



GeoPark RUHRGEBIET



GEOPARK THEMEN 04



Grundwasser im GeoPark Ruhrgebiet



Grundwasser im Kohlerevier

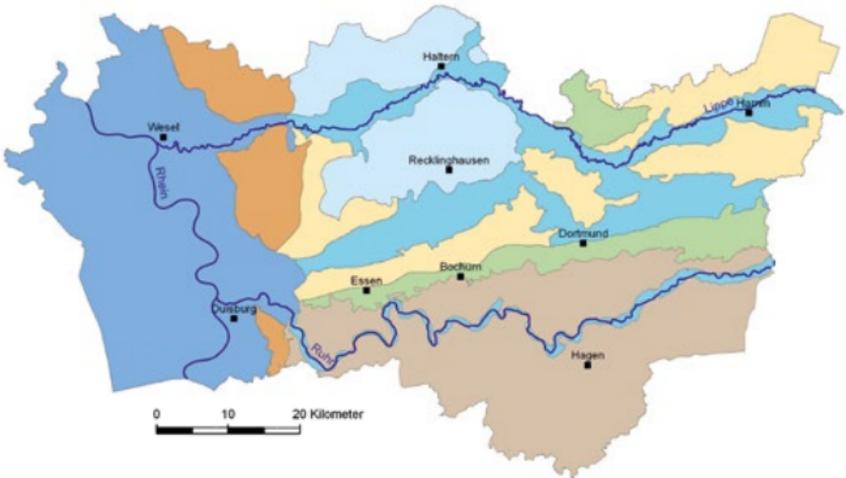
Das Ruhrgebiet ist geprägt durch seinen Reichtum an geologischen Lagerstätten, die im Lauf vergangener Jahrhunderte bis heute zur Rohstoffsicherung beitrugen: In erster Linie die Steinkohle, aber auch Steinsalz, Eisenerz, Strontianit, Blei- und Zinkerz sowie Hartbausteine, Sand-, Kies- und Ton-Vorkommen. Kann in einer solch intensiv genutzten Bergbauregion Grundwasser eine nennenswerte Rolle spielen? Ja, und zwar in verschiedener Hinsicht.

Zum einen hat der geologisch vielfältige Untergrund auch eine sehr differenzierte Grundwasserlandschaft geschaffen, zum anderen stellt Grundwasser einen weiteren, besonders wichtigen Rohstoff dar, der sowohl als Brauchwasser für die hoch industrialisierte Region wie auch zur Trinkwasserversorgung der dicht gedrängten Bevölkerung von lebenswichtiger Bedeutung war und weiterhin ist. Für die bergbauliche Ausbeutung von Minerallagerstätten kommt ein weiterer Aspekt hinzu. Als unangenehmer Begleiter kann Grundwasser dem untertägigen Abbau gefährlich werden. Der bis 2018 aktive Steinkohlen-Bergbau musste große Aufwendungen für die Wasserhaltung betreiben, die teilweise auch in Zukunft weiter anfallen werden.

Bei der räumlich dichten Durchdringung und Überlagerung von Interessen ergeben sich für das flüssige Medium Grundwasser im Ruhrgebiet besondere Konfliktsituationen.

Formen des Grundwassers

Das Ruhrgebiet hat Anteil an drei hydrogeologischen Großlandschaften: dem Rheinischen Schiefergebirge im Süden mit Gesteinen des Devons und Karbons, dem Münsterländer Kreidebecken im nördlichen Bereich und der Quartär- und Tertiärlandschaft der Niederrheinischen Bucht im Westen. Die entsprechend große Vielfalt von Grundwasserleitern und -geringleitern lässt sich oberflächennah in weitere Teilräume gliedern.



Rheinisches Schiefergebirge

meist gering ergiebiger Kluftgrundwasserleiter des Devons und Karbons

Münsterländer Kreidebecken

- ergiebiger Porengrundwasserleiter der Haltern- und Recklinghausen-Formation
- mäßig ergiebiger Porengrundwasserleiter der Niederungen von Lippe, Emscher und Ruhr
- mäßig ergiebiger Kluftgrundwasserleiter der Kreide
- sehr gering ergiebiger Kluftgrundwasserleiter der Kreide

Niederrheinische Bucht

- ergiebiger Porengrundwasserleiter der Terrassenebene des Rheins
- Porengrundwasserleiter des Tertiärs ohne nennenswerte Grundwasservorkommen

Abb. 1: Hydrogeologische Teilräume

Die gefalteten Festgesteine des Devons und Karbons beiderseits der Ruhr sowie im tieferen Untergrund des Gesamtgebietes stellen mit ihren Wechselfolgen aus Ton- und Schluffsteinen mit Sandsteinen sowie z. T. eingeschalteten Kohleflözen gering durchlässige Kluftgrundwasserleiter dar.

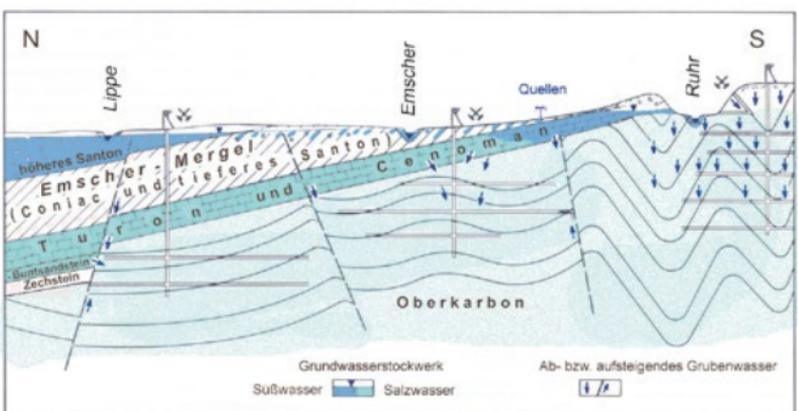


Abb. 2: Grundwasserstockwerke und Grubenwasser (schematisch, verändert nach Hahne & Schmidt)

Mäßige Durchlässigkeiten weisen vielfach die Sandsteine auf, vor allem in Bereichen von Verwerfungen und stärkerer Klüftung. In der Umgebung von Hagen finden sich zusätzlich Kalksteine des Devons mit ihren typischen Karsterscheinungen.

Am südlichen Rand des Münsterländer Kreidebeckens treten entlang des Hellweges Kluftgrundwasserleiter aus Kalk- und Kalkmergelsteinen der Kreide-Zeit mit mittlerer bis mäßiger Durchlässigkeit zutage.

*Abb. 3:
Klüftige
Turon-Kalk-
steine am
Haarstrang*



Im Gebiet des Haarstranges sind Karsterscheinungen wie Spaltenkarst und Trockentäler zu beobachten. Charakteristisch sind dort starke Schwankungen der Grundwasserstände bis vielfach mehr als 10 m innerhalb eines Jahres.

*Abb. 4:
Trockental am
Haarstrang,
Winter und
Sommer*



Ein wesentlicher „Wasserstauer“ im Ruhrgebiet wird aus den weit verbreiteten und bis mehrere hundert Meter mächtigen Tonmergelsteinen des Emscher-Mergels (Emscher-Formation) gebildet. Aufgrund oberflächennaher Klüftung bis in ca. 60 m Tiefe, die mit Druckentlastung nach Abschmelzen der Kaltzeitgletscher erklärt wird, sind lokal gering ergebigere Kluftwasservorräte nutzbar.

