

## Renewable Geothermal Energy – Latest Developments in Geothermics in North Rhine-Westphalia: New Finds. New Projects. New Research Facilities.

Geothermal resources have huge future potential and could well replace much of our fossil-fuel and nuclear based heat and electricity supplies. Geothermal energy is climate neutral and is available all year round. However, it presents significant technological challenges and is highly capital intensive. This applies both

to near-surface geothermics and, more especially, to deep-level geothermal operations, where deep wellbores have to be drilled at enormous cost. Any expansion of geothermal exploitation over the years has therefore been very much dependent on the prevailing project funding conditions.

## Erneuerbare Energie Erdwärme – Neueste Entwicklungen in der Geothermie in Nordrhein-Westfalen: Neue Erkundungen. Neue Projekte. Neue Forschungsstätten.

Die Nutzung von Erdwärme besitzt erhebliches Potential und kann große Anteile der bisher auf fossilen Energieträgern oder Kernbrennstoffen basierenden Wärme- und Stromversorgung übernehmen. Erdwärme ist klimaneutral und steht das ganze Jahr rund um die Uhr zur Verfügung. Andererseits ist ihre Nutzung techno-

logisch anspruchsvoll und kapitalintensiv. Dies gilt für die oberflächennahe Geothermie, aber im besonderen Maß aufgrund der teuren Bohrungen für die tiefe Geothermie. Der Ausbau der Geothermie war in der Vergangenheit daher immer stark von den Rahmenbedingungen der Förderung geprägt worden.

### Introduction

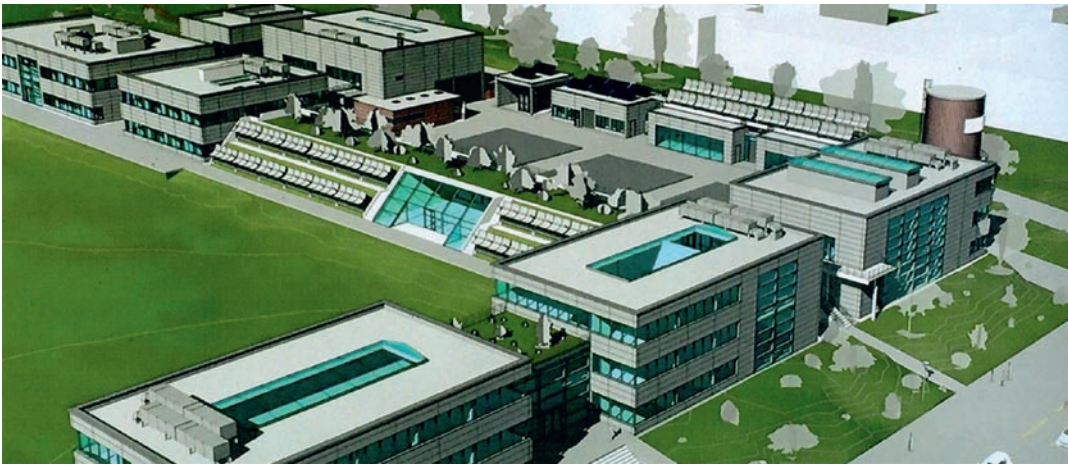
Germany currently uses about 56% of its primary energy sources for heating purposes and around 44% for producing electricity and mechanical energy, this including transport. The greatest challenges to the implementation of the energy transition are therefore to be found in the heating sector. North Rhine-Westphalia produces and consumes more energy of this type than any other federal state. Geothermal resources and warm water pumped from former mine workings offer huge potential for the reliable supply of heating and cooling energy, much of which still remains largely untapped.

The latest provisions to be issued by the national and federal governments – particularly regarding the withdrawal from coal-fired power generation and the increased expansion of renewables – show that the framework conditions for geothermal energy require sustainable improvement. To this effect the State Parliament of North Rhine-Westphalia passed a resolution on 20th March 2019 (LT-Drs. 17/5533) that among other things mandated the State Government to examine the measures that could be adopted to promote geothermal energy and the legal barriers that might be standing in the way of deep-level geothermal technology.

### Einleitung

Deutschland verwendet aktuell ca. 56% seiner Primärenergie für Wärmezwecke und 44% für Strom und mechanische Energie incl. Verkehr. Die größten Herausforderungen zur Umsetzung der Energiewende liegen somit im Wärmesektor. Von allen Bundesländern hat Nordrhein-Westfalen den größten Anteil an Produktion und Verbrauch dieser Energien. Die Geothermie sowie das warme Grundwasser ehemaliger Bergwerke bieten große Potentiale für eine verlässliche Wärme- und Kälteversorgung, die heute noch weitgehend unerschlossen sind.

Die jüngsten Vorgaben der Bundes- und der Landesregierung – insbesondere zum Ausstieg aus der Kohleverstromung und zum verstärkten Ausbau der erneuerbaren Energien (EE) – machen deutlich, dass die Rahmenbedingungen für die Geothermie nachhaltig verbessert werden sollten. In diesem Sinne hatte auch der nordrhein-westfälische Landtag am 20. März 2019 einen Beschluss gefasst (LT-Drs. 17/5533), in dem er die Landesregierung u. a. damit beauftragt zu prüfen, welche Maßnahmen zur Förderung der Geothermie ergriffen werden können und welche rechtlichen Hemmnisse bei der Nutzung der Tiefengeothermie bestehen.



*Fig. 1. Proposed expansion of the Fraunhofer IEG in Bochum. Further research establishments are being planned at Weisweiler in the Aachen region.  
Bild 1. Darstellung des geplanten Ausbaus der Fraunhofer-Einrichtung IEG in Bochum. In der Region Aachen sind in Weisweiler weitere Forschungsstätten geplant. Source/Quelle: Fraunhofer IEG*

The State Government was also to commit to developing the International Geothermal Centre (GZB) in Bochum/Germany as a Fraunhofer Institute for Geothermal Energy. The State Parliament sees the potential for using heat energy as part of a deep geothermics programme as indisputable and has therefore called on the State Government to commission an extensive geothermal survey of the North Rhine-Westphalia region.

