energien an der Deckung des Energiebedarfs von Gebäuden zu erhöhen. Durch das Gesetz soll gewährleistet werden, dass bei der Energieversorgung von Gebäuden erneuerbare Energien eingesetzt werden. Diese Nutzungspflicht wird durch ein Förderprogramm flankiert (Seite 25). Das EEWärmeG wird am 01.01.2009 in Kraft treten.

### Bergrecht

Die Erschließung von Erdwärme fällt unter das Bundesberggesetz (BBergG). Für das Aufsuchen (Erschließen) von Erdwärme ist unabhängig von der Tiefe der Bohrung oder der Anlagentechnik eine bergrechtliche

Genehmigung erforderlich. Eine Ausnahme davon enthält § 4 Abs. 2 Nr. 1 BBergG. Demnach ist eine bergrechtliche Genehmigung nicht erforderlich, wenn die Erschließung und die Nutzung von Erdwärme auf demselben Grundstück erfolgt. Bei Bohrungen über 100 Meter Tiefe ist jedoch immer mindestens eine Bohranzeige und auf Verlangen der Bezirksregierung Arnberg – Bergverwaltung – ein Hauptbetriebsplan gemäß § 127 BBergG erforderlich.

### **Antragsunterlagen**

In den Antragsunterlagen sind alle für die Entscheidung über die Gewässerbenutzung erforderlichen Angaben darzustellen und mitzuteilen. Dazu gehören Lagepläne, technische Daten und Angaben zu dem eingesetzten Wärmeträger (Sole).

Die Antragsformulare für Erdwärmesonden und Wasser-Wasser-Wärmepumpen sollen helfen, vollständige Antragsunterlagen zusammenzustellen. Beide Formulare können im Internet unter [www.duesseldorf.de/umweltamt](http://www.duesseldorf.de/umweltamt) heruntergeladen werden.

### **Gebühren**

Für die Erteilung einer wasserbehördlichen Erlaubnis ist eine Verwaltungsgebühr zu zahlen. Die Höhe der Gebühr richtet sich nach der energetischen Entzugsleistung der Anlage.

### **Wasserentnahmeentgelt**

Das Wasserentnahmeentgelt wird für Wasser-Wasser-Wärmepumpen nicht erhoben, da das geförderte Grundwasser dem Gewässer durch die anschließende Versickerung oder Einleitung in ein oberirdisches Gewässer wieder zugeführt wird (§ 1 Abs. 2 Nr. 6 Wasserentnahmeentgeltgesetz (WasEG)).

Für Grundwasserentnahmen zum Zwecke der Kühlwassernutzung wird das Wasserentnahmeentgelt erhoben. Wenn das Kühlwasser anschließend wieder dem Gewäs-

ser zugeführt wird (Durchlaufkühlung), wird ein vermindertes Wasserentnahmeentgelt erhoben (§ 2 Abs. 2 WasEG). Für Erdwärmesonden wird kein Wasserentnahmeentgelt erhoben.

### **Anzeige der Bohrung durch die ausführende Bohrfirma**

Nach § 4 Lagerstättengesetz ist die Bohrung beim Geologischen Dienst NRW anzuzeigen.

### **Fördermöglichkeiten**

Seit dem 1. Januar 2008 wird der energieeffiziente Einsatz von Wärmepumpen für die Warmwasserbereitung und die Deckung des Heizwärmebedarfs gefördert (Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien).

Folgende Voraussetzungen sind für eine Förderung mindestens zu erfüllen:

- Einbau eines Strom- und Wärmemengenzählers für elektrisch angetriebene Wärmepumpen zur Bestimmung der Jahresarbeitszahl gemäß VDI 4650
- Vorlage einer Fachunternehmererklärung mit folgendem Inhalt:
  - Nachweis einer Jahresarbeitszahl von mindestens 4,0 bei Erdwärmesonden und Wasser-Wasser-Wärmepumpen im Neubau bzw. mindestens 3,7 im Gebäudebestand,
  - Durchführung des hydraulischen Abgleichs der Heizungsanlage,
  - Anpassung der Heizkurve der Heizungsanlage an das entsprechende Gebäude.