Ein besonders ergiebiges Grundwasservorkommen liegt in den sandigen Schichten der Kreide-Zeit, vor allem in den im Raum Recklinghausen-Coesfeld-Borken auf 770 km² verbreiteten Halterner Sanden (Halterner-Formation). Bei Mächtigkeiten bis maximal 300 m und guter Wegsamkeit in den Poren sind sie ideal für die Trinkwassergewinnung, besonders wenn eine vor Verunreinigung schützende großräumige Überdeckung durch Mergelsteine des Campans vorliegt, wie z. B. im Raum Dorsten-Wulfen.

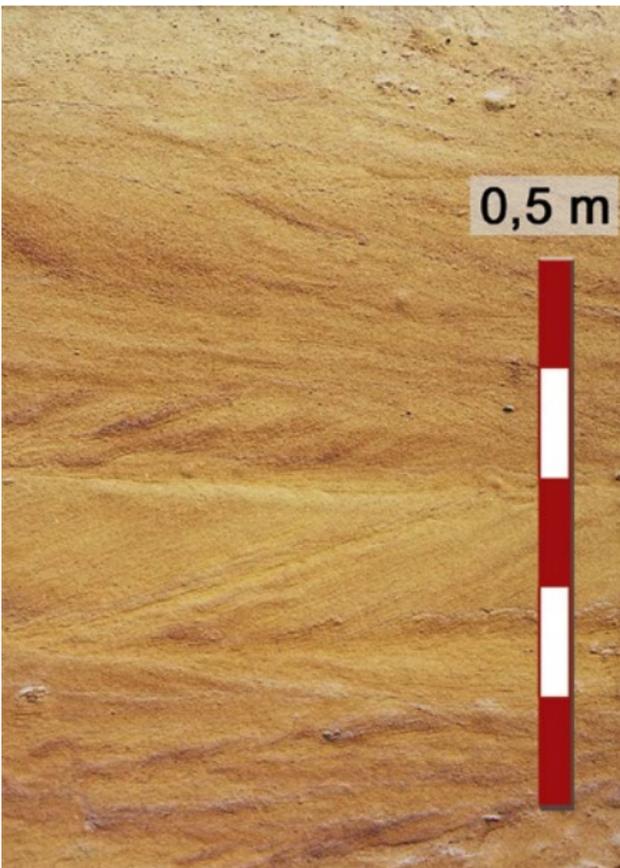


Abb. 5:
Typische
Schichtenfolge
im Poren-
grundwasser-
leiter Halter-
ner Sande

Die tonig-schluffigen Lockergesteine des Tertiärs im Westen des Gebietes sind ohne nennenswerte Grundwasservorkommen; lediglich in den sandigen Basisschichten (Walsumer Meeressand) sind Vorkommen geringer Ergiebigkeit vorhanden. Wesentlich bedeutsamer sind im Niederrheingebiet die ausgedehnten Porengrundwasserleiter des Quartärs, aufgebaut aus bis zu 20 m mächtigen Sanden und Kiesen der Terrassen des Rheins.

In den Niederungen von Ruhr, Emscher und Lippe treten weitere Porenwasservorkommen auf in Form der bis maximal 20 m mächtigen quartären Talfüllungen aus Schluffen und Sanden.

Die wechselnde Folge von gut durchlässigen und stauenden Schichten übereinander führt nicht nur regional, sondern auch vertikal zur Unterscheidung verschiedener Grundwasserbereiche. Im Ruhrgebiet mit seinem nach Norden einfallenden Deckgebirge über dem gefalteten Oberkarbon sind daher bereichsweise vier und mehr so genannter Grundwasserstockwerke übereinander zu finden. Mit zunehmender Tiefe nimmt im Allgemeinen die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers erheblich ab, und die vielfach langen Verweilzeiten im Gestein (bis zu Jahrmillionen) führen zur Lösung von Mineralien. Unter dem oberflächennahen Süßwasser liegt eine Zone mit höheren Gehalten an Natrium und Hydrogenkarbonat. Noch tiefer erfolgt eine stetige Zunahme der Natrium-Chlorid-Gehalte (Kochsalz); ab 14 g/kg (1,4 %) spricht man in der Bäderkunde von Sole. Karbon-Wässer im Ruhrgebiet können bis zu 13 % Kochsalz enthalten (eine gesättigte Lösung liegt, temperaturabhängig, bei ca. 26 % vor). Auch die Temperatur des Grundwassers nimmt mit der Tiefe zu, hier etwa um 3°C pro hundert Meter.

Sowohl unterschiedliche Gesteinszusammensetzung als auch regional stark differierende hydraulische Durchlässigkeiten bewirken eine Überschneidung von tiefen- und stockwerksbedingten Einflüssen. Entlang der Hellweg-Quellen-

linie trifft im Kluftgrundwasserleiter der Kreide-Kalksteine die Sole mit südlicher Fließrichtung auf die nach Norden orientierten Süßwasserzuflüsse vom Haarstrang. Daher treten hier eng nebeneinander beide Wassertypen als Quellen aus. Neben der Solegewinnung, z. B. in der ehemaligen Saline Königsborn, haben auch langfristig anhaltende Bergbaueinflüsse auf dieses komplizierte System gewirkt und die Süß-/Salzwassergrenze nach Norden verlagert.

Wo Niederschlag (Regen und Schnee) in den Boden einsickern kann, wird im ewigen Wasserkreislauf neues Grundwasser gebildet. Aber nur ein Teil des Niederschlags erreicht den Grundwasserkörper, ein anderer verdunstet, einen Anteil benötigen die Pflanzen, und ein weiterer fließt direkt über Bäche und Gräben ab.

Im Ruhrgebiet hat die intensive Nutzung der Landschaft zu einem hohen Grad der Versiegelung der Erdoberfläche durch Dächer, Straßen, Parkplätze oder Lagerflächen geführt. Das hier auftreffende Wasser wird üblicherweise über die Kanalisation wieder abgeführt, und die Grundwasserneubildung ist viel geringer als in land- und forstwirtschaftlich genutzten Bereichen.

Vergleichsbetrachtungen im Stadtgebiet Herne zeigen Veränderungen der Wasserhaushaltsgrößen von einer landwirtschaftlich geprägten Kulturlandschaft im 18. Jahrhundert bis in einen urban geprägten Raum heute. In dieser Zeit wurden großflächige Anschüttungen vorgenommen, Gräben tiefer gelegt und weitere einschneidende Veränderungen zur Trockenlegung der Landschaft durchgeführt. Während die Verdunstung um mindestens 20 % verringert wurde, hat sich der Oberflächenabfluss mehr als verdoppelt. Durch Aufhebung gegensätzlicher Effekte hat sich hierbei interessanterweise die Grundwasserneubildungsrate kaum verändert. Heute wie damals entstehen jährlich etwa 10,8 Millionen m³ Grundwasser im Stadtgebiet neu.

Im Einzugsgebiet der Emscher beträgt die mittlere Grundwasserneubildung 147 mm/a. Hochgerechnet auf das gesamte Ruhrgebiet werden so jährlich etwa 650 Millionen m³ Grundwasser auf einer Fläche von ca. 4500 km² neu gebildet. Es gibt weitreichende Bestrebungen, die Versickerungsrate im urbanen Raum zu vergrößern, z. B. auch im Rahmen der Renaturierung des Emscher-Flusses.