### Geothermal research

The GZB was founded in Bochum in 2003 as a joint research establishment for science and business. The construction of laboratories and a “Geotechnikum” laid the technical basis for geothermal research in the State of North Rhine-Westphalia, with Bochum University the centre of the network as the GZB field office.

On 1st January 2020 the GZB severed its link with Bochum University and became part of the new Fraunhofer Institute for Energy Infrastructures and Geothermal Energy (IEG). Other key locations include the energy infrastructure sites in Cottbus and the sector coupling facility in Jülich. The Bochum facility is now being significantly expanded (Figure 1).

### Legal barriers to deep geothermal operations

In 2011 the Industry and Environment Ministry of North Rhine-Westphalia issued a joint decree on the adoption of regulations essentially designed to disallow any application for fracking in connection with the exploration or extraction of natural gas from unconventional deposits. However, these regulations were to result in an almost complete cessation of deep geothermal activities in North Rhine-Westphalia, as the hydraulic fracturing of rock can in some cases form part of such operations, even though this generally only involves the use of water.

By introducing its 2016 legislative package on fracking the federal legislature has redefined the hydraulic fracturing of rock as regulated in the Federal Mining Act (BBergG) and in the Federal Water Resources Act (WHG). The use of this technology is henceforth to be prohibited in certain types of rock, though only in connection with the commercial exploration and extraction of oil and gas. Geothermal projects, on the other hand, have not been included in this general exclusion and are only prohibited in certain nature conservation areas. Provisions were also introduced with a view to providing greater protection for people and the environment, and

Darüber hinaus sollte sich die Landesregierung dafür einsetzen, dass das Internationale Geothermiezentrum in Bochum (GZB) zu einem Fraunhofer-Institut für Geothermie ausgebaut wird. Das Potential zur Nutzung von Wärmeenergie im Rahmen der Tiefengeothermie sieht der Landtag als zweifellos gegeben an und hat daher die Landesregierung aufgefordert, eine flächendeckende geothermale Charakterisierung von Nordrhein-Westfalen in Auftrag zu geben.

### Geothermieforschung

Das GZB wurde 2003 als Verbundforschungseinrichtung der Wirtschaft und der Wissenschaft in Bochum gegründet. Mit dem Bau der Labore und des Geotechnikums wurde die technische Grundlage für die Geothermieforschung in Nordrhein-Westfalen geschaffen. Die Hochschule Bochum war mit der Geschäftsstelle des GZB Mittelpunkt des Netzwerks.

Mit Wirkung vom 1. Januar 2020 wurde das GZB von der Hochschule Bochum gelöst und in die neue Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastruktur und Geothermie (IEG) integriert. Weitere wesentliche Einrichtungsteile werden die Standorte zu Energieinfrastrukturen in Cottbus und zur Sektorkopplung in Jülich sein. Der Standort Bochum wird deutlich ausgebaut (Bild 1).

### Rechtliche Hemmnisse bei der Tiefengeothermie

Im Jahr 2011 hatten das Wirtschafts- und das Umweltministerium des Landes Nordrhein-Westfalen mit einem gemeinsamem Erlass Regelungen getroffen, die im Wesentlichen die Genehmigung eines eventuell beantragten Einsatzes von Fracking bei der Aufsuchung oder Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten ausschließen sollten. Diese Regelungen führten aber auch zu einem fast vollständigen Erliegen von Aktivitäten im Bereich der Tiefengeothermie in Nordrhein-Westfalen, da auch hierbei das hydraulische Aufbrechen von Gesteinen erforderlich sein kann, wenn auch hier in der Regel lediglich Wasser eingesetzt wird.

Mit dem Fracking-Gesetzespaket hat der Bundesgesetzgeber 2016 das hydraulische Aufbrechen von Gestein im Wasserhaushalts- (WHG) und im Bundesberggesetz (BBergG) neu geregelt. Danach ist die Anwendung dieser Technologie lediglich bei der gewerblichen Aufsuchung und Gewinnung von Erdöl und Erdgas in bestimmten Gesteinen ausgeschlossen. Den Einsatz bei Erdwärme-Vorhaben hat der Gesetzgeber dagegen nicht in den pau-

in particular for groundwater and drinking water resources, from the risks that could be posed by geothermal energy projects of this kind.

While the 2017 Regional Development Plan for North Rhine-Westphalia provides for a general exclusion of fracking as its central objective, its explanatory notes expressly state that this exclusion does not apply to deep wellbores intended for geothermal operations.

In 2018 the State Government revoked the aforementioned decree of 2011, while at the same time making clear that in the event of any applications for licences to carry out hydraulic fracturing of rock for deep-level geothermal projects there can for the time being be no assumption of consent being granted as long as it cannot be shown that there is no potential risk to the environment due to project-related activities.

### Extensive geothermal mapping

Because of the kind of temperature levels that will be required, medium-depth and deep-level geothermics will now have to be considered as a matter of urgency if this kind of resource is to be used for urban centres, stock supplies, larger heating networks and commercial applications. A focus of this activity will involve the development of hydrothermal deposits, i.e. the drilling of deep wellbores in order to exploit naturally occurring thermal water horizons.

Hydro-geothermics is an area that requires a massive exploration effort. Based on its findings to date the Geological Survey of North Rhine-Westphalia (GD NRW) is proceeding on the assumption that the geothermal potential identified in the neighbouring countries of Belgium and the Netherlands does not come to an end at their national borders but must in fact also be present in North Rhine-Westphalia.

