



Dr. Mathias Schöpel,
Bochum

Bei diesem Beitrag handelt es sich um eine leicht geänderte und überarbeitete Version eines Beitrages, der bereits 2020 vom Autor auf dem Wissenschaftsportal ResearchGate unter www.researchgate.net/ veröffentlicht wurde.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Erb- und Wasserlösungsstollen und ihre Bedeutung für den Altbergbau
3. Geologie und Hydrogeologie des Ruhrreviers
4. Bergmännische Wasserwirtschaft im Ruhrrevier
5. Zukünftige Entwicklung der Wasserhaltungsmaßnahmen an der Ruhr
 - 5.1. Wasserhaltungen der RAG an der Ruhr
 - 5.2. Erb- und Wasserlösungsstollen
6. Datenrecherche Erbstollen
 - 6.1. Franziska Erbstollen (Witten)
 - 6.2. St. Johannes Erbstollen (Witten)
 - 6.3. Vereinigungsstollen (Witten)
 - 6.4. Schlebuscher Erbstollen (Wetter)
 - 6.5. Vereinigte Gibraltar Erbstollen (Bochum)
 - 6.6. Edeltraut Erbstollen und Stollen von Geduld (Hattingen/Sprockhövel)
7. Hydrochemische Reaktionen im Untergrund
 - 7.1. Allgemeine Grundlagen
 - 7.2. Lösung und Ionenaustausch
 - 7.3. Oxidation (Pyritoxidation)
 - 7.4. Säurepufferung
 - 7.5. Sulfatreduktion
8. Auswirkungen auf die Ruhrwassergüte
 - 8.1. Wasserhaltungen der RAG an der Ruhr
 - 8.2. Erb- und Wasserlösungsstollen des Altbergbaus
 - 8.3. Zielwerte für die Qualität des Ruhrwassers
9. Schlussfolgerungen
10. Literatur
11. Anlage

Abkürzungsverzeichnis

AVU	AVU Aktiengesellschaft für Versorgungs-Unternehmen, Gevelsberg
AWWR	Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e. V., Schwerte
DMT	Deutsche Montan Technologie GmbH & Co. KG, Bochum/Essen
mNHN	Meter über Normalhöhennull
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
PCB	Polychlorierte Biphenyle
RAG	Ruhrkohle AG, Essen
RUB	Ruhruniversität, Bochum
RWE	RWE Technology International GmbH, Dortmund
RWW	RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim Ruhr
THGA	Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UTM	Universale-Transversale-Mercator-Projektion
WBK	Westfälische Berggewerkschaftskasse, Bochum (heute: DMT)

1. Einleitung

Der aktive Steinkohlenbergbau im Ruhrrevier wurde bekanntlich Ende 2018 mit Schließung des letzten Bergwerks Prosper/Haniel in Bottrop endgültig eingestellt. Im Zuge der gesamten Stilllegung des Bergbaus beabsichtigt die RAG als Betreiber der letzten Bergwerke im Ruhrrevier u. a. eine nachhaltige Veränderung ihrer Grubenwasserhebungen mit einer Konzentration der Wasserhaltungen auf wenige Standorte, die zukünftig von ihr als so genannte Ewigkeitsaufgabe noch weiter betrieben werden müssen. So ist vorgesehen, die meisten Grubenwasserhaltungen im zentralen und nördlichen Revier aufzugeben und mittels vorhandener untertägiger Verbindungswege das Grubenwasser demnächst hauptsächlich über den ehemaligen Bergwerksstandort Dinslaken-Lohberg zu heben und in den Rhein einzuleiten.

An der Ruhr werden die bisher bereits bestehenden drei Wasserhaltungen der Standorte *Robert Müser* und *Friedlicher Nachbar* in Bochum sowie *Heinrich* in Essen von der RAG weiterhin betrieben, wobei hier am Standort *Heinrich*, wie auch in den anderen Standorten im Ruhrrevier vorgesehen, durch ein Anheben des Pumpenniveaus ein Anstieg des Grubenwasserspiegels erfolgen soll. Dieser Grubenwasseranstieg wird aktuell zwischen diversen Experten des Bergbaus, der Berg- und Umweltbehörden, von Forschungseinrichtungen und auch der Wasserwirtschaft intensiv diskutiert. Einigkeit zwischen allen Beteiligten besteht allerdings darin, dass die von den Wasserversorgungsunternehmen genutzten Rohwasservorkommen im Ruhrtal und im nördlichen Ruhrgebiet im Verbreitungsgebiet der Halterner Sande durch den Grubenwasseranstieg nicht beeinträchtigt werden dürfen. Die Grubenwässer der Wasserhaltungen der RAG weisen generell eine höhere Salinität auf und können zudem verschiedene andere Inhaltsstoffe wie Schwermetalle oder auch PCB beinhalten, so dass eine Verunreinigung der Ruhr als wichtige Rohwasserquelle einschließlich der im Ruhrtal gelegenen Wassergewinnungsanlagen durch die Grubenwassereinleitungen möglich und daher zu vermeiden ist.

Definition Grubenwasser:

Wasser, das im Grubengebäude (Schächte, Stollen, Strecken, Abbaubereiche etc.) anfällt und abgeleitet werden muss. Hierbei handelt es sich um ein Mischwasser unterschiedlicher Herkunft z. B. Niederschlagswasser, Grundwasser, Formations- oder Tiefenwasser sowie Betriebswasser. Die Grubenwässer sind überwiegend natürlichen Ursprungs, die allerdings durch die im Grubengebäude stattfindenden geochemischen Prozesse (z. B. Oxidationsprozesse) sowie Stoffe, die beim Betrieb und Abbau der Steinkohlen, Erze etc. vom Bergmann eingesetzt werden, mehr oder weniger stark anthropogen verändert sind.

Weitgehend unbekannt und auch in der aktuellen Diskussion kaum berücksichtigt sind bisher die Auswirkungen der Grubenwassereinleitungen des Altbergbaus auf die Ruhrwasserqualität, zumal sie nicht Gegenstand der aktuellen Planungen und bergrechtlichen Genehmigungsverfahren der RAG und Bergbehörden sind. Hierbei handelt es sich um Grubenwassereinleitungen, die bis heute an diversen Stellen im Einzugsgebiet der unteren Ruhr existieren und auch in der Zukunft fortbestehen werden. Errichtet wurden von den damaligen Bergbaubetreibern eine Vielzahl horizontale Erb- und Wasserlösungsstollen, die vorrangig der Ableitung von Grubenwasser dienten und bis heute teilweise noch aktiv sind. Von Bedeutung sind hier insbesondere die zwischen Wetter und Essen gelegenen Erbstollen-Anlagen, die hauptsächlich im 18. und 19. Jahrhundert errichtet wurden. Diese Anlagen sind heute von den damaligen Betreibern meistens aufgegeben bzw. die früheren Bergwerksgesellschaften existieren nicht mehr. Für wenige Erbstollen sind allerdings noch heute bergrechtliche Genehmigungen verliehen wie z. B. für den *Schlebuscher Erbstollen* (Besitzer: AVU).