Wenn Grundwasser nach mehr oder minder langer unterirdischer Fließstrecke an eng begrenzter Stelle an die Oberfläche tritt, spricht man von einer Quelle. Von den bedeutenden großen Flüssen des Ruhrgebietes entspringt aber nur die Emscher im Revier (aus Schichten des Oberkarbons). Die Schichten des Karbons und Devons im Schiefergebirge weisen viele Hangschuttquellen auf, die aus dem Gesteinschutt am Fuß der Berghänge über stauendem felsigen Untergrund entspringen. Sie liefern meist nur geringe Wassermengen und versiegen zuweilen in trockenen Sommern. Gleichmäßigere ganzjährige Schüttungen zeigen dagegen die Quellen, denen tieferes Grundwasser auf Kluft- und Störungszonen zufließt.

In den Kalksteingebieten zum Beispiel im Lennetal im Raum Hagen wurden die Spalten und Klüfte des Untergrundes durch lang andauernde Lösungsvorgänge des Kalksteines erweitert. In diesen Karstgebieten nehmen die Bäche in so genannten Bachschwinden (Ponore) häufig einen unterirdischen Verlauf und treten als zum Teil stark schüttende Karstquellen an den Rändern der Kalkgebiete wieder zutage. Solche Quellen werden lokal zur Wasserversorgung genutzt.

Schicht- oder Überlaufquellen treten dort auf, wo gut wasserführende Gesteine an stauende Schichten angrenzen. Im Ruhrgebiet bedeutend ist die Quellenlinie des Hellweges, an der die Kluftwasser führenden Kreide-Kalksteine nach Norden unter den wasserstauenden Emscher-Mergel (Emscher-Formation) abtauchen. Wegen der dichten Besiedlung des Ruhrgebietes zwischen Essen und Unna sind viele der-

artige Quellen überbaut und an die Kanalisation angeschlossen oder aufgrund des Bergbaus lange trocken gefallen. Ein Wiederanspringen solcher Quellen ist eventuell bei Reduzierung der bergmännischen Wasserhaltung möglich.



Abb. 6:
Artesischer
Brunnen der
Hellweg-Quel-
lenlinie bei
Unna-Mühl-
hausen

Weitere, meist aber wenig ergiebige Quellhorizonte sind an die Verbreitung altquartärer Flussterrassen des Rheins und der großen Ruhrgebietsflüsse gebunden. Diese Schicht- oder Überlaufquellen treten an der Grenze zu unterlagernden tertiären Tonen oder mergeligen Kreide-Gesteinen auf. Sie begegnen uns im Gebiet von Duisburg bis Wesel im Verbreitungsgebiet der Hauptterrasse des Rheins, lokal auch am Rand der Castroper Höhenschotter der Ruhr.

Keine Quellen im eigentlichen Sinn, aber doch vielfach so bezeichnet, sind freie Ausläufe des Grundwassers aus Bohrungen, die tiefere, unter Druck stehende Grundwasserhorizonte erschließen. Solche artesischen Brunnen gibt es im Raum Hünxe-Gahlen oder Marl-Dorsten, wo über hundert Jahre alte Bohrungen den Bottroper Mergel (Bottrop-Formation) bis in die sog. Halterner Sande (Halterner-Formation) durchstoßen haben. Vergleichbar sind auch zahlreiche alte Weidebrunnen im Raum Unna-Mühlhausen im Bereich der Hellweg-Quellenlinie.

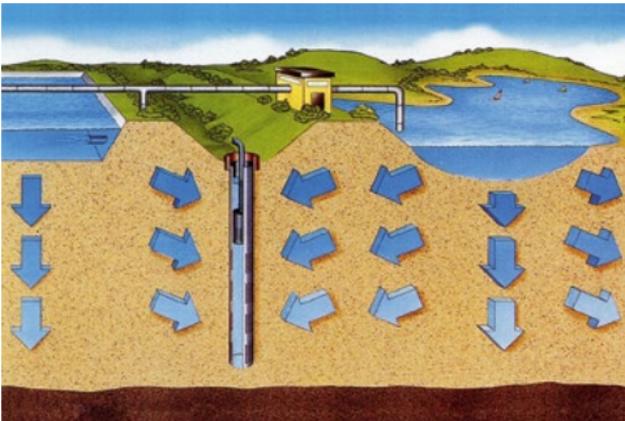
Nutzung des Grundwassers

Montanindustrie und natürlich reines Wasser; das ist im Ruhrgebiet kein Widerspruch. Das Revier wird im Wesentlichen durch zwei öffentliche Versorger mit Trinkwasser und Brauchwasser in Trinkwasserqualität versorgt. Der Wasserverbrauch beträgt etwa 310 Millionen m³ pro Jahr. Sowohl der Bedarf an Betriebswasser als auch die eigene Förderung an Industrie-Standorten geht seit Jahren zurück. Trinkwasser wird zu einem großen Teil aus künstlicher Grundwasseranreicherung gewonnen, wie sie am Halterner Stausee und vor allem entlang der Ruhr eingerichtet wurden. Dort wird in künstlich angelegten Sandfilterbecken aus der Ruhr gefördertes und aufbereitetes Flusswasser versickert, so dass die Leistung der zwischen Becken und Ruhr fördernden Trinkwasserbrunnen gesteigert wird (sog. Uferfiltrat + Grundwasseranreicherung).

Abb. 7:
Anreicherungs-
becken am
Wasserwerk
Essen-Steele



Abb. 8:
Schema einer
Grundwasser-
anreicherung



Weitere wesentlich für die Trinkwassergewinnung genutzte Reservoirs liegen in den Halterner Sanden im nördlichen Revier und in den Terrassen des Rheins.



Abb. 9:
Brunnengalerie
am Wasserwerk Haltern,
Gelsenwasser AG

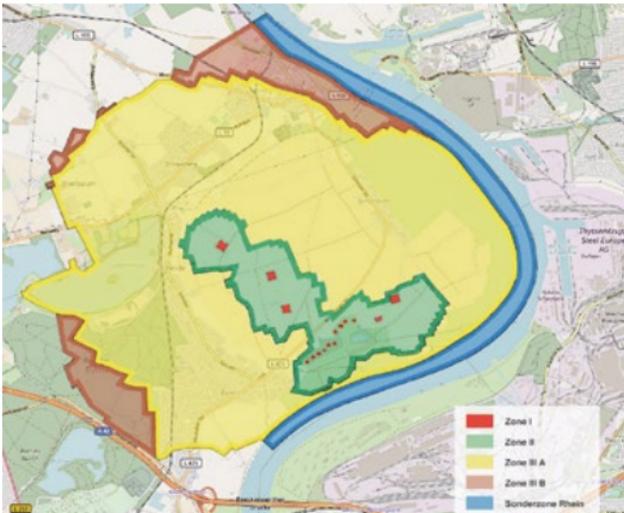


Abb. 10:
Brunnenbohrung
Krefeld, 1954

Um Gewinnungsanlagen werden unter Anpassung an die geologischen Verhältnisse allgemein Trinkwasser-Schutz-zonen eingerichtet mit bestimmten Verboten:

- Zone I umfasst einen Radius von mindestens 10 m um die Brunnen, ist eingezäunt und darf nicht betreten werden.
- Zone II umschließt die sog. 50-Tage-Linie. In dieser Zeitspanne sterben Krankheitskeime auf dem Weg im Untergrund ab. Düngung mit Gülle, Jauche oder Festmist ist dort untersagt.
- Zone III umfasst das gesamte übrige Einzugsgebiet der Wassergewinnung. Dort sollen insbesondere chemische Verunreinigungen vermieden werden. Umgang mit was-sergefährdenden Stoffen sowie Bau von Industrie- oder Tankanlagen sind dort verboten. Ist die Reichweite größer als 2 km, wird sie in die Zonen III A und III B unterteilt.