In North Rhine-Westphalia there are a total of three deeply submerged carbonaceous reservoirs to be explored, zones that are likely to possess a high and as yet untapped geothermal potential. Figure 2 shows the three areas in question along with a schematic representation of their subsurface geology:

- Cenomanian-Turonian limestones from the Cretaceous Age in the Munsterland basin;
- Limestones from the Lower Carboniferous (carboniferous limestone and Culm platy limestone): deep subsurface of the Lower Rhine Bight, Ruhr valley and Munsterland (outcrops along the Lower Rhine reveal karstified zones up to 1,000 m in thickness);
- Reef limestones from the Devonian Period (notably massive limestone): deep subsurface of the Lower Rhine Bight, Ruhr valley, Bergisches Land and Sauerland.

Of the three carbonaceous reservoirs listed above it is likely that the Devonian reef limestones will have the greatest deep-geothermal potential because of their spatial distribution (Figure 3) and thickness, which in some cases may be as much as 1,000 m. However, their position in the deep subsurface of North Rhine-Westphalia has meant that these beds are still the least explored.

Further hydrothermal potential is likely to exist in the loose sediment infills of the Lower Rhine Bight, some of which are more than 1,000 m thick, and in the pervious and jointed Triassic sandstones of western Munsterland.

schalen Ausschluss einbezogen, sondern lediglich in bestimmten Schutzgebieten ausgeschlossen. Zugleich wurden Vorschriften aufgenommen, die dem verstärkten Schutz des Menschen und der Umwelt, insbesondere auch des Grundwassers und der Trinkwasserversorgung vor möglichen Risiken bei solchen Erdwärme-Vorhaben dienen.

Auch im Landesentwicklungsplan des Landes Nordrhein-Westfalen 2017 ist zwar ein genereller Fracking-Ausschluss als Ziel der Landesplanung verankert, in dessen Erläuterungen wird aber ausdrücklich klargestellt, dass sich dieser Ausschluss nicht auf Tiefbohrungen für die Nutzung von Geothermie bezieht.

Im Jahr 2018 hat die Landesregierung ihren o. g. Erlass von 2011 aufgehoben, gleichzeitig aber klargestellt, dass im Fall etwaiger Anträge auf Genehmigung eines hydraulischen Aufbrechens von Gesteinen bei Projekten der Tiefengeothermie von einer Zustimmung derzeit und bis auf Weiteres nicht ausgegangen werden kann, solange nicht projektbezogen der Ausschluss etwaiger Risiken für die Umwelt erwiesen ist.

### Flächendeckende geothermale Charakterisierung

Für Siedlungskerne, Bestandsversorgung, größere Wärmenetze und gewerbliche Nutzungen ist es aufgrund des geforderten Temperaturniveaus zwingend erforderlich, die mitteltiefe und tiefe Geothermie in Betracht zu ziehen. Hierbei steht insbesondere die Nutzung der hydrothermalen Lagerstätten im Vordergrund, d.h. die Erschließung von natürlich vorkommenden Thermalwasserhorizonten mittels Tiefbohrungen.

Insbesondere bei der hydrothermalen Geothermie besteht ein erheblicher Erkundungsbedarf. Der Geologische Dienst Nordrhein-Westfalen (GD NRW) geht aufgrund seiner Erkenntnisse davon aus, dass in unseren Nachbarländern Belgien und Niederlande identifizierte Potentiale nicht an deren Landesgrenze aufhören, sondern auch in Nordrhein-Westfalen vorhanden sein müssten.

In Nordrhein-Westfalen sind insgesamt drei tief versenkte karbonatische Reservoirs, die ein sehr hohes, aber bislang nicht genutztes geothermisches Potential besitzen dürften, zu erkunden. Bild 2 zeigt die drei Bereiche mit schematischer Darstellung der Untergrundgeologie:

- Cenoman-Turon-Kalksteine aus der Kreidezeit im Münsterländer Becken,
- Kalksteine des Unterkarbons (Kohlenkalk und Kulm-Plattenkalk): tieferer Untergrund der Niederrheinischen Bucht, Ruhrgebiet und Münsterland (Aufschlüsse am Niederrhein zeigen bis 1.000 m starke Verkarstungen),
- Riffkalksteine des Devons (insbesondere Massenkalk): tieferer Untergrund der Niederrheinischen Bucht sowie im Ruhrgebiet, Bergischen Land, Sauerland.

Es wird erwartet, dass die devonzeitlichen Riffkalksteine von den drei o.a. Karbonat-Reservoirs aufgrund der räumlichen Verbreitung (Bild 3) und der großen Mächtigkeiten von z.T. mehr als 1.000 m das größte tiefengeothermische Potential haben. Sie sind aber wegen der Lage im tiefen Untergrund von Nordrhein-Westfalen am wenigsten erkundet.

Weitere hydrothermale Potentiale sind in den z.T. > 1.000 m mächtigen Lockersediment-Füllungen der Niederrheinischen