Der vorliegende Beitrag beruht auf eine Daten- und Literaturrecherche des Autors für die AWWR und beschäftigt sich vorrangig mit den Grubenwassereinleitungen von einzelnen bedeutsamen Erb- und Wasserlösungsstollen und den möglichen Auswirkungen auf die Ruhrwassergüte. Es wird aber im Beitrag auch auf die geplanten Maßnahmen der RAG zum Grubenwasseranstieg im Ruhrrevier eingegangen, da diese zukünftig Einfluss auf die Erbstollenanlagen und Ruhrwassergüte haben können.

2. Erb- und Wasserlösungsstollen und ihre Bedeutung für den Altbergbau

Der Steinkohlenbergbau im Ruhrrevier begann schon vor über 600 Jahren im Ruhrtal und ihren Seitentälern dort, wo die flözführenden Schichten des Oberkarbons unmittelbar an der Erdoberfläche anstehen und die Kohle mit einfachen technischen Mitteln gewonnen werden konnte. Der erste Abbau erfolgte mittels Gräben oder Pingen, die beginnend vom Talgrund bergaufwärts gegraben wurden [1]. Das anfallende Niederschlags- und Grundwasser floss hierbei oberflächlich ab und gelangte über Bäche in die Ruhr. Um tiefere Bereiche der Kohlenflöze zu erreichen, wurden kreisrunde Löcher (Pütte) bis auf den Grundwasserspiegel niedergebracht oder auch erste einfache Stollen angelegt. Bei dieser auch als Kohlengräberei bezeichneten Abbaumform handelte es sich zumeist um Kleinzechen, die überwiegend von ansässigen Grundeigentümern und Bauern im Nebenerwerb betrieben wurden. Der anstehende Grundwasserspiegel im Gebirge begrenzte schnell die Abbautiefe der Kohlenflöze. Nur im geringen Umfang wurde damals das anfallende Sicker- und Grundwasser mittels Wasserziehen gehoben oder über Entwässerungsgräben und -stollen (im Ruhrrevier „Akeldruft“ genannt) abgeleitet.

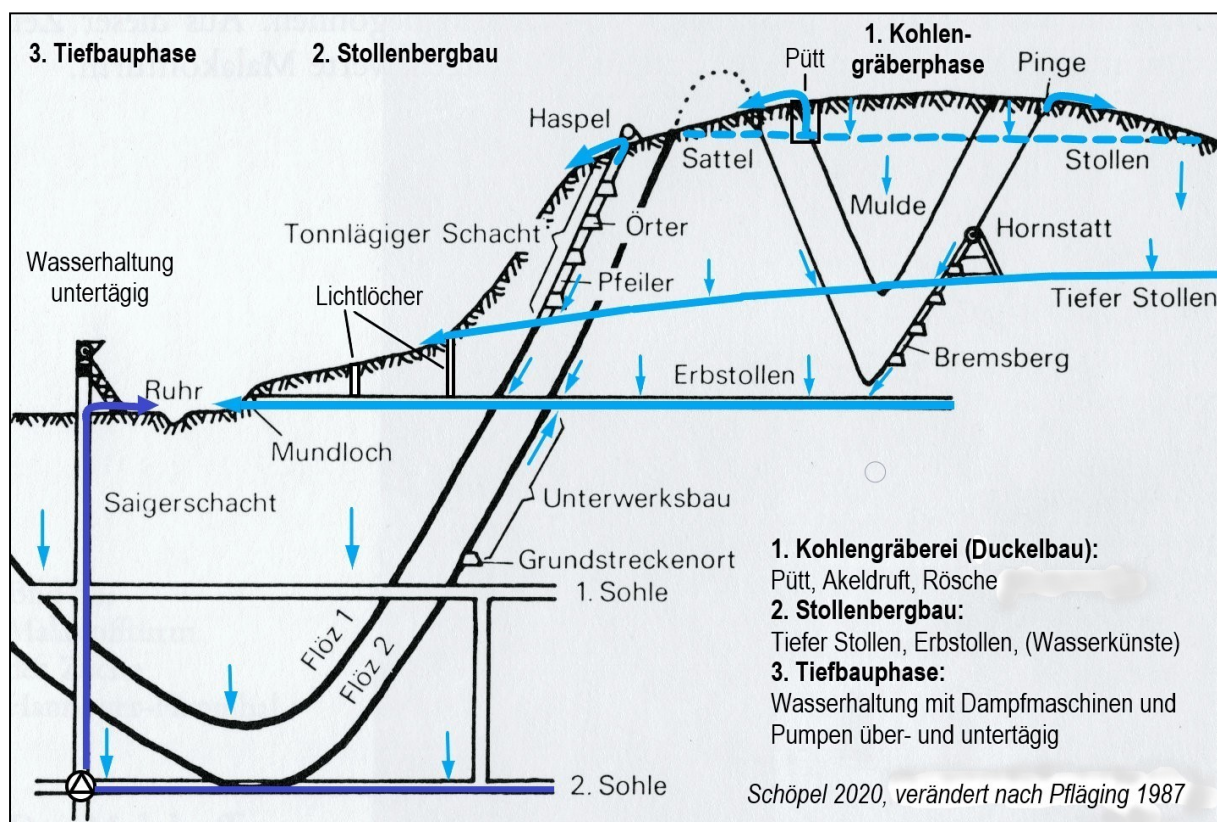


Bild 1 Die Entwicklung des Steinkohlenbergbaus vom Pingenbau zum Tiefbau (aus Pfläging 1987)

Ab Ende des 16. Jahrhunderts begann der Stollenbergbau an der Ruhr (siehe Bild 1), wo vom Talgrund aus längere Stollen in die anstehenden Kohlenflöze - später auch querschlägig also rechtwinklig zum Streichen der Flöze - aufgefahren und erste tiefere Schächte abgeteuft wurden. Die mit einem nur leichten Gefälle versehenen Stollen dienten nicht nur der Kohleförderung sondern auch zur Ableitung des anfallenden Grubenwassers.

Um neue Kohlenvorräte zur Tiefe hin zu erschließen, wurden Anfang des 18. Jahrhunderts erste Erbstollenanlagen errichtet, die vorrangig die Aufgabe hatten, das Grubenwasser möglichst vieler angeschlossener Zechen aufzunehmen und abzuleiten. Daneben dienten sie häufig aber auch der Zu- und Abfuhr von Frisch- und Grubenluft (Bewetterung) sowie dem Personen- und Materialtransport. Den Eigentümern der Erbstollen standen feste Abgaben der Bergwerksbetreiber (Stollenneuntel der Erlöse der angeschlossenen Zechen) zu, wovon er den Vortrieb und die Unterhaltung der Erbstollenanla-

gen bezahlen musste. Südlich und nördlich der Ruhr entstanden mit der Zeit von Wetter bis Mülheim weit über 100 Erb- und Wasserlösungsstollen, deren primäre Aufgabe der Wasserlösung der angeschlossenen Bergwerke war.