Die Förderrichtlinien können im Internet von der Homepage des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter folgendem Link heruntergeladen werden:

[http://www.bmu.de/erneuerbare\\_energien/downloads/doc/40533.php](http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/40533.php)

# Checkliste Antragsverfahren

## Lage des Vorhabens

- Straße, Hausnummer
- Gemarkung, Flur, Flurstück
- Übersichtslageplan 1 : 10.000 oder 1 : 25.000
- Lageplan mit Bohransatzpunkten 1 : 500 oder 1 : 1.000

## Technische Angaben

Bohrfirma:

- Zertifikat nach DVGW-Arbeitsblatt W 120 (insbesondere G1 und G2)
- Eignungsprüfung nach DIN 4021 für den Bohrgeräteführer oder Zertifikat „Fachkraft für Bohrungen für geothermische Zwecke und Einbau von geschlossenen Wärmeüberträger-Systemen (Erdwärmesonden)“ nach DIN EN ISO 22475

Bohrarbeiten:

- Bohrdurchmesser
- Anzahl der Bohrungen
- Tiefe der Bohrungen
- Lage der Bohrungen
- Angaben zur Spülung bzw. den Spülungszusätzen und zur Verfüllsuspension
- Abstände zu bestehenden Gebäuden (mindestens 2 Meter)
- Abstände zwischen den Erdwärmesonden (mindestens 5 Meter bei Erdwärmesondenlängen bis 50 Meter mindestens 6 Meter bei Erdwärmesondenlängen größer 50 Meter bis 100 Meter)

Technische Daten der Erdwärmesonden-Heizungsanlage sowie des Rohrmaterials:

- Hersteller, Typ der Wärmepumpe
- Hersteller des Rohrmaterials der Sonden
- Sondentyp
- Material – Prüfzeichen / Gütezertifikate des Einbaumaterials (HR 3.26 SKZ Würzburg in Verbindung mit DIN 8074 und 8075), Herstelldatum
- Prüfdruck
- Nennbetriebsdruck
- Anzahl Sonden
- Tiefe der Sonden (bei einer Bohrung in das Tertiär ist der Ringraum der Bohrung von unten nach oben mit einem Bentonit-Zement-Gemisch zu verpressen)
- Innendurchmesser der Sondenrohre
- Wärmeträger der Wärmequellenanlage
- Hersteller des Wärmeträgers
- Konzentration des Wärmeträgers
- Füllmenge des Wärmeträgers je Rohrschleife
- Füllmenge des Wärmeträgers je Sonde
- Gesamtfüllmenge der Anlage inkl. Verbindungsleitungen und Verdampfer der Wärmepumpe
- Wärmeträger-Umlaufpumpe
- Wärmeträger-Umlaufmenge
- Gesamtwärmeentnahme
- Heizleistung
- Leistungsaufnahme
- Nennvolumenstrom heizseitig
- Kältemittel
- Wärmepumpen-Gütesiegel (falls vorhanden)

# Praxisbeispiele Kühlwasserentnahmen

## Beispiel 1: Stadttor

### Basisdaten

Errichtung: 1997/1998

Lage: Stadttor 1

Nutzung: Bürogebäude

Bauherr: GbR Düsseldorfer Stadttor mbH

### Geothermienutzung

Kühlen

Grundwassertemperatur: 14 Grad

Entnahmetiefe: 25 Meter

Anzahl der Brunnen: 2 Entnahmebrunnen,

3 Versickerungsbrunnen

Wassermengen: Erlaubnis bis zu 900.000 Kubikmeter pro Jahr

Besonderheiten: Aufbereitungsanlage wegen der Lage am Rand einer Grundwasserverunreinigung installiert