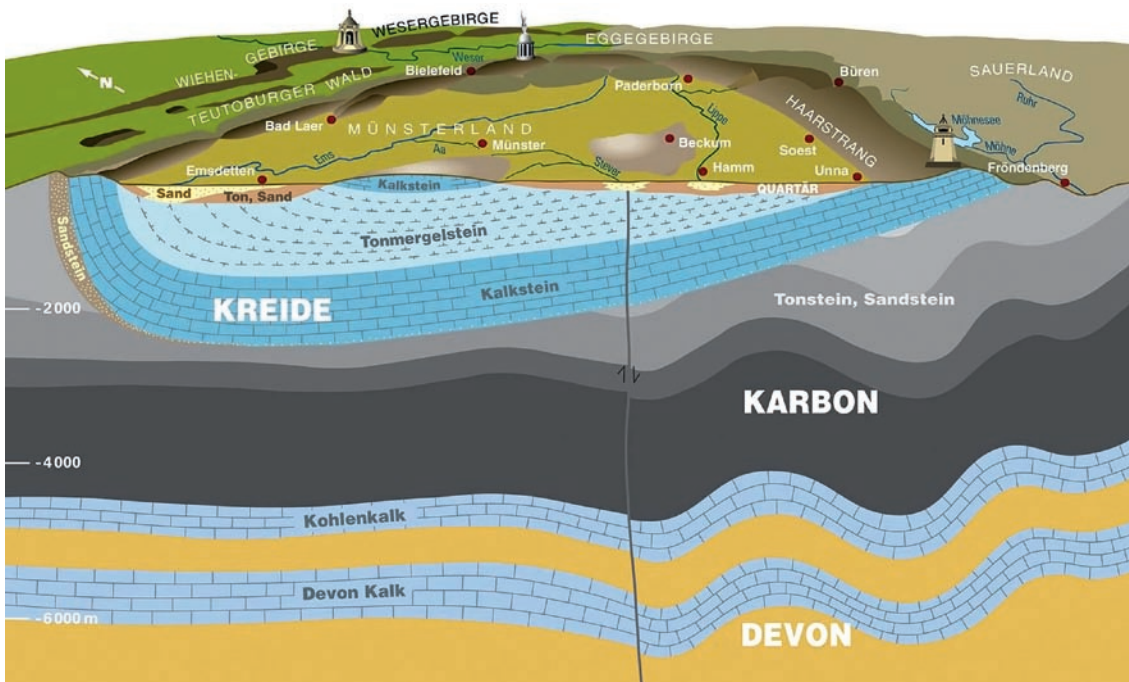


Fig. 2. Schematic representation of the hydrothermal reservoirs of North Rhine-Westphalia contained within the limestone deposits. Bild 2. Schematische Darstellung der hydrothermalen Reservoirs Nordrhein-Westfalens in Kalksteinvorkommen. Source/Quelle: GD NRW

The EU-funded INTERREG project “Deep Geothermal Roll-out”(DGE ROLLOUT), which is a collaborative initiative involving the GD NRW, as lead partner, together with the IEG, DMT, RWE and other members from six nations, represents a first step towards the comprehensive geothermal mapping of North Rhine-Westphalia.

The project aims to compile a regional map of the Carboniferous limestone beds that have already been successfully exploited as a source of deep geothermal energy in the Netherlands and Belgium, and which probably have significant potential in North Rhine-Westphalia too. This “carbonaceous limestone platform” contains

Bucht sowie in den porösen und geklüfteten Sandsteinen der Trias im Bereich des Westmünsterlands zu erwarten.

Das von der Europäischen Union geförderte INTERREG-Projekt „Deep Geothermal Rollout“ (DGE-ROLLOUT), in dem der GD NRW als Leadpartner zusammen mit dem IEG, der DMT, der RWE und weiteren Partnern aus sechs Nationen zusammenarbeitet, ist ein erster Schritt hin zu einer flächendeckenden geothermalen Charakterisierung Nordrhein-Westfalens.

In dem Projekt wird eine landesweite Charakterisierung des karbonzeitlichen Kohlenkalks erstellt, der in den Niederlanden und Belgien schon erfolgreich tiefengeothermisch genutzt wird und der auch in Nordrhein-Westfalen voraussichtlich ein hohes Potential besitzt. Innerhalb der sogenannten Kohlenkalk-Plattform sind in mehreren Kilometern Tiefe Karbonate anzutreffen, die z.B. an Störungssystemen durch Phänomene der Tiefenverkarstung hohe Wasserwegsamkeiten zeigen. Aus dem DGE-ROLLOUT werden erste Aussagen über die Nutzbarkeit des tiefengeothermischen Potentials am Kraftwerksstandort Weisweiler, der auch über eine bestehende Infrastruktur zur Wärmeversorgung der Stadt Aachen verfügt, erwartet.



Fig. 3. Distribution of Devonian reef limestones in the subsurface layers of North Rhine-Westphalia. // Bild 3. Verbreitung devonzeitlicher Riffkalksteine im Untergrund von NRW. Source/Quelle: GD NRW

### Aktuelle Tiefengeothermie-Projekte

Einhergehend mit dem DGE-ROLLOUT wird das IEG in Kooperation mit der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen das Forschungslabor für tiefe Geothermie Rheinland am Standort Weisweiler einrichten. Aufbauend auf einer ca. 1.000 m tiefen Forschungsbohrung soll mit dem Projektpartner RWE Power AG ein Tiefengeothermie-Projekt für die Fernwärmeversorgung von Aachen entwickelt werden, das zugleich als Pilotvorhaben für das Rheinland dienen soll. Am 25. Februar 2020 hat die Bezirksregierung Arnsberg als Bergbehörde der RWE Power AG das Erlaubnisfeld Weisweiler für die Aufsuchung von Erdwärme erteilt. Das etwa 193 km<sup>2</sup> große Erdwärmefeld liegt im Regierungsbezirk Köln mit der Städteregion Aachen und dem Kreis Düren.

carbonate layers at a depth of several kilometres that contain water flow paths running along fault systems, for example, that are associated with deep-seated karstification. DGE ROLLOUT is expected to provide data on the usability of the deep geothermal potential of the Weisweiler power plant site, where infrastructure already exists for the supply of district heating to the nearby city of Aachen.

### Current status of deep geothermal projects

In conjunction with DGE ROLLOUT the IEG has now joined forces with RWTH Aachen University in setting up the Rhineland Laboratory for Deep Geothermal Energy Research at the Weisweiler site. Based on a 1,000 m-deep experimental wellbore a deep geothermal project is to be developed with project partners RWE Power AG with a view to supplying district heat to the city of Aachen. This will also serve as a pilot project for the Rhineland area as a whole. On 25th February 2020 the Arnsberg District Government, as the local mining authority, granted RWE Power AG geothermal exploration rights to the Weisweiler site. This 193 km<sup>2</sup> geothermal field is located in the Cologne administrative area and includes the Aachen city region and the district of Düren.