Unterhalb des Erbstollenniveaus war der so genannte Unterwerksbau auf Kohle meist nur unter erheblichem Aufwand z. B. durch Handpumpen oder Pumpenkünste möglich, wobei Letztere nur in einem begrenzten Umfang im Ruhrrevier zur Wasserhaltung der Bergwerke überhaupt eingesetzt wurden. Fortschritt brachte hier die Erfindung der Dampfmaschinen, die im Ruhrbergbau erstmalig Anfang des 19. Jahrhunderts zur Wasserhaltung eingeführt wurden, so dass sich entlang der Ruhr erste Tiefbauzechen entwickeln und die Kohlenflöze in größeren Tiefen unterhalb der Ruhrtalsole abgebaut werden konnten. Zu dieser Zeit begann auch die Nordwanderung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier und erreichte Mitte des 19. Jahrhunderts die Emscherzone sowie Anfang des 20. Jahrhunderts die Lippezone. Mit der Nordwanderung des Bergbaus erfolgte nach und nach die Stilllegung der meist kleineren Zechenanlagen an der Ruhr. Die letzte größere im südlichen Ruhrrevier vorhandene Ruhrzeche *Alte Haase* in Sprockhövel wurde allerdings erst im Jahre 1966 stillgelegt.

Verschiedene Erbstollen und Wasserlösungsstollen sind bis zum heutigen Tage aktiv und entwässern ihr Grubenwasser zur Ruhr oder auch zu ihren Nebenbächen hin. Zu erkennen sind sie häufig durch eine intensive Rotfärbung der Austrittsstellen und Bachläufe unterhalb der Einleitungsstellen. Auf die Ursache der Rotfärbung wird an späterer Stelle im Bericht noch ausführlich eingegangen. Diese Anlagen stehen nach wie vor im Verantwortungsbereich der ehemaligen Bergwerksbetreiber. Nur in solchen Fällen, wo keine Altgesellschaft mehr existiert, ist die Aufsicht auf die Bergbehörde (heute Bezirksregierung Arnsberg, Abt. Bergbau und Energie) übergegangen.

Mit der im Ruhrtal gelegenen ehemaligen *Zeche Nachtigall* in Witten ist ein Museum des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe vorhanden, wo der Übergang vom Stollenbergbau zum Tiefbau erhalten und im dort angeschlossenen Besucherbergwerk der Nachtigall-Stollen zu besichtigen ist [2]. In Dortmund-Hohensyburg existiert das sehr sehenswerte Besucherbergwerk *Graf Wittekind* des Fördervereins Bergbauhistorischer Stätten Ruhrrevier e. V., wo der Stollenbergbau an der Ruhr noch heute von interessierten Personen erkundet werden kann [3].

3. Geologie und Hydrogeologie des Ruhrreviers

Das untere Ruhrtal liegt im Übergangsbereich (Bild 2) des Rheinischen Schiefergebirges im Süden und der Münsterländer Oberkreidemulde im Norden und wird aus Ablagerungen des Oberkarbons, der Oberkreide und des Quartärs aufgebaut [4 bis 7]. In der Karbonzeit kollidierte damals Afrika (Gondwana-Kontinent) mit dem nördlich gelegenen Old-Red-Kontinent und es entstand hierbei das variszische Gebirge. In unserem Raum gehören zum variszischen Gebirgszug das Sauerland und das Bergische Land als Teil des Rheinischen Schiefergebirges. Am Nordrand dieses Gebirges entstand im Oberkarbon eine Ost-West verlaufende Vortiefe oder Saumsenke, wo vor 320 bis 300 Mio. Jahren das Ruhrkarbon mit einer bis zu 3.770 m mächtigen Schichtenfolge (Namur A bis Westfal D) abgelagert wurde. Im Bereich der unteren Ruhr gliedert sich diese Schichtenfolge in einem älteren flözleeren (Namur B) und einem jüngeren flözführenden Abschnitt (Namur C bis Westfal B). Diese Schichten stehen südlich und nördlich der unteren Ruhr direkt unterhalb der Erdoberfläche an und waren damit im frühen Mittelalter Ausgangspunkt des ersten Steinkohlenbergbaus im südlichen Ruhrrevier. Sie bestehen aus einer Wechselfolge von Ton- und Schluffsteinen, Sandsteinlagen und 266 Kohleflözen bzw. Flözhorizonten, von denen 108 Flöze bauwürdig waren.

Mit Beginn der Oberkreide-Zeit vor etwa 95 Mio. Jahren erreichte das von Norden vorrückende Oberkreide-Meer die nördlichen Höhen des Ruhrtals und bildete den damaligen Südrand der Münsterländer Oberkreidemulde. Beginnend im Cenoman wurden zunächst die Essener Grünsande mit einem Transgressionskonglomerat an der Basis abgelagert. Anschließend folgen die Schichten des Turons, die aus Mergelsteinen bestehen, wo bereichsweise Kalkmergelsteinbänke und Grünsande (z. B. Bochumer Grünsand) eingeschaltet sind. In der Emscherzone folgen dann die Ablagerungen des

Coniacs mit dem Emscher-Mergel, der überwiegend aus Tonmergelsteinen aufgebaut ist. Als jüngere Einheiten sind in der Lippezone die Schichten des Santons abgelagert worden, zu denen u. a. auch die Recklinghäuser Sandmergel und Halterner Sande zählen und für die Wasserversorgung des Ruhrgebietes wichtige Grundwasservorkommen beinhalten.

Die Schichten der Oberkreide bilden im zentralen Ruhrrevier das so genannte Deckgebirge oberhalb der Steinkohlenschichten, die vom Bergbau zunächst durch Schächte durchörtert werden mussten, bevor man dort im Tiefbau die Kohlenflöze erreichte.