## Beispiel 2: Capricorn 1

### Basisdaten

Errichtung: 2004/2005

Lage: Holzstraße 2

Nutzung: Bürogebäude

Bauherr: Capricorn Development GmbH

### Geothermienutzung

Kühlen

Grundwassertemperatur: 14 Grad

Entnahmetiefe: 14 Meter

Anzahl der Brunnen: 3 Entnahmebrunnen

Einleitung in das Hafenbecken

Wassermengen: Erlaubnis bis zu 600.000 Kubikmeter pro Jahr



### Beispiel 3: Haus vor dem Wind im Hafen

#### Basisdaten

Errichtung: 2004/2005

Lage: Kaistraße 8a

Nutzung: Bürogebäude

Bauherr: GbR Düsseldorf Kaistraße 8a

#### Geothermienutzung

10 Sonden à 97,50 Meter

Gesamtwärmeentnahme: 50 Kilowatt



### Beispiel 4: Erdsondenanlage Einfamilienhaus

#### Basisdaten

1 Sonde à 90 Meter

Heizleistung: 6 Kilowatt

Kühlleistung: 4,6 Kilowatt



# Schlagwortverzeichnis A-Z

## **Druckdifferenzschalter (Druckwächter)**

technische Einrichtung, die bei Druckabfall in der Wärmepumpen-Anlage automatisch abschaltet

## **DVGW**

Deutscher Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.

## **Erdwärme**

in der Erde gespeicherte Wärmeenergie

## **Erdwärmekollektoren**

horizontal in den Untergrund eingebrachte Rohrbündel aus Kunststoff mit Wärmeträgerflüssigkeit

## **Erdwärmesonden (EWS)**

senkrecht in den Untergrund eingebrachte Rohrbündel aus Kunststoff mit Wärmeträgerflüssigkeit

## **Flurabstand**

Abstand zwischen dem Gelände und der Grundwasser Oberfläche

## **fossiler Energieträger**

durch biologische und physikalische Vorgänge im Erdinneren entstandene energiereiche Stoffe wie Erdöl

## **geogen**

natürlich vorhanden

## **geothermisches Potenzial**

im Untergrund vorhandene Wärmemenge

## **Grundwasserleiter**

grundwassergefüllter Boden oder Gesteinskörper

## **Heberanlagen**

Brunnenanlagen

## **Heizleistung**

ist die von einem Wärmeerzeuger in einer bestimmten Zeit (z. B. einer Stunde) abgegebene nutzbare Heizwärme, Angabe in Kilowatt [kW]

## **hydraulischer Abgleich**

Verfahren, mit dem innerhalb einer Heizungsanlage jeder Heizkörper oder Heizkreis einer Flächenheizung bei einer festgelegten Vorlauftemperatur genau mit der Wärmemenge versorgt wird, die benötigt wird, um die für die einzelnen Räume gewünschte Temperatur zu erreichen. Dies wird mit genauer Planung, Überprüfung und Einstellung bei der Inbetriebnahme der Anlage erreicht. Auch ein nachträglicher hydraulischer Abgleich ist möglich.

## **hydraulischer Kurzschluss**

Wasseraustausch übereinanderliegender Grundwasserstockwerke über natürliche oder vom Menschen verursachte Öffnungen (Brunnen, Erdsonden) im Grundwasserstauer

## **Jahresarbeitszahl (JAZ)**

kennzeichnet die Energieeffizienz einer elektrischen Wärmepumpe. Beispiel: eine JAZ = 4 bedeutet 4 Kilowattstunden Nutzwärme bei einem Einsatz von 1 Kilowattstunde elektrischer Energie

## **Klimatisierung**

Beheizen oder Kühlen von Gebäuden

**landseitig**

vom Land her zuströmend

**Leckage**

Öffnungen im Anlagensystem, die zum Austritt von Wärmeträgerflüssigkeit führen können

**Quartär**

gut durchlässiger Boden aus Kiesen und Sanden (erdgeschichtlich jüngster Zeitabschnitt)

**Primärenergiebedarf**

Der Primärenergiebedarf sagt aus, wie die Qualität der Gebäudehülle sowie die Effizienz der Heizung und Warmwasserbereitung ist. Er berücksichtigt die Verluste, die bei Gewinnung, Umwandlung und Transport des eingesetzten Energieträgers, d. h. Brennstoffs, entstehen.