The IEG is also planning to set up its TRUDI Underground Laboratory<sup>1</sup> in a series of extension stages in order to feed thermal energy into the Rhine-Ruhr regional heating grid, which will be based on the example of the Bochum-South district heating system (115 MW<sub>th</sub>). TRUDI is to be developed downwards in five stages and will include heat storage trials (the HEATSTORE<sup>2</sup> and GruBo<sup>3</sup> projects) and deep-level geothermics (Devonian circulation at depths of 4,000 to 5,000 m). Mining activities will focus on the “future energy” permit area that the mining authority granted to Bochum University on 20th March 2012.

The Kabel Zero project, which is being developed by the paper manufacturing company Kabel Premium Pulp & Paper GmbH, is an ambitious scheme for the exploitation of deep geothermal resources. The project sponsors produce fine graphic paper at their Hagen plant, a manufacturing operation that requires some 550 GWh of thermal energy for the direct drying of the paper and for heating the water circuit. This heat energy is currently produced conventionally by a high-efficiency gas-based combined heat and power (CHP) installation. The company intends to replace this with geothermal energy and wants to do this as rapidly and as comprehensively as possible. On 19th March 2019 the mining authority granted Kabel Premium Pulp & Paper geothermal exploration rights to the 25 km<sup>2</sup> Kabel Zero field, which comes under Arnsberg District Government and straddles the municipalities of Dortmund and Hagen and the districts of Unna and Ennepe-Ruhr.

As part of the associated mining and water-law licensing process the mining authority will investigate the potential im-

Des Weiteren plant das IEG mit dem TRUDI-Untergrundlabor<sup>1</sup> in verschiedenen Ausbaustufen die Einspeisung von Wärmeenergie in das Fernwärmesystem der Rhein-Ruhr Region am Beispiel des Fernwärmenetzes Bochum-Süd (115 MW<sub>th</sub>). TRUDI soll sich in fünf Schritten in die Tiefe entwickeln und umfasst dabei die Aspekte der Wärmespeicherung (Einzelprojekte HEATSTORE<sup>2</sup> und GruBo<sup>3</sup>) und der tiefen Geothermie (Devonzirkulation in 4.000 bis 5.000 m Tiefe). Die bergbaulichen Aktivitäten betreffen das Erlaubnisfeld Zukunftsenergie, das die Bergbehörde am 20. März 2012 der Hochschule Bochum erteilt hat.

Um ein ambitioniertes Projekt der Tiefengeothermie handelt es sich beim Projekt „Kabel Zero“ des Papierherstellers Kabel Premium Pulp & Paper GmbH. Die Vorhabensträgerin betreibt in Hagen eine Papierfabrik für hochwertige Zeitschriftenpapiere. Bei der Herstellung des Papiers werden ca. 550 GWh thermische Energie zur direkten Trocknung bzw. zur Aufwärmung des Wassersystems benötigt. Diese Wärmemengen werden zur Zeit konventionell über eine hocheffiziente Erdgas- Kraft-Wärme-Kopplungs- (KWK) Anlage erzeugt. Diesen Wärmebedarf will die Vorhabensträgerin zügig und möglichst umfassend durch Erdwärme ersetzen. Am 19. März 2019 hat die Bergbehörde der Kabel Premium Pulp & Paper GmbH das etwa 25 km<sup>2</sup> große Erlaubnisfeld Kabel-Zero für die Aufsuchung von Erdwärme erteilt. Das Feld liegt im Regierungsbezirk Arnsberg im Gebiet der kreisfreien Städte Dortmund und Hagen, des Kreises Unna und des Ennepe-Ruhr-Kreises.

In den entsprechenden berg- und wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren wird die Bergbehörde die möglichen Auswirkungen der Vorhaben auf den Menschen und die Umwelt prüfen und sicherstellen, dass die erforderlichen Maßnahmen zu deren Schutz ergriffen werden.

### Nutzung warmer Grubenwässer

Ein weiteres erhebliches geothermisches Potential weisen darüber hinaus die stillgelegten Bergwerke insbesondere im Ruhrgebiet und im Aachener Revier auf, wobei thermische Nutzungsmöglichkeiten zum einen die wassergefüllten Grubengebäude mittels vorhandener Schächte sowie zum anderen die zutage geförderten Grubenwässer im Rahmen des RAG-Grubenwasserkonzepts darstellen.

Die „LANUV-Potenzialstudie Warmes Grubenwasser von 2018“ (1) zeigt allein für die geplanten Wasserhaltungen im Ruhrgebiet für das Bezugsjahr 2035 ein technisch nutzbares Potential von 1.184 GWh/a, welches dem Wärmebedarf von 70.000 Einfamilienhäusern entspricht.

Nordrhein-Westfalen hat im Bundesländervergleich die mit Abstand umfangreichste Fernwärmeversorgung. Die Infrastrukturen benötigen jedoch weitere Innovationsschübe, um erneuerbare, in-

<sup>1</sup> TRUDI (Ruhr Metropolitan Underground Laboratories) – The TRUDI Underground Laboratory is a real-life laboratory for the exploration and large-scale exploitation of the hydrothermal potential of the Ruhr region.

TRUDI (Ruhr Metropolitan Underground Laboratories) – Das TRUDI-Untergrundlabor ist ein Reallabor zur Erkundung und großskaligen Erschließung hydrothermalen Potentials im Ruhrgebiet.

<sup>2</sup> HEATSTORE: EU Joint Project on High-Temperature Underground Thermal Energy Storage; subproject: development of a small-mine model  
HEATSTORE: EU-Verbundvorhaben High Temperature Underground Thermal Energy Storage; Teilvorhaben Erstellung eines Modells einer Kleinzeche

<sup>3</sup> GruBo (the Bochum mine-water storage scheme; feasibility study)  
GruBo (Grubenwasserspeicher Bochum; Machbarkeitsstudie)

pact that the projects might have on the people and environment of the areas concerned and will seek to ensure that the necessary protection measures have been put in place.