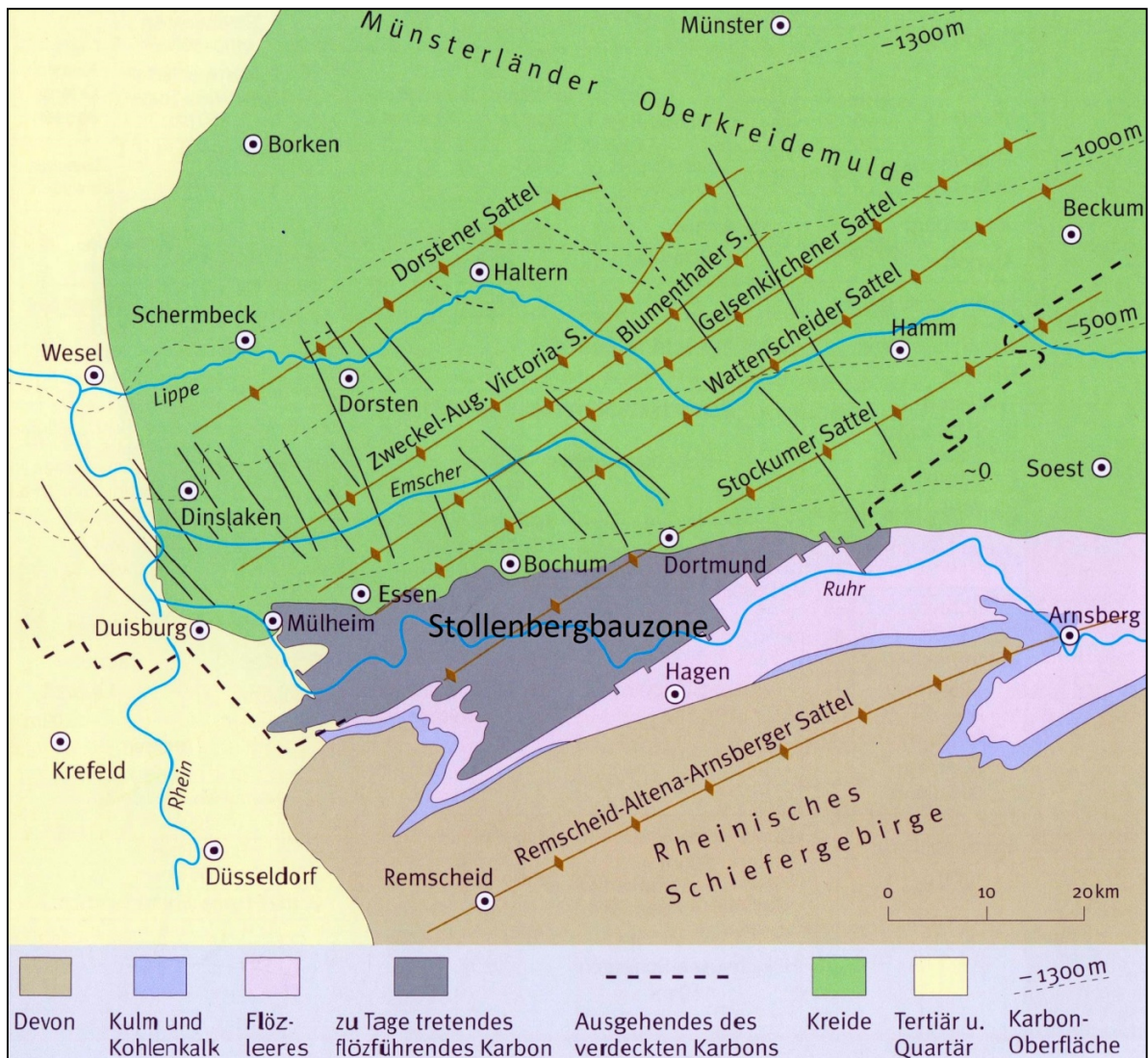


Bild 2 Geologische Übersichtskarte des Ruhrreviers (aus Rothe 2005 und Hahne & Schmidt 1982)

Als jüngste geologische Einheit sind oberhalb der Karbon- und Kreideschichten an der Erdoberfläche quartäre Ablagerungen weitverbreitet, die in lokalen Rinnen zwar Mächtigkeiten bis zu 50 m aufweisen können, südlich der Ruhr aber meist nur noch wenige Zentimeter oberhalb von einzelnen Sandsteinrücken erreichen. Die Lockergesteine des Quartärs bestehen überwiegend aus Kiesen, Sanden und Schluffen.

Die Festgesteine des flözführenden Oberkarbons weisen einen charakteristischen Faltenbau mit einem Südwest-Nordost-Verlauf auf, gegliedert in mehreren Mulden- und Sattelstrukturen (Bild 2 und Bild 3), sowie verschiedene größere tektonische Störungen. Bedeutsam für den Gebirgsbau sind im Ruhrrevier insbesondere die Nordwest-Südost verlaufenden Querstörungen, die im Ruhrbergbau als Sprünge bezeichnet werden, und das Steinkohlengebirge zusätzlich zu den Faltenstrukturen in Horste

und Gräben gliedern. Diese Querstörungen waren in der weiteren Erdgeschichte immer wieder aktiv und haben dabei häufig auch die jüngeren Ablagerungen des Deckgebirges versetzt.

Die mehr oder weniger flach lagernden Schichten der Oberkreide weisen ein generelles Einfallen von Süden nach Norden zum Zentrum der Münsterländer Kreidemulde hin auf (Bild 3). Vom Südrand der Kreidebedeckung ab der Linie Mülheim über Essen, Bochum bis nach Dortmund sinkt die Basis bis zum Nordrand des Ruhrreviers auf etwa 800 bis 1000 m Tiefe nördlich der Lippe ab.

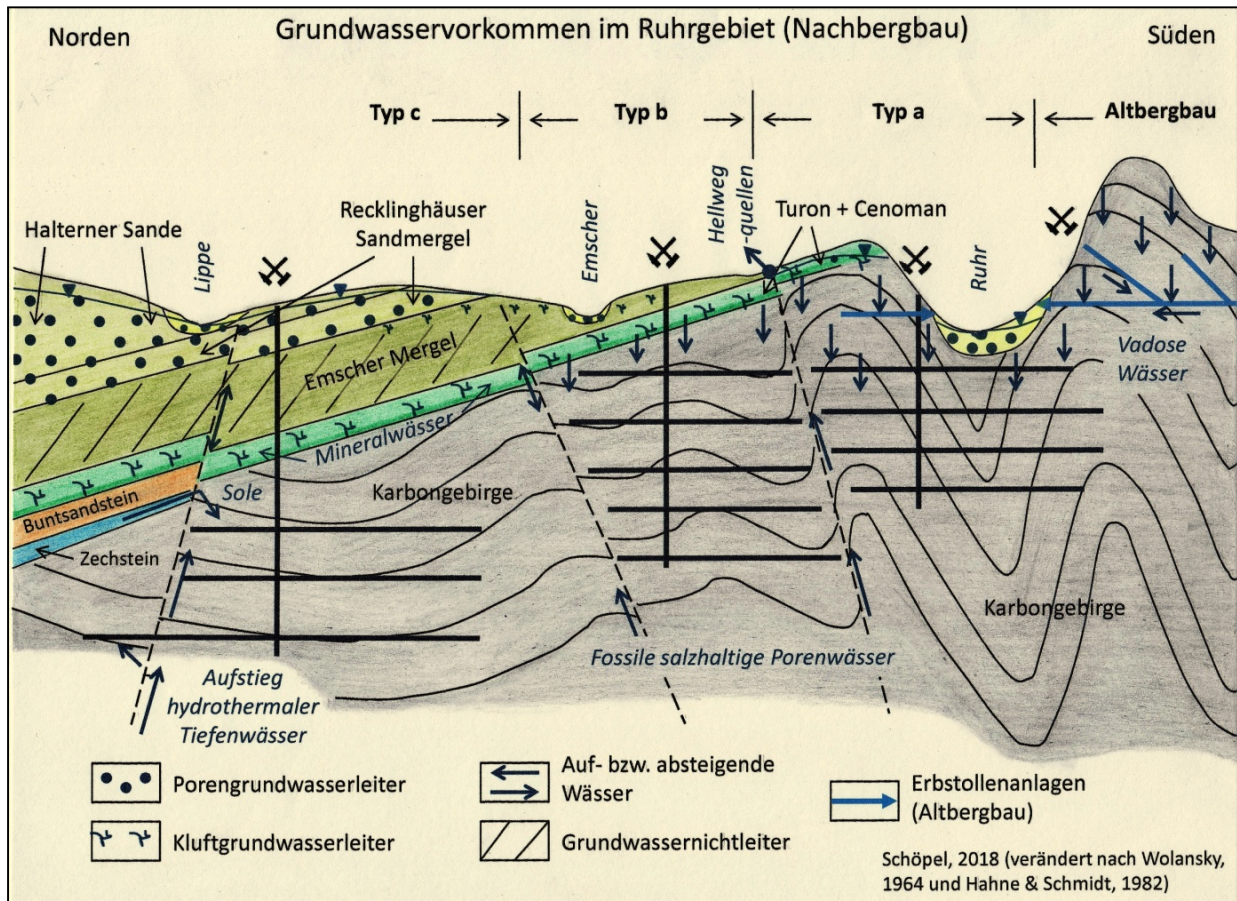


Bild 3 Hydrogeologischer Schnitt (schematisch) durch das Ruhrrevier (Schöpel 2019, verändert nach Wolansky 1964 und Hahne & Schmidt 1982)