Abb. 11:
Schutz-zonen
im Binsheimer
Feld (Karten-
basis Open-
streetmap)



Im Ruhrgebiet haben neben Kohleabbau unter Tage und der Stahlindustrie auch Mineralbrunnen eine lange Tradition. Wie eine Perlenkette durchzogen Mineralwasserbrunnen die Region von Duisburg über Mülheim und Bochum bis nach Dortmund, eine andere Linie folgt dem Rhein.

Im Übergang zur Niederrheinischen Bucht wird in Duisburg dieses besondere Grundwasser aus über 200 m tief liegen-

den Sanden des Tertiärs und der Kreide gefördert. Im zentralen Ruhrgebiet zwischen Mülheim und Dortmund wurden früher über 50 verschiedene Mineralwässer abgefüllt, die aus den kalkigen und mergeligen Festgesteinen der Oberkreide und auch aus dem Oberkarbon als natürliches Mineralwasser gehoben wurden. Heute sind noch 6 Betriebe im Gebiet des GeoParks ansässig.

Die Qualität des Wassers wird wesentlich durch die Bestandteile Calcium und Hydrogenkarbonat bestimmt. In wechselnden Anteilen treten Natrium, Magnesium, Sulfat und Chlorid in Erscheinung, was sich dann in den unterschiedlichen Geschmacksrichtungen des abgefüllten Wassers äußert.

Reines Mineralwasser darf per Gesetz nicht aufbereitet werden; nur Eisen wird dem Wasser durch Filtration entzogen und Kohlensäure zugesetzt, ehe es in Flaschen abgefüllt als Erfrischung dient. Um so wichtiger ist der Schutz der Grundwasservorkommen gegen Verunreinigungen. Im mittleren Ruhrgebiet sind es insbesondere tonige Verwitterungsprodukte der Ablagerungen der Kreide-Zeit, die wie ein Schleier nahe der Tagesoberfläche verbreitet sind und so eine natürliche geologische Barriere bilden. Mit der Anerkennung als Heilwasser unterstreichen einige der Brunnen zusätzlich die dauerhafte Güte dieser Vorkommen.

Der Austritt kochsalzhaltigen Quellwassers entlang des Hellweges hat bereits im Mittelalter zur Gewinnung des lebenswichtigen Rohstoffs Salz durch Eindampfung geführt. Schon im 16. Jahrhundert wurden übrigens die Siedepfannen in Königsborn bei Unna mit Steinkohle beheizt. Eine frühindustrielle Blüte erlebte die Saline Königsborn, in der aus mehreren Bohrungen 5 – 7%ige Sole gefördert wurde, in preußischer Zeit. Ende des 19. Jahrhunderts prägten 6 Grადierwerke zur Sole-Anreicherung das Stadtbild und die jährliche Förderung belief sich auf ca. 175.000 m³ Sole. Nach immenser Zunahme des Steinkohlenbergbaus sowie Deckung des Salzbedarfs aus Tiefbaugewinnung verfiel die

Bedeutung der Salinen, die Sole diente aber wie in Königsborn noch lange als Mittel für Bade- und Kuranwendungen.

Auch andernorts im Ruhrgebiet stießen zahlreiche ursprünglich zur Steinkohlenerkundung vorgesehene Bohrungen auf beachtliche Sole-Gehalte und führten gelegentlich zur lokalen Nutzung dieser Thermalsolen (oder auch gehobenem Grubenwasser) zu Badezwecken. Solche Umnutzung einer Bohrung gab es z. B. in Werne, wo später ein Freizeitbad bis in unsere Zeit mit gehobenem Grubenwasser versorgt wurde, oder im ehemaligen Grullbad in Recklinghausen, das ursprünglich als Reinigungsbad für die Bergwerksbelegschaft eingerichtet worden war.

Spannungsfeld Grundwasser – Industrie

Die intensive Prägung der Landschaft durch die Schwerindustrie mit Kohle und Stahl über etwa zwei Jahrhunderte hat insbesondere auch zu vielfältigen Problemen hinsichtlich des Grundwassers geführt. Ein wichtiger begrenzender Faktor des mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bergbaus ist immer das Grundwasser gewesen. So vollzog sich der frühe Bergbau auf die Steinkohle – ausgehend vom Ausbiss der Flöze an der Tagesoberfläche beiderseits des Ruhrtales – durch Abgraben der Kohle bis zum Grundwasser. Durch das Vortreiben von Wasserlösungsstollen (Erbstollen), vom Ruhr-

*Abb. 12:
Mundloch des
Schlehbüschers
Erbstollens,
Wetter-Ober-
wengern*



tal aus in den Berghang hinein, oft auf mehrere Kilometer Länge unter die in Abbau befindlichen Kleinzechen, konnte das Gebirge entwässert und Kohle bis in größere Tiefe gewonnen werden, aber maximal bis zum Niveau der Vorflut, also der Ruhr oder ihrer Nebenflüsse.

Erst mit Erfindung der Dampfmaschine stand eine Maschinenkraft zur Verfügung, die es möglich machte, mit leistungsstarken Pumpen kontinuierlich größere Mengen Grundwasser zu heben und somit auch Tiefbau in nennenswertem Umfang unterhalb des natürlichen Grundwasserspiegels zu betreiben. Die technischen Innovationen des industriellen Zeitalters führten somit zur ersten Nordwanderung des Ruhrbergbaus in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, da man nun in der Lage war, auch unterhalb des Kreide-Deckgebirges Tiefbau zu betreiben – sofern es gelungen war, durch die wasserführenden Schichten des Deckgebirges Schächte abzuteufen. Die Schächte wurden in solchen Bereichen mit sogenannten Tübbing ausgebaut, gusseisernen Zylindersegmenten, die unter Verwendung von Bleidichtungen wasserdicht verschraubt wurden und den Schacht gegen das wasserführende Gebirge abdichteten. Natürlich konnten nicht unbegrenzte Wassermengen beherrscht werden, und so war das Graben eines neuen Schachtes (bergmännisch: Teufen) und die Einrichtung eines neuen Bergwerks ein hohes technisches und unternehmerisches Risiko.



Abb. 13:
Einsturz
Schacht 2
Franz Haniel
nach Wasser-
einbruch
1925, Ober-
hausen

Da die tieferen hydrogeologischen Verhältnisse des Reviers erst nach und nach empirisch durch die Bergbautätigkeit ermittelt werden konnten, hatten einige Projekte erheblich unter dem zusitzenden Grundwasser zu leiden; einige Schächte und ganze Zechen sofften ab und mussten aufgegeben werden. Die in den Klüften der Kreide-Kalksteine anfallenden Wassermengen waren sehr unterschiedlich und vor allem unvorhersehbar. Allerdings gab es hier im Festgestein die Möglichkeit, Klüfte und auch Spalten in Störungszonen durch Zement abzudichten.