### Potential uses of warm mine water

The disused mines of the Ruhr and Aachen coalfields constitute another potentially significant geothermal resource. The possible options are to access the water-filled workings via the existing mine shafts or to exploit the pit water that is pumped to the surface as part of the RAG mine-water management scheme.

The 2018 LANUV Potential Study of Warm Pit Water (1) found that for the reference year 2035 the mine dewatering operations planned for the Ruhr coalfield region alone would have a technically exploitable potential of 1,184 GWh/a, which is equivalent to the heat requirements of some 70,000 households.

North Rhine-Westphalia has by far the most extensive district heating network of any of the federal states. However, the current infrastructure is in need of further innovation if it is to accommodate renewable, industrial and commercial heat sources. Highly efficient, low-temperature heat networks that have seasonal storage back-up and can operate on renewable energies, waste heat and CHP could in particular make a real contribution to the success of the energy transition by acting as suppliers of heat to buildings.

The first heat storage projects based on medium-depth aquifers were successfully implemented in suitable rock sequences in the North German Basin (Spreebogen Berlin, Neubrandenburg and Hamburg). In North Rhine-Westphalia it is the water-filled mine workings – especially those of the former Ruhr coalfield – that are of most significance, provided that the distance between the groundwater table and the surface is not too great (the amount of energy required to raise the mine water has to be in proportion) and that the active pumping operations do not cause hydraulic interference.

Work is now under way at the former Dannenbaum colliery in Bochum on a project that is part of the EU-funded INTERREG D2Grids<sup>4</sup> programme. In this case the flooded workings of the old Dannenbaum mine are to be accessed by drilling two directional boreholes down to levels 4 and 8 at a depth of 334 and 816 m respectively. The mine water will then be pumped to the surface and used for supplying heating and cooling energy on a seasonal basis to the Mark 51°7 technology campus on the former site of the Opel works.

Another underground high-temperature heat store (around 70 °C), which will operate in combination with a high-temperature heat pump, is to be established within the framework of the HEATSTORE and DGE-ROLLOUT research programme. This operation will use the now abandoned and no longer accessible workings of a small mine that lies beneath the IEG drilling site. The pilot installation will focus on the extended testing and operation of the mine-water store and HT heat pump. The data collected will be used for the further development of deep underground heat storage installations in the Ruhr region. The plan here is that

dustrielle und gewerbliche Wärmequellen aufnehmen zu können. Insbesondere hocheffiziente Niedertemperatur-Wärmenetze, die saisonal-speichergestützt sind und erneuerbare Energien, Abwärme und KWK nutzen, können bei der Wärmeversorgung von Gebäuden zum Erfolg der Energiewende beitragen.

Erste Wärmespeicherprojekte im Rahmen der mitteltiefen Aquiferspeicherung wurden bisher in geeigneten Gesteinsfolgen des norddeutschen Beckens (Spreebogen Berlin, Neubrandenburg und Hamburg) erfolgreich umgesetzt. In Nordrhein-Westfalen sind insbesondere die wassererfüllten Grubengebäude – insbesondere das Ruhrrevier – von Bedeutung, sofern die Abstände der Grubenwasserspiegel zur Tagesoberfläche nicht zu groß sind (Verhältnismäßigkeit für den energetischen Aufwand für die Hebung der Grubenwässer) und keine hydraulische Beeinflussung durch die aktive Wasserhaltung erfolgt.

Für das ehemalige Bergwerk Dannenbaum in Bochum wird aktuell die konkrete Umsetzung eines Projekts im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten INTERREG-Projekts D2Grids<sup>4</sup> verfolgt. Hierbei soll das geflutete Grubengebäude der Zeche Dannenbaum über zwei Richtbohrungen in die 4. und 8. Sohle in 334 bzw. 816 m Tiefe erschlossen werden und das geförderte Grubenwasser saisonal zur Wärme- oder Kälteversorgung des Areals Mark 51°7 am ehemaligen Opel-Standort genutzt werden.

Ein weiterer untertägiger Hochtemperaturwärmespeicher (ca. 70 °C) in Kombination mit einer Hochtemperatur- (hT) Wärmepumpe soll im Rahmen des Forschungsvorhabens HEATSTORE und DGE-ROLLOUT etabliert werden. Dazu soll eine ehemalige und nicht mehr zugängliche Kleinzeche unter dem Bohrplatz des IEG genutzt werden. Der Fokus der Pilotanlage liegt auf einer ausgedehnten Test- und Betriebsphase des Grubenwärmespeichers sowie der hT-Wärmepumpe. Die gewonnenen Daten sollen für die Weiterentwicklung von tiefen Untergrundwärmespeichern im Ruhrgebiet genutzt werden. Die Konzeptidee sieht vor, saisonal anfallende Überschusswärme innerhalb des grubenwassererfüllten Grubengebäudes im Sommer einzuspeichern und für die CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmeversorgung im Winter zu nutzen.

### Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie mit Wärmepumpen ist eine in Nordrhein-Westfalen seit vielen Jahren etablierte Technik. Etwa 70 % der Landesfläche ist zur Nutzung dieser Energieform geeignet. Sie wird allerdings aktuell überwiegend zur Versorgung einzelner Bauvorhaben im Neubaubereich genutzt und bietet noch ein erhebliches Ausbaupotential bei Bestandsimmobilien.

Allein das Potential zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie beträgt nach einem Fachbericht des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) landesweit knapp 154 TWh/a (2), womit bilanziell mehr als die Hälfte des jährlich anfallenden gebäudebezogenen Wärmebedarfs gedeckt werden könnte. Bisher wird hiervon jedoch erst knapp 1% genutzt. In Nordrhein-Westfalen gab es Ende 2019 ca. 64.500 wasserrechtlich genehmigte Wärmepumpenanlagen (Erdwärmesonden

<sup>4</sup> The D2GRIDS project – D2GRIDS is an acronym for “demand driven grids”. This INTERREG project, which is being coordinated by Mijinwater Ltd. (NL), is aimed at improving 5th generation district heating and cooling throughout Europe (5G DHC). Das D2GRIDS-Projekt – D2GRIDS ist ein Akronym für “demand driven grids”. Dieses INTERREG-Projekt, koordiniert von Mijinwater Ltd. (NL), zielt darauf ab, die Fernwärme- und Kühlnetze der 5. Generation (5G DHC) in ganz Europa zu verbessern.

the seasonally occurring excess heat present within the water-filled mine workings will be stored in the summer months and then used to provide CO<sub>2</sub>-neutral heat in winter.