Die gefalteten Festgesteine des Oberkarbons stellen überwiegend nur einen meist gering durchlässigen Kluftgrundwasserleiter dar, wobei die Sandsteinlagen durchaus Porenwasser führen können. Vor allem in Bereichen mit stärkerer Klüftung bzw. tektonischen Störungen werden sogar mäßige Wasserdurchlässigkeiten im Ruhrkarbon erreicht [4 und 5]. Während die Kluftgrundwässer des zu Tage tretenden flözführenden Oberkarbons überwiegend aus dem versickernden Anteil der Niederschläge gebildet werden, weisen die tiefer gelegenen Schichten des Ruhrkarbons Tiefenwässer mit einer höheren Salinität (Salzwasser bis Solen) auf, die mit zunehmender Tiefe nach Norden hin zunimmt. Bedeutsam für den Wassertransport sind im Ruhrkarbon vor allem die großen Querverwerfungen (Sprünge), die als wichtige vertikale Transportwege und als Aufstiegszonen von hoch konzentrierten Solen und hydrothermalen Wässern aus größeren Tiefen dienen.

Über die Genese dieser hoch mineralisierten Tiefenwässer gibt es im Wesentlichen zwei Erklärungsansätze. Puchelt [8] kam bei seiner Untersuchung von 98 Grubenwässern aus dem Ruhrrevier zu dem Schluss, dass es sich hierbei um Porenwasserlösungen, d. h. diagenetisch verändertes fossiles Meerwasser handelt („connate water“ oder auch als „Formationswässer“ bezeichnet), die in den Schichten des Oberkarbons im Porenraum gespeichert sind. Dagegen wird von verschiedenen anderen Autoren

wie von *Wedewardt* [9] die These vertreten, dass diese Tiefenwässer aus dem unterirdischen Zufluss von Solen aus Zechstein-Ablagerungen stammen, die im Niederrhein-Gebiet und im Münsterländer Oberkreidebecken im tieferen Untergrund verbreitet sind. Die Sprünge sind wichtige Aufstiegsbahnen für Tiefenwässer, die verschiedentlich bis in das oberflächennahe Grundwasser gelangen können und zu örtlichen Versalzungen des Süßwassers führen [10].

Im Bereich der Sprünge treten in Verbindung mit dem Aufstieg hydrothermaler Wässer häufig auch Vererzungen auf [7], die in der Vergangenheit bergmännisch abgebaut wurden (Beispiel ist hierfür der *William-Köhler-Gang* der Zeche *Auguste Victoria* in Marl). Bei diesen Thermalsolen handelt es sich um hochkonzentrierte Mineralwässer, die neben Kochsalz (Natrium und Chlorid) Calcium und Magnesium sowie in Spuren Barium und Strontium enthalten. Typisch sind für diese Solen auch das Vorkommen von Quellgasen wie Stickstoff, Kohlendioxid und Methan sowie Spuren von Neon, Helium und Radon.

Die jeweilige Wasserführung der Deckgebirgsschichten des Ruhrreviers ist im Bild 3 dargestellt, wobei Grundwasserleiter und -stauer zu unterscheiden sind [7, 11 und 12]. Die ältesten Ablagerungen der Oberkreide des Cenomans und Turons bilden den untersten Kluftgrundwasserleiter, wo in kalkreichen Schichtpartien auf Klüften und Spalten Süß- und Mineralwässer vorkommen können, zu denen die so genannte Hellweg-Quellen zählen, wobei Letztere bis heute von verschiedenen Mineralwasserproduzenten genutzt werden. Es handelt sich um Calcium-Hydrogenkarbonat-Wässer mit wechselnden Anteilen von Natrium, Magnesium, Sulfat und Chlorid. Der Essener Grünsand an der Basis des Deckgebirges ist im zentralen Ruhrrevier als Wasserstauer von Bedeutung. Jedoch hat der Bergbau infolge der Bergsenkungen und des Bruchbaus häufig die wasserstauenden Eigenschaften dieser Schichteinheit nachhaltig beeinträchtigt, so dass die oberflächennahen Grundwässer des Deckgebirges in die tieferen Oberkarbonschichten eindringen und sich anschließend mit den salinen Tiefenwässern des flözführenden Oberkarbons vermischen können.

Die Emscher-Mergel des Coniacs sind wegen ihrer hohen Tongehalte und der großen Mächtigkeit von ca. 300 m ein für das gesamte Ruhrrevier bedeutsamer Grundwasserstauer. Im oberen Abschnitt können allerdings Kluftgrundwässer innerhalb dieser Schichten dort vorkommen, wo sie oberflächennah anstehen und geklüftet sind und den so genannten oberen Kluftgrundwasserleiter bilden. Hierbei handelt es sich um Süßwässer, die über den versickernden Anteil des Niederschlags auf Klüften und Spalten bis zu einer Tiefe von 50 m zirkulieren können. Generell bewirken die Emscher Mergel zur Tiefe hin eine hydraulische Trennung der tieferen Salinar- und Mineralwässer von den höheren Süßwasservorkommen mit den dort vorhandenen Porengrundwasserleitern der Recklinghäuser Sandmergel und Halterner Sande, die für die Trinkwasserversorgung des Ruhrgebietes sehr bedeutsame Grundwasservorkommen beinhalten.

Insbesondere in den Talungen der Ruhr und der Lippe sind eiszeitliche Ablagerungen verbreitet, die häufig aus Kiesen und Sanden bestehen und Porengrundwasser führen, die u. a. im Ruhrtal von der Trinkwasserversorgung des Ruhrgebietes genutzt werden.

4. Bergmännische Wasserwirtschaft im Ruhrrevier

Die Zuflussmengen und Zusammensetzung der Grubenwasserhebungen der Tiefbauzechen im Ruhrrevier werden maßgeblich durch die jeweilige Lage der Zechen sowie den oben beschriebenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen bestimmt. In Anlehnung an *Hahne & Schmidt* [7] sind hierbei folgende drei wichtige Typen zu unterscheiden:

Typ a) Der deckgebirgsfreie Südsaum im Bereich der unteren Ruhr mit hohen und stark niederschlagsabhängigen Grubenwasserzuflüssen („vadosse Wässer“). Hier sind Natrium-Magnesium-Calcium-Hydrogenkarbonat-Sulfat-Wässer vorherrschend, wobei nur eine geringe Gesamtmineralisation der Grund- und Grubenwässer vorhanden ist. In Abhängigkeit der Tiefe der Grubenwasserhal-

tungen treten aber auch bereits höhere Natrium-Chlorid-Konzentrationen („Formationswässer“) auf (Beispiel RAG-Wasserhaltung *Robert Müser* mit über 1.000 mg/L Chlorid).