Dort, wo sandige Lockergesteine im Deckgebirge auftreten, ist durch Einpressen von Zement keine Stabilisierung zu erreichen. Wassergesättigte Sandschichten, einmal in Bewegung geraten, haben zu den sehr gefürchteten „Schwimmssandeinbrüchen“ mit katastrophalen Folgen geführt [s. Abb. 13]. Eine temporäre Verfestigung solcher Schichten für die Zeit des Schachtausbaus gelang erst mit Erfindung des Gefrierschacht-Verfahrens, bei dem rund um den geplanten Schacht in einem Kranz von tiefen Bohrlöchern geschlossene Rohrsysteme installiert werden. Darin zirkulieren Salzlösungen, die mit riesigen Kältemaschinen nach dem Kühlschranksprinzip über Monate und Jahre den Gebirgsabschnitt einfrieren.

Diese äußerst aufwendige und teure Technik wurde immerhin bereits 1883 erfunden und war Voraussetzung für den Bergbau im nordwestlichen Ruhrgebiet und am Niederrhein. Hier wurde sie erstmals in großem Stil 1906 mit über 500 m Tiefe beim Schacht des Salzbergwerkes Borth (südwestlich von Wesel) angewandt. Der jüngste mit diesem Verfahren erstellte Schacht ist der Schacht Rheinberg (1989) für die Steinkohlenzechen Walsum und Friedrich Heinrich.

Im Lauf der Zeit wanderte der Bergbau immer weiter nach Norden unter das mit durchschnittlich 3° nach Norden einfallende Deckgebirge und erreichte zunehmend größere Tiefen bis ca. 1500 m. Einzelne wasserstauende Schichten des Deckgebirges waren besonders wichtig für den Bergbau

und sind es noch für seine Folgen: Der Essener Grünsand (Essen-Grünsand-Formation), ein durch das Mineral Glaukonit intensiv grün gefärbtes Sediment an der Basis des Deckgebirges, schützt im mittleren Revier die Grubenbaue weitgehend vor Wasserzutritten aus den klüftigen Kalk- und Kalkmergelsteinen der darüber folgenden Kreide-Schichten (Cenomanium/Turonium). Bis zu 600 m mächtig wird der Emscher-Mergel (Emscher-Formation), der sich über weite Teile des Ruhrreviers erstreckt und die riesigen Wasservorräte der jüngeren sandigen Schichten der Kreide (Halterner Sande, heute Haltern-Formation) vom Zutritt in die tief liegenden Grubengebäude abhält. Im westlichen Ruhrgebiet bilden besonders die Schichten des Zechsteins mit Anhydrit, Gips und Tonstein einen zuverlässigen Schirm gegen Wasserzutritte aus dem Deckgebirge.

Aufgrund natürlicher Leckagen dieser Schutzschichten an Klüften und besonders entlang von Verwerfungen (Sprüngen) sickern über diffuse Zutritte nicht unerhebliche Mengen an Grundwasser in die bergmännischen Hohlräume und werden so zum Grubenwasser, ergänzt durch seitliche Zutritte aus den Klüften des Karbon-Gebirges.



Abb. 14:
Zutritt von
Grubenwasser
aus einer
Verwerfung

Dieses Wasser musste zur Aufrechterhaltung des Betriebs zutage gehoben werden, was mit zunehmender Teufe immer aufwändiger und teurer wurde. Daher hat man das Wasser

nicht nur in der tiefsten, sondern in abgestuften Ebenen eines Bergwerks gesammelt, um von möglichst weit oben fördern zu können. Wegen der engen Nachbarschaft einzelner Bergwerke im Ruhrgebiet mit hohem Vernetzungsgrad war auch in den bereits stillgelegten Bereichen ein zentrales Fassen und Heben des Grubenwassers erforderlich – abgestuft nach mehreren, nach Norden hin tiefer reichenden Sumpfungsniveaus – um den produktiven Zechen größere Zuläufe zu ersparen. Die Deutsche Steinkohlen AG hat in den 80er Jahren im Ruhrgebiet ca. 116 Millionen m^3 Grubenwasser jährlich gehoben, davon ca. 54 % im Stillstandsbereich.

Abb. 15:
Tauchpumpe
für Gruben-
wasser, Leis-
tung: $7 \text{ m}^3/\text{min}$
aus 1000 m
Teufe



Abb. 16:
Hauptpumpen der ehem.
Wasserhaltung Zollver-
ein (Förder-
höhe 1000 m,
je $6 \text{ m}^3/\text{min}$)



Da das Grundwasser des Ruhrgebietes allgemein mit zunehmender Tiefe an Salzgehalt zunimmt, enthält das gehobene Grubenwasser im Durchschnitt 3 – 4 % Natriumchlorid, etwa so viel wie Meerwasser, und bedarf bei der Ableitung in Flüsse besonderer Kontrolle und mengengesteuerter Abgabe. Zusätzliche Mineralisationen aus Barium, Eisen und Sulfat führen neben hoher Temperatur zu weiteren technischen oder ökologischen Problemen und erfordern spezielle Aufbereitungsverfahren.

Die über lange Zeiträume revierweit durchgeführte Sümpfung blieb nicht ohne Folgen für das Grundwasser. Besonders in den tiefen Kreide-Kalksteinen des Deckgebirges erfolgte eine Entwässerung, die zum Versiegen zahlreicher Süßwasser- und Solequellen am Hellweg geführt hat. Beim Wiederanstieg des Grubenwassers besteht eine besondere Herausforderung, negative Beeinträchtigungen genutzter Grundwasservorkommen zu verhindern.

Bereichsweise führte die bergbaubedingte Absenkung der Geländeoberfläche (z. T. über 20 m) zum Anstieg des Grundwassers mit Versumpfung des Geländes, so dass in vielen Bereichen eine hydraulische Regulierung über Polderpumpen erforderlich ist.



Abb. 17:
Bergsenkungsfolge –
Ewaldsee bei
Herten

Abb. 18:
Biotop Meinken, Schacht
8, Bergwerk
Auguste
Victoria



Auch zahlreiche industrielle Altlasten aus Fabriken und stillgelegten Kokereien zwingen zum Betrieb von Abwehrbrunnen, um die Verbreitung schädlicher Chemikalien im Grundwasser zu unterbinden. Die riesigen landschaftsgestaltenden Bergehalden bedürfen kontrollierter Anlage und Regenwasserableitung, um die Ausspülung saurer, salzhaltiger Wässer in Boden und Grundwasser zu verhindern.

Welche Zukunft hat das Grundwasser?

Seit Beginn der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert entwickelte sich das Ruhrgebiet zum Ballungsraum und gegenseitige Beeinträchtigungen verschiedener Interessensbereiche wurden zunehmend sichtbar. Vor über hundert Jahren wurden daher die Emschergenossenschaft, der Lippeverband sowie die Linksniederrheinische Entwässerungsgenossenschaft (LINEG) zur Bewältigung wasserwirtschaftlicher Aufgaben in ihren jeweiligen Flussregionen gegründet. Trinkwassergewinnung, Abwasserwirtschaft, Schifffahrt, Bergbau usw. können hier nicht einzeln bewältigt werden,

sondern bedürfen übergeordneter Gesamtkonzepte. Zum Beispiel wurden vor einigen Jahren im 10 km² großen Binsheimer Feld nördlich Duisburg-Baerl durch Bergsenkung (>10 m) notwendige Poldermaßnahmen von ca. 50 Mio. m³/a mit neuer Trinkwassergewinnung kombiniert.