### Near-surface geothermics

Using heat pumps to extract near-to-surface geothermal energy has been an established technology in North Rhine-Westphalia for many years and about 70 % of the region's land surface is suitable for exploiting this particular energy resource. However, these systems are currently mainly used for supplying heat to individual new-build projects and there is therefore considerable potential for further expansion into the existing property sector.

According to a technical report produced by the State Agency for Nature, Environment and Consumer Protection North Rhine-Westphalia (LANUV) the region has a near-surface geothermal energy potential of almost 154 TWh/a (2), enough to meet more than half the annual heating needs of the buildings and households sector. Yet barely 1% of this resource has been exploited to date. By the end of 2019 North Rhine-Westphalia had a stock of some 64,500 approved heat pump installations (downhole heat exchangers (DHE), collectors and wells) with a combined output of nearly 750 MW and an annual yield of around 1,600 GWh. More than 90 % of these installations are DHE systems, with about 58,400 of these units in operation. According to figures provided by LANUV approximately 3,600 approved heat pump installations, representing an output of just over 50 MW, were put into service in North Rhine-Westphalia in 2019, which is equivalent to about 3,350 DHEs. The 1,600 or so deep wellbores (> 100 m) that were sunk for 900 installations of this kind were recorded by the mining authority under a duty of notification in accordance with § 127 of the Federal Mining Act (BBergG) (Figure 4).

The number of wellbores recorded by the mining authorities each year tends to fluctuate by a relatively small amount and the reasons why there were 300 or so new wellbores reported in 2016, while in 2019 the number of new notifications was down by a similar figure, can only be surmised. The increased figure for 2016 could well have something to do with the uptake of geothermal drilling projects under the "progres" programme for the promotion of renewable energies in North Rhine-Westphalia. The downturn in North Rhine-Westphalia in 2019 has to be seen in terms of the nationwide trend, with sales of ground-coupled systems for Germany as a whole down by around 15 %. Then again, the declining figures for North Rhine-Westphalia could also be connected with the ingress of methane gas recorded in wellbores in southern Munsterland (3).

The planning and installation of downhole heat exchangers not only demands technical skill but also, and more specifically, requires an in-depth knowledge of the geological and hydrogeological conditions present at the drill site and an awareness of any potential constraints, such as water conservation areas, contamination zones and other mining and geology related risks. The planners and the drilling company therefore have to ensure that they are in possession of this information before any work commences. The application submitted to the water authorities for a licence to operate under water law requirements must include all information needed for a site evaluation along with details of the layout of the installation and identified risks.

(EWS)-, Kollektoren- und Brunnenanlagen) mit einer Leistung von knapp 750 MW und einem jährlichen Ertrag von ca. 1.600 GWh im Bestand. Etwas mehr als 90 % der Anlagen sind EWS, entsprechend ca. 58.400 Anlagen. Im Jahr 2019 wurden in Nordrhein-Westfalen nach Angaben des LANUV 3.600 wasserrechtlich genehmigte Wärmepumpenanlagen mit etwas mehr als 50 MW Leistung zugebaut, dies entspricht ca. 3.350 EWS. Für etwa 900 Anlagen wurden etwa 1.600 tiefe Bohrungen (> 100 m) niedergebracht, die der Bergbehörde nach § 127 BBergG angezeigt worden sind (Bild 4).

Die Anzahl der pro Jahr der Bergbehörde angezeigten Bohrungen ist relativ geringen Schwankungen unterworfen. Über die Ursachen der Steigerung um ca. 300 angezeigte Bohrungen im Jahr 2016 bzw. des Rückgangs um mehr als 300 angezeigte Bohrungen im Jahr 2019 gegenüber den Vorjahren kann nur gemutmaßt werden. Wahrscheinlich ist, dass die Steigerung 2016 auch mit der Aufnahme von Geothermiebohrungen in das progres-Förderprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen zurückzuführen ist. Bezüglich des Rückgangs 2019 liegt Nordrhein-Westfalen im bundesdeutschen Trend, der Absatz von erdgekoppelten Systemen sank 2019 bundesweit um ca. 15 %. Möglicherweise gibt es beim Rückgang für Nordrhein-Westfalen auch einen Zusammenhang mit den Methangaszutritten in Bohrungen im südlichen Münsterland (3).

Die Planung von Erdwärmesonden setzt neben den notwendigen technischen Kenntnissen insbesondere solche über die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse eines Standorts sowie über mögliche Einschränkungen, z.B. Wasserschutzgebiete, Altlasten, bergbaulich/geologisch bedingte Risiken, voraus. Der Planer und das Bohrunternehmen müssen sich vor Durchführung der Arbeiten entsprechend informieren. Mit dem Antrag auf die wasserrechtliche Erlaubnis müssen der Wasserbehörde die zur Standortbeurteilung notwendigen Informationen und Angaben zur Anlagenausführung vorgelegt und erkannte Risiken dargestellt werden.

Die an die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme zu stellenden wasserwirtschaftlichen Anforderungen hat das LANUV in seinem Arbeitsblatt 39 zusammengefasst, das 2019 veröffentlicht wurde und im Online-Portal des LANUV zum Download bereitsteht. An der Erstellung des Merkblatts hat die Bergbehörde maßgeblich mitgewirkt. Gefährdungen bei Bohrungen, die über 100 in den Untergrund eindringen, berücksichtigt die Bergbehörde in ihrem Genehmigungsmanagement zum Anzeige- und Betriebsplanverfahren im Rahmen des § 127 BBergG (4).