Typ b) Das mittlere Ruhrrevier bis zur Emscher mit zunehmendem Deckgebirge bis zu 400 m Mächtigkeit mit mittleren Grubenwasserzuflüssen. Die Grubenwässer weisen im Allgemeinen nur noch eine geringere bzw. stark verzögerte Niederschlagsabhängigkeit auf. Zudem handelt sich hierbei um Mischwässer aus Salz- und Süßwässern, wobei Letztere aus dem Südsaum des Ruhrreviers oder aus tieferen Deckgebirgsschichten stammen. Diese Grubenwässer zeichnet eine Vormacht an Natrium-Chlorid aus. Daneben sind auch Sulfat, Hydrogenkarbonat und die Erdalkalien Calcium und Magnesium in deutlich erhöhten Konzentrationen vorhanden.

Typ c) Im nördliche Ruhrrevier bis zur Lippe mit Deckgebirgsmächtigkeiten von über 400 m sind meist nur niedrige Grubenwasserzuflüsse vorhanden, die überwiegend aus den Bereichen tektonischer Störungen stammen. Die Lösungsinhalte der Grubenwässer (Sole) erreichen Extremwerte bis über 200.000 mg/l Gesamtlösungsinhalt. Es handelt sich um Natrium-Chlorid-Wässer mit nur noch geringen Anteilen an Calcium und Magnesium. Sulfate fehlen dagegen weitgehend.

Die Zusammensetzung der Grubenwässer des Altbergbaus im südlichen Ruhrrevier unterscheiden sich erheblich von den o. g. drei Typen, da diese Wässer zwar auch wie im Falle Typ a) niederschlagsabhängig also vadosen Ursprungs sind, aber durch Lösungs- und Oxidationsprozesse als Folge der Anwesenheit von Sauerstoff bei der Migration durch die oberflächennahen Gesteinsschichten und ehemaligen Abbaubereiche erheblich verändert werden, worauf in den folgenden Abschnitten des Berichtes noch näher eingegangen wird. Maßgeblich wird die Wasserqualität hier durch die so genannte Pyritoxidation bestimmt, die zur Freisetzung von Sulfat und Eisen sowie zu einer Versauerung der Grubenwässer führen kann.

Ergänzend zu den oben genannten Typen lässt sich somit folgender weiterer Typ unterscheiden:

Typ Altbergbau Dieser Typ umfasst die ehemalige Zone des Stollenbergbaus im südlichen Ruhrrevier entlang des unteren Ruhrtals (Bild 3), wo das Ruhrkarbon unmittelbar unter der Geländeoberfläche ansteht und wo aus der Zeit des Altbergbaus zahlreichen Stollen und Erbstollen noch heute vorhanden sind, die bis heute das anstehenden Steinkohlengebirge drainieren. Es existieren hier stark niederschlagsabhängige Grubenwasserzuflüsse, die durch den ehemaligen Steinkohlenbergbau im Chemismus stark überprägt sind. Es handelt sich um Sulfat-Hydrogenkarbonat-Wässer mit wechselnden Anteilen von Natrium und von den Erdalkalien Calcium und Magnesium. Die Wässer weisen meist nur sehr geringe Chlorid-Konzentrationen auf. Typisch sind außerdem das Vorkommen erhöhter Eisen-Gehalte und niedrige Nitrat-Gehalte. Im Gegensatz zu den Grubenwässern des Typs a) weisen sie eine deutlich geringere Gesamtmineralisation auf, besitzen dagegen aber ein erhebliches Säurebildungspotenzial, das unter bestimmten Voraussetzungen zu einer Versauerung der Grubenwässer führen kann.

5. Zukünftige Entwicklung der Wasserhaltungsmaßnahmen an der Ruhr

Die Wasserhaltungen der RAG werden zukünftig von der RAG-Stiftung übernommen und sehen an der Ruhr weiterhin den Erhalt der drei bereits existierenden Wasserhaltungen vor. In diesem Zusammenhang sind im Auftrag der Bezirksregierung Arnsberg die Auswirkungen und Risiken des Grubenwasseranstiegs u. a. auf die Grundwasservorkommen und -qualität gutachterlich bewertet worden [13].

5.1 Wasserhaltungen der RAG an der Ruhr

Die drei Wasserhaltungsstandorte *Robert Müser*, *Friedlicher Nachbar* und *Heinrich* der RAG werden zukünftig jährlich etwa 25 bis 30 Mio. m³ Grubenwasser in die untere Ruhr abführen [14]. Diese Einleitungs- menge liegt damit in der Größenordnung der Menge, die in den letzten Jahren bereits durch-

schnittlich in Ruhr eingeleitet worden sind. Für die zukünftig Grubenwassereinleitung soll von der Bezirksregierung Arnsberg als zuständige Bergbehörde für NRW eine wasserrechtliche Genehmigung mit einer maximalen genehmigten Menge von bis zu 39 Mio. m³/a auf Antrag der RAG erteilt werden, die vermutlich erst Mitte 2022 vorliegen dürfte. Bedingt durch die bergbaulichen Gegebenheiten mit vorhandenen untertägigen Verbindungen zu den nördlich gelegenen Wasserhaltungen und Wasserprovinzen ist ein Pumpenniveau zwischen - 260 und - 560 m NHN in den drei Wasserhaltungen an der Ruhr vorgesehen. Eine mögliche Wasseraufbereitung des Grubenwassers zur Entfernung von PCB am Standort *Robert Müser* wird derzeit noch untersucht und geprüft.

5.2 Erb- und Wasserlösungsstollen

Für die heute noch vorhandenen Einleitungen von Grubenwässern aus den Erb- und Wasserlösungsstollen des Altbergbaus existieren keine wasserrechtlichen Genehmigungen mit Regelungen zu den Einleitungsmengen oder zur Wasserqualität. Zudem gibt es nur wenige veröffentlichte Daten zu diesen Anlagen des Altbergbaus, so dass über die Auswirkungen der Einleitungen aus diesen Wasserführenden Stollen in die Ruhr bzw. ihrer Nebenbäche wenig bekannt ist. Im Forschungszentrum Nachbergbau der THGA in Bochum beschäftigt sich seit einigen Jahren eine Arbeitsgruppe mit diesen Anlagen und führte 2015 bis 2016 eine erste wissenschaftliche Bestandsaufnahme durch [15 und 16]. Es wurden im Bereich der unteren Ruhr bisher 110 Anlagen erfasst, von denen nach Angaben der THGA ca. 50 % noch heute Grubenwasser führen.

Viele dieser Erbstollen und Wasserlösungsstollen wurden zwar in der Vergangenheit meist von den Erbstollenberechtigten bzw. Bergwerkseigentümern aufgegeben, erfüllen aber bis heute ihre Aufgabe und weisen wie der *St. Johannes Erbstollen* in Witten (Bild 4 links) im Mundlochbereich noch einen relativ guten baulichen Zustand auf. Die Mundlöcher andere Anlagen sind dagegen häufig verschüttet bzw. verrohrt und im Gelände kaum noch erkennbar oder auffindbar. Typisch für die meisten Austrittsstellen sind die dort vorhandenen rötlichen Ausfällungen von Eisenhydroxiden, auf deren Entstehung in diesem Bericht später noch ausführlich eingegangen wird (Bild 4, rechts). Die unterirdischen Teile der Erbstollen sind in den meisten Fällen nicht begehbar, da diese häufig mit Wasser überstaut oder auch mit Ablagerungen von Eisenschlämmen gefüllt oder sogar verstürzt sind.