Abb. 19:
Polder/
Wasser-
gewinnung
im Binshei-
mer Feld

Die Auswirkungen des jahrhundertelangen Bergbaus, besonders auf die Tagesoberfläche, erfordern auch nach Einstellung des Abbaus regulierende Maßnahmen, wie z. B. Sümpfung der Poldergebiete.



Abb. 20:
Grundwasser-
pumpwerk an
der Emscher

Finanziell sind diese „Ewigkeitskosten“ durch Rücklagen gesichert. Die Planung und Bearbeitung neuer Problemstellungen erfordert aber immer wieder intelligente Lösungen unter

Berücksichtigung der geologischen Situation und hydrogeologischen Erfahrungen. Das Ende des aktiven Bergbaus erlaubt zwar die Umgestaltung des Emscher-Abwasser-Systems in eine natürliche Flusslandschaft, jedoch verbleiben hierbei noch zahlreiche Aufgaben bezüglich der Veränderungen des Grundwasserspiegels und somit Beeinträchtigungen der Oberfläche. Die vielen Altlasten und Altstandorte, die unter Berücksichtigung der heutigen Grundwasserverhältnisse gesichert oder saniert wurden, bedürfen angepasster Bearbeitung. Die kontinuierliche Reinigung des Grundwassers, besonders an ehemaligen Kokerei-Standorten, auf unbestimmte Zeit zählt daher zu den Ewigkeitsaufgaben.

Auch in Zukunft wird eine große Nachfrage nach Baustoffen bestehen. Lagerstätten für die Sand- und Kiesgewinnung überschneiden sich mit Räumen, in denen heute Schwerpunkte der Trinkwasserversorgung liegen. Da Abgrabungen meist in das Grundwasser eingreifen, kann so der Schutz gegen Verunreinigung vermindert werden. Hier bedarf es intensiver – auch innovativer – Planungen, um ein verträgliches Nebeneinander zu erlauben.

Ansiedlung neuer Industrien und veränderter Bedarf an Brauchwasser, Anstieg von Grubenwasser mit möglichen Auswirkungen auf Wasserqualitäten oder Geländehebungen stehen der Renaturierung von Wasserläufen, der Versickerung von Regenwasser und der Schaffung von Park- und Erholungslandschaften gegenüber.

Die Hebung von Grubenwasser wird als Ewigkeitsaufgabe zurzeit auf eine neue Konzeption umgestellt. Anstatt bisher 11 zentraler Wasserhaltungen gibt es nur noch 6, wobei auf den teuren offenen Betrieb der Schächte verzichtet wird und stattdessen nur noch eingehängte Tauchpumpen als bewährte Technik zum Einsatz kommen (Brunnenwasserhaltung). Aus 4 Wasserhaltungsprovinzen (untertägig verbundene Bergwerksbereiche mit gemeinsamem Pumpniveau) werden nach Anstieg ab Jahr 2035 ca. 90 Mio. m³/a gehoben.

Das Wasser wird im Westen und aus dem mittleren Revier dem Rhein zugeführt, im Süden der Ruhr und nur noch im Osten der Lippe. Der Anstieg des Grubenwassers soll auf ein Niveau begrenzt werden, das jegliche Verunreinigung von Trinkwasser-Gewinnungen ausschließt.

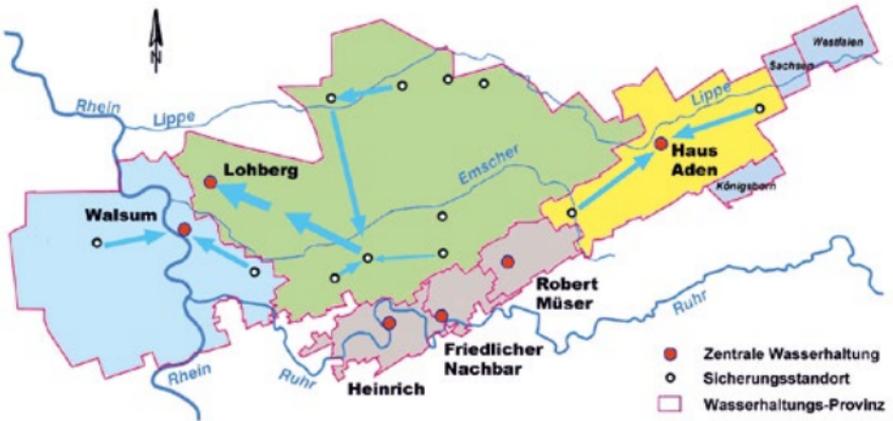


Abb. 21: Wasserhaltungsprovinzen nach Umsetzung des RAG-Konzeptes (nach Unterlagen der RAG)

Die Nutzung von Thermalsole für balneologische Zwecke oder den Wellness-Bereich rückt zunehmend in das Interesse kommunaler Verwaltungen. Noch bedeutsamer wird das Grundwasser als begehrtes Wärmeleitmedium in Geothermie-Projekten, wo aus Bohrungen in den Untergrund Erdwärme für Heizung und Energiegewinnung genutzt wird. Nur bei Berücksichtigung aller georelevanten Standortfaktoren ergeben sich genehmigungsfähige und wirtschaftlich Erfolg versprechende Konzepte. Unzureichend vorbereitete Bohrtätigkeiten verbieten sich hierbei aus den zuvor geschilderten Gründen. Auch Grubenwasser lässt sich thermisch nutzen, wie seit einigen Jahren in einzelnen Projekten in Bochum (Heizung Feuerwache und Schulen aus Schacht Robert Müser), Essen Zeche Zollverein (Heizung Sanaa-Gebäude) und Marl (Heizung Wohngebäude) demonstriert wird. In den benachbarten Niederlanden gibt es in Heerlen seit 2008 sehr gute Erfahrungen mit Grubenwassernutzung.

Bei sorgfältigem Umgang und wissenschaftlich fundiertem Management wird auch in Zukunft das Grundwasser im Ruhrgebiet die vielfältigen Anforderungen erfüllen.

Geologie zum Anschauen

Da sich Grundwasser definitionsgemäß unterhalb der Geländeoberfläche befindet, entzieht es sich unserer direkten Beobachtung und im Gelände lassen sich nur einzelne, mit dem Themenkomplex sekundär zusammenhängende Anschauungsobjekte finden.

An einzelnen Stellen kann man aber sehen, wie Grundwasser als Quelle zutage tritt, so z. B. am „Heiligen Brunnen“ im Duisburger Stadtwald (Rheinterrasse über Tertiär-Tonen), [Abb. 22] an der Sturzquelle am Ruhrufer bei Kettwig (Kluftwasser aus Karbon-Sandstein) [Abb. 23] oder bei den Quellen im Volkspark Bochum-Gerthe, wo auf ca. 700 m an einer Schichtquelle des Emscher-Mergels (Emscher-Formation) Wasser austritt.