Informationen zur Standortbeurteilung stellt die Bergbehörde u.a. im Rahmen des Online-Fachinformationssystems „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen“ (GDU) gemeinsam mit dem GD NRW in einer Bürger- und einer Behördenversion bereit. Diese Informationen sind in erster Linie jedoch

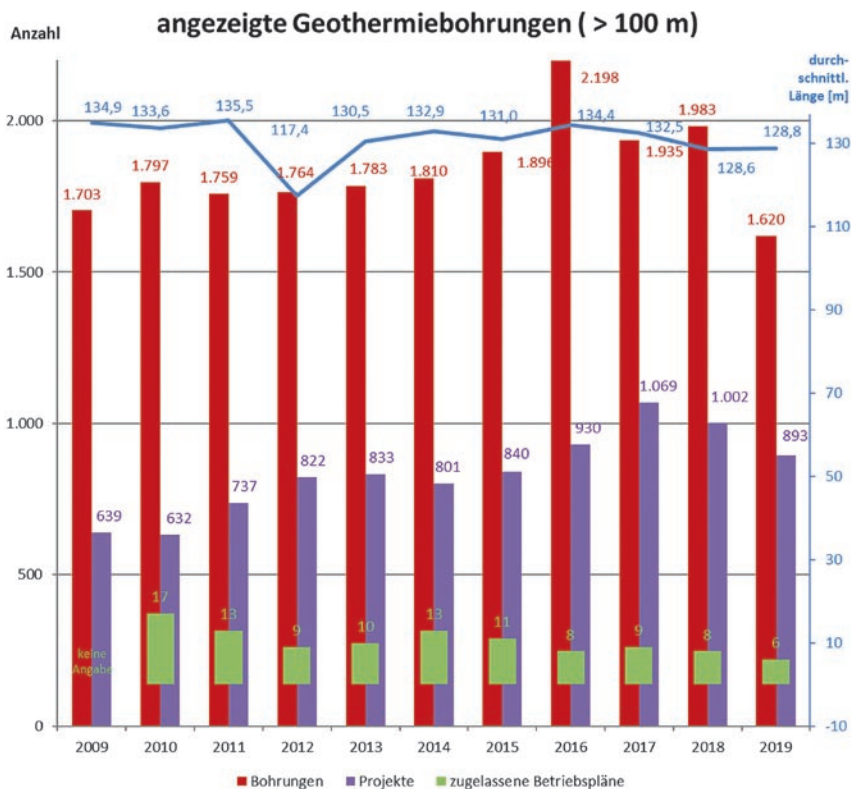


Fig. 4. Wellbores over 100 m in depth as recorded by the North Rhine-Westphalian Mining Authority in accordance with § 127 of the BBergG.  
Bild 4. Der nordrhein-westfälischen Bergbehörde nach § 127 BBergG angezeigte Bohrungen > 100 m.  
Source/Quelle: Bergbehörde

The water resource-related requirements stipulated for the use of near-surface geothermal energy are presented in LANUV worksheet number 39, which was published in 2019 and is available for download on the LANUV online portal. The mining authorities played a major role in the drafting of this fact sheet. In its permit management system for notification and operations planning procedures, as laid down within the framework of § 127 of the BBergG, the mining authority takes into account the hazards that are likely to be encountered when drilling wellbores more than 100 m in depth (4).

Information on the site evaluation process is provided by the mining authority within the online technical information system "Potential subsurface hazards in North Rhine-Westphalia" (GDU), which has been prepared in collaboration with the GD NRW and is available as a citizens' version and a public authority version. However, this information is primarily intended for building and construction sites and at present does not cover the kind of hazards and risks that may arise, for example, during relatively deep drilling operations when the wellbore may encounter pressurised methane gas.

## Outlook

Extensive geothermal mapping will provide the essential conditions for the widespread exploitation of hydro-geothermal energy. The first major pilot projects based on this technology and on the recovery of thermal energy from mine water are already underway in North Rhine-Westphalia. Subsurface investigations using exploration wells and seismic studies are expected to commence sometime after 2020. As part of the associated mining and water-law licensing process the mining authority will investigate the potential impact that the projects might have on the people and environment of the areas concerned and will seek to ensure that the necessary protection measures have been put in place.

baugrundbezogen und beinhalten derzeit noch keine Gefährdungspotentiale, die z.B. durch vergleichsweise tiefere Bohrungen im Untergrund angetroffen werden können, z.B. durch druckhaftes Methangas im Untergrund.

## Ausblick

Mit der landesweiten geothermischen Charakterisierung wird eine entscheidende Voraussetzung für die breite Anwendung der hydrothermalen Geothermie geschaffen. Erste große Pilotprojekte sowohl hierzu als auch zur Grubenwasserwärmenutzung sind in Nordrhein-Westfalen bereits auf den Weg gebracht. Mit der Ausführung der Aufsuchungsarbeiten in Form von Erkundungsbohrungen und seismischen Untersuchungen ist ab 2020 zu rechnen. In den entsprechenden berg- und wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren wird die Bergbehörde die möglichen Auswirkungen der Vorhaben auf den Menschen und die Umwelt prüfen und sicherstellen, dass die erforderlichen Maßnahmen zu deren Schutz ergriffen werden.

## References / Quellenverzeichnis

- (1) LANUV-Fachbericht 90: Potenzialstudie Warmes Grubenwasser. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2018.
- (2) LANUV-Fachbericht 40: Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4 – Geothermie. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2015.
- (3) Bergbehörden des Landes NRW: Oberflächennahe Geothermiebohrungen. Jahresbericht 2018.
- (4) Bergbehörden des Landes NRW: Geothermie? Aber sicher!. Jahresbericht 2009.

## Author / Autor

AdB Dipl.-Ing. Ernst-Günter Weiß (BD), Dezernat 62, Bezirksregierung Arnsberg, Dortmund