Bild 4 Mundloch (links) und Einmündung in die Ruhr (rechts) des *St. Johannes Erbstollens* in Witten (Schöpel Oktober 2018)

In Witten wurde 2015 ein Verbruch des *Franziska Erbstollens* kurz vor dem Mundloch im Bereich der Ruhrstraße festgestellt, so dass dieser Stollen im Auftrag der zuständigen Bezirksregierung Arnsberg saniert werden musste, um den Wasserabfluss des Stollens weiterhin auch für die Zukunft zu ge-

währleisten. Zur zukünftigen kontinuierlichen Kontrolle der Abflussmengen und der Wasserqualität des Grubenwassers wurde 2017 ein Messwehr mit speziellen Sonden zur Datenfernübertragung eingebaut [17].

Die Landstraße L 651 (Bredenscheider Straße) in Hattingen an der Stadtgrenze zu Sprockhövel musste im Februar 2016 wegen Überflutungen kurzzeitig gesperrt werden. Ursache hierfür war nach Auffassung der eingeschalteten Experten der Bezirksregierung Arnsberg ein plötzlicher starker Wasseraustritt aus dem *Edeltraut Erbstollen*, der möglicherweise durch Freispülen von aufgestautem Grubenwasser hinter Verbruchstellen in den ehemaligen Abbaubereichen der dort angeschlossenen Zechen bzw. im Erbstollen entstanden ist [18]. Es wurde hierbei eine anfänglich intensive Rot- bzw. Braunfärbung des Grubenwassers vermutlich durch Ausschwemmung von im Stollen absedimentierten Eisenhydroxid-Ausfällungen festgestellt.

Die Erbstollen bzw. Wasserlösungsstollen werden auch zukünftig mehr oder weniger unkontrolliert Grubenwasser in die untere Ruhr bzw. ihre Nebenbäche abführen, zumal mit wenigen Ausnahmen (Beispiel *Franziska Erbstollen*) entsprechende Kontrolleinrichtungen zur Erfassung der Ablaufmengen bisher fehlen. Da grundsätzlich eine starke Abhängigkeit zu Niederschlagsereignissen gegeben ist, dürften die Grubenwassermengen generell in der Winterzeit zunehmen, während im Herbst bedingt durch die Sommertrockenheit die niedrigsten Abflüsse auftreten. Es können temporär aber auch extreme Wasseraustritte (Schwallwasser) aus den Stollen durch Freispülen von untertägigen Verbruchstellen oder auch nach Starkregenereignissen erfolgen.

6. Datenrecherche Erbstollen

Verschiedene Fachbeiträge beschäftigen sich bereits in der Vergangenheit mit den Erbstollenanlagen im Ruhrrevier. Neben den oben bereits erwähnten Beiträgen von *Pfläging* und *Telsemeyer* [1 und 2] sind hier insbesondere die Veröffentlichungen von *Kötter*, *Rothärmel* und *Slotta* zu nennen [19 bis 22], die sich mit dem Thema Altbergbau an der Ruhr sowie deren Bedeutung für die Entwässerung der Bergwerke und allgemein für die industrielle Entwicklung des Ruhrreviers näher befassen haben.

Im Internet existiert die Homepage www.ruhrkohlenrevier.de zum frühen Bergbau an der Ruhr, wo u. a. umfangreiche Informationen, historische und aktuelle Lagepläne sowie Beschreibungen von bergbaulichen Relikten und zu den Erb- und Wasserlösungsstollen dokumentiert sind [23]. Weitere interessante historische Unterlagen zum Steinkohlenbergbau findet man zudem auf der Homepage www.bergbauhistorie.ruhr.de [3].

In den Erläuterungen zu den Geologischen Karten von Nordrhein-Westfalen 1:25.000, Blatt Witten und Bochum [4 und 5], sind Qualitätsdaten zu verschiedenen Erbstollen veröffentlicht worden und u. a. auf einen Bericht der WBK, Bochum aus dem Jahre 1970 über die mögliche Nutzbarmachung der Grubenwässer stillgelegter Zechen zu Wasserversorgungszwecken basieren.

Wedewardt [9] hat in seiner 1995 veröffentlichten Arbeit zur Genese der Tiefenwässer im Ruhrrevier ebenfalls Wasserproben aus verschiedenen Erbstollen entnommen und untersucht. Weitere Ergebnisse von Grubenwasseruntersuchungen aus Erbstollenanlagen findet man bei *Wisotzky et al.* [24].

Dem Verfasser wurden außerdem Unterlagen und Untersuchungsergebnisse von der Forschungsgruppe Nachbergbau der THGA zu verschiedenen Erbstollen sowie vom Unternehmen *RWE Technology International GmbH* zu den Anlagen *Edeltraut Erbstollen* und *Stollen von Geduld* im Sprockhöveler Bereich zur Verfügung gestellt.

Im Oktober 2018 hat der Verfasser eine Wasserprobe am Mundloch des *St. Johannes Erbstollens* gezogen und im Prüflabor der RWW untersuchen lassen (siehe Anlage). Diese Probe wurde zu einem Zeitpunkt gezogen, wo der Erbstollen nach einer extrem langen Trockenphase nur noch sehr wenig Grubenwasser führte.

Aus dem Ibbenbürener Steinkohlenbergbau liegen interessante Beobachtungen zum damaligen Grubenwasseranstieg des Westfeldes vor, wobei dieses Feld bereits 1979 vom ehemaligen Bergwerksbetreiber Preussag AG stillgelegt wurde [25]. Der Steinkohlenbergbau ist hier seit dem Jahre 1492 in flözführenden Schichten des Oberkarbons belegt. Analog dem Ruhrrevier erfolgte bis Mitte des 19. Jahrhunderts ein Stollenbergbau, der ständig mit dem Grubenwasserproblem kämpfen musste und die Errichtung von Wasserlösungsstollen erforderlich machte. Der wichtigste dieser Stollen ist der *Dickenberger tiefer Stollen*, der bis heute funktionstüchtig ist und bisher hauptsächlich die Grubenwässer des Westfeldes abführte, zukünftig aber nach der Stilllegung des gesamten Steinkohlenbergbaus in Ibbenbüren zusätzlich auch die Grubenwässer des Ostfeldes übernehmen soll [26]. Die Grubenwässer des *Dickenberger tiefer Stollens* stammen derzeit überwiegend aus den Altbergbaubereichen des Westfeldes, wo durch die Wirkung der Pyritoxidation stark eisenhaltige Sulfat-haltige Grubenwässer entstanden sind, die nach den Untersuchungen von *Domalski* [25] Mitte der 1980er Jahre neben hohen Sulfat-Gehalten von bis zu 2.000 mg/l und durchschnittlich 700 mg/l Eisen beinhalten. Zudem wurden von *Domalski* in den unterschiedlichen Grubenwasserzuflüssen aus dem Altbergbau pH-Werte zwischen 6 und 8 aber auch unterhalb von 3 gemessen, ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Grubenwässer aus den Altbergbaubereichen teilweise erheblich versauert sind.