**Selbstschreiber/Datenlogger**

technische Geräte mit denen automatisch Grundwasserstände in Grundwassermesspegeln aufgezeichnet werden

**Sperrbauwerk**

Tiefenbauwerk, das den Hauptgrundwasserleiter absperrt

**Tertiär**

schlecht durchlässiger Boden aus Feinsanden (erdgeschichtlicher Zeitabschnitt vor dem Quartär)

**Untergrund**

Boden oder Gestein mit und ohne Grundwasser

**Verpressung**

Verfüllen der Bohrung mit einer Betonmischung

**Wärmeträgerflüssigkeit**

auch Sole genannt, Flüssigkeit häufig aus verdünntem Alkohol, die die Wärmeenergie aus dem Untergrund aufnimmt

**Wärmebedarf**

der Heiz-Wärmebedarf ist die Wärmemenge, die von dem jeweiligen Heizsystem dem Raum/Gebäude zur Verfügung gestellt werden muss, um die gewünschte Temperatur aufrecht zu erhalten

**Wärmepumpe**

mit einem Kältemittel versehene Maschine, die Wärme durch Verdichtung und Entspannung auf ein höheres Temperaturniveau bringt

**Wasser-Wasser-Wärmepumpe**

die Wärmeenergie für die Wärmepumpe wird aus dem Grundwasser entnommen

**Wiederversickerung**

Einleitung von entnommenem Grundwasser in den Untergrund über Schluckbrunnen

# Literatur/Internet

## Literatur

Merkblatt Band 48 „Wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme“ des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen

VDI-Richtlinie 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes“ (Blatt 1 und 2)

## Internet

Umweltamt Düsseldorf:  
[www.duesseldorf.de/umweltamt](http://www.duesseldorf.de/umweltamt)

Wärmepumpen Marktplatz:  
[www.waermepumpen-marktplatz.nrw.de](http://www.waermepumpen-marktplatz.nrw.de)

Energieagentur NRW: [www.energieland.nrw.de](http://www.energieland.nrw.de)  
(Landesinitiative Zukunftsenergie)

Stadtwerke Düsseldorf AG:  
[www.swd-ag.de](http://www.swd-ag.de)

Serviceagentur Altbausanierung:  
[www.saga-duesseldorf.de](http://www.saga-duesseldorf.de)

Geologischer Dienst NRW:  
[www.gd.nrw.de](http://www.gd.nrw.de) und [www.geothermie.nrw.de](http://www.geothermie.nrw.de)

# Service

Bei folgenden Ansprechpartnern in der Stadtverwaltung finden Sie Auskunft, Beratung und Hilfe:

Geothermie (Wasser-Wasser-Wärmepumpen, Erdwärmesonden)

Herr Schneider  
Telefon: 0211/89-25076  
E-Mail: [ulrich.schneider@stadt.duesseldorf.de](mailto:ulrich.schneider@stadt.duesseldorf.de)

Herr Broch  
Telefon: 0211/89-25075  
E-Mail: [joachim.broch@stadt.duesseldorf.de](mailto:joachim.broch@stadt.duesseldorf.de)

Serviceagentur Altbausanierung (SAGA)

SAGA-Telefon: 01801/999439  
(6 ct./min. Tarif Dt. Telekom)  
E-Mail: [saga@stadt.duesseldorf.de](mailto:saga@stadt.duesseldorf.de)



**Herausgegeben von der**

Landeshauptstadt Düsseldorf  
Der Oberbürgermeister, Umweltamt

**Verantwortlich**

Dr. Werner Görtz

**Texte**

Thomas Stenzel, Ulrich Schneider, Ricarda Sahl

**Fotos**

Umweltamt, Vermessungs- und Katasteramt,  
dot.blue, [www.pixelio.de](http://www.pixelio.de)

**Gestaltung**

dot.blue, Jutta Schlotthauer

**Druckbetreuung**

Stadtbetrieb Zentrale Dienste  
[www.duesseldorf.de/umweltamt](http://www.duesseldorf.de/umweltamt)