Abb. 22:
Heiliger Brunnen
im Stadtwald
Duisburg



Abb. 23:
Sturzquelle
bei Essen-
Kettwig



Eine Karstquelle speist den „Barmer Teich“ am Fuß des Weißensteins bei Hagen-Holthausen, [Abb. 24] und das Gegenteil (eine Bachschwinde) ist nicht weit entfernt am Breikerbach zu beobachten. [Abb. 25]



Abb. 24:
Karstquelle
„Barmer Teich“,
Hagen-Holt-
hausen



Abb. 25:
Ponor Breiker-
bach bei
Hagen-Holt-
hausen



Abb. 26:
Emscherquelle
bei Holzwickede

Am gefassten Quellteich in Holzwickede, Quellenstraße 3, tritt die Emscher ihren beschwerlichen Weg durch das Ruhrgebiet an. Die restaurierte Fachwerkhof-Anlage wird heute von der Emschergenossenschaft für Seminare und Ausstellungen genutzt. [Abb. 26]

Sehr spektakulär, besonders im Winterhalbjahr, sind die artesischen Quellen bei Unna (Paschquelle), am Nordrand von Mühlhausen/Uelzen (neben dem Sportplatz). Aus alten Gussrohren, gebohrt als Weidebrunnen, sprudelt dort das am südlich gelegenen Haarstrang in den Klüften des Kalksteins versickerte Niederschlagswasser hervor, vom Heimat- und Natur-Verein gepflegt und erläutert. [Abb. 27]

*Abb. 27:
Artesischer
Brunnen Paschquelle bei
Mühlhausen*



Nicht weit entfernt im Ortskern von Unna-Königsborn begegnen wir in gepflegter Grünanlage einem alten Windpumpenturm, der jahrzehntelang zur Hebung der Sole für die Saline Königsborn genutzt wurde. Der 1747 gebohrte Solebrunnen wurde nach dem regierenden Preußenkönig „Friedrichsborn“ benannt. Auf der Saline, die über mehrere Solebohrungen bis in das Karbongebirge verfügte, wurde 1799 die erste Dampfmaschine des Ruhrgebietes mit aus England geliefertem Zylinder installiert. Ursprünglich zur Salzgewinnung angelegt, entwickelte sich Königsborn im 19. Jahrhundert zum Kurbad. Die ständige Verschlechterung der Solequalität – nicht zuletzt durch den Steinkohlenbergbau – führte 1932 zum Erliegen der Salzgewinnung und 1941 zur Einstellung des Kurbetriebs. [Abb. 28]



Abb. 28:
Windpumpe
ehemalige
Saline Königs-
born

Weitere artesische Bohrbrunnen gibt es im Lippetal bei Gahlen und im Raum Schermbeck, wo das Grundwasser in den Halterner Sanden lokal unter Mergeln der Bottrop-Formation gespannt ist. Leicht zu finden ist der Weidebrunnen unmittelbar westlich von Schloss Gartrop. [Abb. 29]



Abb. 29:
Artesischer
Weidebrunnen
bei Gartrop

Viele dieser Quellen, ob Süßwasser oder Sole, verdanken ihre Entstehung aber nicht der Natur, sondern der im Rahmen der Entwicklung des Steinkohlenbergbaus, besonders zum Ende des 19. Jahrhunderts, einsetzenden Bohrtätigkeit, die dem Aufschluss und vor allem Nachweis der Lagerstätte bei der Bergbehörde (Mutung) zur Verleihung der Abbaurechte diente. Manche Bohrungen auf Steinkohle wurden beim Anbohren von Sole oder Mineralwasser umfunktioniert. In Krefeld ist auf diese Weise ein Bohrturm erhalten, der 1895 auf Mineralwasser stieß, das bis 1959 abgefüllt und verkauft wurde. Heute dient der „Krefelder Sprudel“ als Name und Kulisse für ein Ausflugsrestaurant im Hülser Bruch. [Abb. 30]

Abb. 30:
Bohrturm Kre-
felder Sprudel
von 1895



Von der Gewinnung für Trink- und Brauchwasser findet man allgemein nur wenig spektakuläre Brunnenköpfe, häufig aufgereiht zu Brunnengalerien [s. Abb. 9], oder Pumpenhäuser.

Geradezu regionaltypisch und die Landkarte auffällig prägend sind aber die Anreicherungsbecken für Trinkwasser im Flusstal der Ruhr von Wickede bis Mülheim [s. Abb. 7] oder an der Lippe beim Halterner Stausee.

Grubenwasser wird, ähnlich den Quellen, sichtbar am freien Auslauf an den Mundlöchern zahlreicher alter Erbstollen im südlichen Revier. Beispiele sind der Vereinigungsstollen und der St.-Johannes-Erbstollen auf dem Bergbau-Rundweg Muttental bei Witten [Abb. 31] oder der Pauliner Erbstollen bei Essen-Werden, In der Borbeck.

Abb. 31:
St.-Johannes-
Erbstollen



Typisch ist immer die Rostfärbung im Auslaufbereich, wo zuvor gelöstes Eisen (entstanden aus oxidiertem Pyrit) wie-

der ausfällt. So erkennt man auch die Einleitstelle am Ruhrufer bei der Bahnstation Essen-Holthausen, wo die RAG Aktiengesellschaft die südlichste Wasserhaltung im Revier am Schacht Heinrich betreibt. [Abb. 32]



Abb. 32:
Grubenwasser-
einleitung
Schacht
Heinrich,
Essen-
Holthausen

Dort, wo die Absenkung der Tagesoberfläche durch den Bergbau Pumpmaßnahmen zur Polderung erforderlich macht, ist selten mehr als die Einhausung solcher Pumpen zu erkennen. Am Binsheimer Feld nördlich von Duisburg-Baerl, wo auch Trinkwasser erschlossen wird, ist die Gesamtsituation auf einer Schautafel an Profilen erläutert und im Gelände gut nachvollziehbar. [s. Abb. 19]

An einzelnen Stellen sind durch Geländesenkung und Grundwasseranstieg kleine Seen entstanden, wie der Ewaldsee bei Herten oder der Beversee bei Bergkamen. Durch Geländesenkungen entstandene Feuchtgebiete bilden an vielen Stellen wertvolle Rückzugsgebiete für die Vogelwelt, wie beispielsweise das Biotop Meinken in der Lippeaue nördlich des Chemiepark Marl.

Museen, Lehrpfade und Werksbesichtigungen

In einigen Museen oder Ausstellungen im GeoPark findet man weiteren Zugang zum Thema Grundwasser.

Aquarius Wassermuseum

Burgstraße 70

45476 Mülheim an der Ruhr

Tel.: (0208) 4433390

www.aquarius-wassermuseum.de

Das gesamte Themenspektrum „Wasser“ kann hier in einer multimedialen Präsentation im denkmalgeschützten Wasserturm erkundet werden, vom geheimnisvollen Leben im Grundwasser über Ökosysteme in Fließgewässern bis zur Industriegeschichte. Die lehrreiche Schau kann durch eine Wanderung auf dem Naturlehrpfad entlang der Ruhr ergänzt werden.

*Abb. 33:
Aquarius
Mülheim*



Hellweg-Museum

Burgstraße 8

59423 Unna

Tel.: (02303) 256445

www.unna.de/unna-erleben/kultur-in-unna/museen/hellweg-museum-unna

Neben regionalgeologischen Themen (Kreide, Karbon) und dem Steinkohlenbergbau sind hier auch die Solequellen des Hellwegs und die Salinenindustrie ein Schwerpunkt.

Deutsches Bergbau-Museum Bochum

Am Bergbaumuseum 28

44791 Bochum

Tel.: (0234) 58770

www.bergbaumuseum.de

Das Museum verfügt über ausgesprochen umfangreiche und technisch/wissenschaftlich hochwertige Sammlungen sowohl zur Geologie und Lagerstättenkunde als auch zur Bergbautechnik einschließlich eines Schaubergwerkes. Darunter findet sich auch eine Abteilung mit Exponaten zur Bergmännischen Wasserwirtschaft.

Wasserwerk Haltern der Gelsenwasser AG

Wasserwerkstraße 100

45721 Haltern am See

Tel.: (02364) 103336

www.gelsenwasser.de

Besichtigungen werden, nach Voranmeldung, montags bis freitags zwischen 9 und 16 Uhr durchgeführt, mindestens 10 und höchstens 30 Personen.

LWL-Industriemuseum Zeche Nachtigall

Nachtigallstraße 35

58452 Witten

Tel.: (02302) 936640

www.zeche-nachtigall.de

Die Zeche Nachtigall vollzog als eine der ersten im Revier den Übergang vom Stollen- zum Tiefbau, was an den historischen Relikten gut nachvollziehbar ist, z. B. einer Begehung des alten Stollens oder Besichtigung einer Dampfmaschine, wie sie früher zur Förderung und Wasserhaltung benutzt wurde.

*Abb. 34:
Dampf-
maschine auf
Zeche
Nachtigall*



Im Museum befindet sich auch ein Info-Zentrum des Geo-Park Ruhrgebiet mit zahlreichen Exponaten und Erläuterungen zu den Rohstoffen im Ruhrgebiet.

Auf dem benachbarten Bergbaurundweg Muttental trifft man neben vielen anderen Spuren des alten Ruhrbergbaus auch auf weitere Wasserlösungsstollen.

Bergbaurundweg Muttental

Stadtmarketing Witten, Tourist & Ticket Service

Marktstraße 7 – Rathausplatz

58452 Witten

Tel.: (02302) 19433

www.stadtmarketing-witten.de/tourismus/touristinfo/

Weiterführende Literatur

ALBERTS, B.; FUNK, G. & MICHEL, G. (1982): Mineralwasser-Nutzung im Ruhrgebiet. – Der Mineralbrunnen, 32; Bonn-Bad Godesberg.

BALZER, I. & ROTH, M. (2017): Grubenwasserhaltung im Ruhrgebiet – Eine Aufgabe für die Ewigkeit. – Geopark News, 2/2017, 4-8; GeoPark Ruhrgebiet e. V. [Hrsg.]; Essen.

COLDEWEY, W. G. & LÖHNERT, E. P. [Hrsg.] (1997): Grundwasser im Ruhrgebiet – Probleme, Aufgaben, Lösungen. – GeoCongress, 3: 350 S.; Verlag Sven von Loga, Köln.

GEOLOGISCHES LANDESAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (1995): Geologie im Münsterland. – 195 S.; Krefeld.

HAHNE, C. & SCHMIDT, R. (1982): Die Geologie des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengebietes. – 106 S.; Verl. Glückauf, Essen.

HESEMANN, J. (1975): Geologie Nordrhein-Westfalens. – Bochumer Geographische Arbeiten, Sonderreihe: Band 2, 416 S.; Ferdinand Schöningh, Paderborn.

MESSER, J. (1997): Auswirkungen der Urbanisierung auf die Grundwasserneubildung im Ruhrgebiet. – DMT-Ber. Forsch. und Entwickl., 58; 254 S.; Bochum.

MICHEL, G. (1983): Sole im Münsterland – woher, wohin?. – Heilbad und Kurort 35, 66-76; Gütersloh.

MICHEL, G.; ADAMS, U. & SCHOLLMAYER, G. (1998): Mineral- und Heilwasservorkommen in Nordrhein-Westfalen und angrenzenden Gebieten. – 80 S.; Geologisches L.-Amt NRW, Krefeld.

STRUCKMEIER, W. (1990): Wasserhaushalt und Hydrologische Systemanalyse des Münsterländer Beckens. – LWA-Schr.-R., 45: 72 S.; Düsseldorf (L.-Amt Wasser u. Abfall Nordrh.-Westf.).

WEDEWARDT, M. (1995): Hydrochemie und Genese der Tiefenwässer im Ruhr-Revier. – DMT-Ber. Forsch. und Entwickl., 39: 250 S.; Bochum.

WESCHE, D.; DÖLLING, M. & MEYER, B. (2019): Grundwasserschutz im Verbreitungsgebiet der Haltern-Formation.– Geopark News, 2/2019, 4-8; GeoPark Ruhrgebiet e. V. [Hrsg.]; Essen.

Impressum

Herausgeber:

GeoPark Ruhrgebiet e. V.
Kronprinzenstraße 35 . 45128 Essen
www.geopark-ruhrgebiet.de

Dritte, erweiterte Auflage, November 2020

Text:

Ralf Hewig, Bernhard Meyer, Joachim G. ten Thoren (alle GeoPark Ruhrgebiet e.V.)

Gestaltung und Layout:

Regionalverband Ruhr, Team Kommunikationsdesign

Druck:

dieUmweltDruckerei



Titelbild:

Pauliner Erbstollen, Essen-Werden

Abbildungsnachweis:

Titelbild: Dominik Wesche/GD NRW; Abb. 1: Geologischer Dienst NRW; Abb. 2: Ralf Hewig/DMT; Abb. 3, 4, 5, 6, 11, 12, 17, 19, 22 – 33: Ralf Hewig; Abb. 7: Dominik Wesche; Abb. 8, 13, 14: DMT GmbH & Co. KG; Abb. 9, 18: Bernhard Meyer; Abb. 10: SWK Stadtwerke Krefeld AG; Abb. 15, 16: Deutsche Steinkohle AG; Abb. 20: Joachim ten Thoren; Abb. 21: Ralf Hewig/RAG; Abb. 34: LWL/Anette Hudemann

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-939234-51-7

GeoPark Themen (bisher erschienen):

- Nr. 1 Eiszeit im Ruhrgebiet
- Nr. 2 Erzbergbau im Ruhrgebiet
- Nr. 3 Karst und Höhlen im Ruhrgebiet
- Nr. 4 Grundwasser im GeoPark Ruhrgebiet
- Nr. 5 Kreide-Zeit im GeoPark Ruhrgebiet
- Nr. 6 Steinkohle im GeoPark Ruhrgebiet
- Nr. 7 Salz und Sole im GeoPark Ruhrgebiet
- Nr. 8 Geothermie im GeoPark Ruhrgebiet
- Nr. 9 Erdgas und Grubengas im GeoPark Ruhrgebiet
- Nr. 10 Magmatische Gesteine im GeoPark Ruhrgebiet
- Nr. 11 Was vor der Kohle war – Das Flözleere Karbon im GeoPark Ruhrgebiet
- Nr. 12 Das Devon im GeoPark Ruhrgebiet

Die Reihe wird fortgesetzt.



9783939234517