Die aus dem *Dickenberger tiefer Erbstollen* abfließenden Grubenwässer wurden bisher und werden auch in der Zukunft in der Kläranlage Gravenhorst einer Aufbereitung mittels Belüftung und Kalkdosierung zugeführt, um insbesondere das Eisen zu entfernen, bevor das Grubenwasser in die Ibbenbürener Aa mit Gehalten < 0,2 mg/l Eisen eingeleitet werden kann. Für die Zeit des Nachbergbaus wird davon ausgegangen [26], dass die Grubenwassermenge dieses Stollens auf ca. 1,1 Mio. m³/a in den nächsten Jahrzehnten kontinuierlich zurückgehen wird. Allerdings werden die Chloridgehalte deutlich zunehmen, da zukünftig verstärkt auch salzhaltige Tiefenwässer aus dem 2018 stillgelegten Ostfeld über den *Dickenberger tiefer Stollen* abgeführt werden. *Grigo und Kugel* [26] prognostizieren daher langfristig mittlere Chlorid-Gehalte von ca. 610 mg/l und Sulfat-Gehalte von ca. 1.100 mg/l im Grubenwasser.

Tabelle 1: Daten zu verschiedenen Erb- und Wasserlösungsstollen im Ruhrrevier

Lagedaten und Abflusswerte Erb- und Wasserlösungsstollen							
Erbstollen/Stollen	UTM Geodaten (Mundloch)		Höhenlage	Gesamtlänge	errichtet	Minimalwert	Maximalwert
	UTM	Örtlichkeit	in mNHN	in m	Jahr	Abfluss in l/s	
Franziska Erbstollen Witten	56 98942 3 84269	Mundloch Stollen	77	4.000	1772-1855	48	207
St. Johannes Erbstollen Witten Muttental	56 97996 3 81873	Mundloch Stollen	76	8.500	1767-1887	15	131
Vereinigungsstollen Witten Muttental	56 98195 3 82075	Mundloch Stollen	81	375	ab 1803	1,26	14,4
Schlebuscher Erbstollen Wetter-Wengern	56 94445 3 86458	Mundloch Rösche	95	ca. 15.000	1765-1865	114	234
Ver. Gibraltar Erbstollen Bochum	56 98190 3 78854	Kemnader See Rohrauslauf	72	2.000	1830	keine Messwerte	
Edeltraut Erbstollen Hattingen/Sprockhövel	56 92765 3 75850	Mundloch Rohrauslauf	137	600	1858-1865	20	325
Stollen von Geduld Hattingen/Sprockhövel	56 92750 3 75850	Mundloch Rohrauslauf	124	ca. 250	ab 1837	ca. 15	

Die Qualitätsdaten der ausgewerteten Grubenwässer des Ruhrreviers weisen unterschiedliche Parameterumfänge und Bestimmungsverfahren auf, wobei insbesondere die Bestimmungen des Parameters pH-Wert als Maß der Versauerung sowohl vor Ort bei den Probenahmen als auch im Labor durchgeführt wurden. Die angewandten Untersuchungsverfahren sind insbesondere bei den älteren Daten nur bedingt angegeben und damit nachvollziehbar. Weiterhin wurden die Eisen- und Mangan-

gehalte sowie die übrigen Schwermetalle sowohl aus der Gesamtprobe als auch aus einer Membran-filtrierte Probe bestimmt, die vor Ort zur Konservierung der Wasserprobe angesäuert wurde.

Die Geodaten (UTM-Koordinaten), Höhenlagen in mNHN und untertägigen Gesamtlängen der in diesem Bericht beschriebenen Erb- und Wasserlösungsstollen inklusive ihrer wichtigsten Nebenörter sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Mengenmessungen der Grubenwasserabflüsse wurden zwar bei verschiedenen Beprobungen durchgeführt, wobei die Mengenangaben bei *Wedewardt [9]* aus Sicht des Verfassers unrealistisch sind und daher in diesem Bericht nicht weiter berücksichtigt wurden. Bei den meisten Mengenangaben handelt es sich lediglich um Einzelmessungen bei der Probenahme für die weiteren chemischen Untersuchungen der Grubenwässer im Labor. Kontinuierliche Abflussmessungen liegen mit wenigen Ausnahmen nicht vor.

6.1 Franziska Erbstollen (Witten)

Die Anfänge des am rechten Ruhrufer befindlichen *Franziska Erbstollens* in Witten gehen auf eine Verleihung im Jahre 1772 zurück. Dieser Stollen entwässerte mit mehreren Querschlägen verschiedene ehemalige Zechen, die unter dem Helenenberg in Witten Steinkohle abbauten und zuletzt im Jahre 1839 zur *Zeche Vereinigte Franziska Tiefbau* konsolidierten [20]. Der Auslauf des Erbstollens liegt heute im Bereich der Ruhrstraße 92 am Wittener Mühlengraben und ist durch seine deutliche Rotfärbung in der Örtlichkeit erkennbar (Bild 5). Bei der Ortsbegehung am 04.02.2019 konnte durch den Verfasser dieses Berichtes am Auslauf ein schwacher Geruch nach Schwefelwasserstoff festgestellt werden. Interessant war weiterhin die Beobachtung, dass im Mühlengraben unterhalb des Auslaufes (Bild 5 unterer Bereich) trotz einer starken Eisentrübung des Wassers sich mehrere Hunderte von Fischen angesammelt hatten, vermutlich angelockt durch das wärmere Grubenwasser bei extrem niedrigen Außentemperaturen.



Bild 5 Auslauf des Franziska Erbstollens in Witten (Schöpel Februar 2019)

Bei den Abflussmessungen der THGA wurden in 2015 und 2016 witterungsabhängig Werte zwischen 47,8 und 207 l/s im Ablauf des Erbstollens gemessen und Jahresmengen von ca. 2,1 bis 6,5 Mio. m³/a entsprechen würde.

Tabelle 2: Hydrochemische Daten Franziska und Schlebuscher Erbstollen

Entnahmestelle	Dimension	Schlebuscher Erbstollen				Franziska Erbstollen				
Probenehmer:		Wisotzky al.	THGA	THGA	THGA	WBK	Wisotzky al.	THGA	THGA	THGA
Entnahmedatum		April 2010	16.06.2015	31.03.2016	24.08.2016	21.05.1969	April 2010	16.06.2015	05.04.2016	06.11.2016
Ablaufmenge	l/s	kein Messw.	143,5	234	114,2	kein Messw.	kein Messw.	87,2	207	47,8
Vor-Ort-Parameter:										
Wassertemperatur	°C	11,0	11,5	10,7	12,1		14,5	14,7	15,1	16,2
pH-Wert		6,5	6,93	7,21	7,13		6,7	7,1	7,1	7,29
Redox-Potential	Eh		200	203	249			55	8	19
Leitfähigkeit	µS/cm	603	545	592	620		1432	1267	1395	1400
Sauerstoffgehalt	mg/l			7,0	7,5			4,2	4,5	4,5
Trübung	FTU									
Labor-Parameter:										
pH-Wert			7,5	8,0	7,2	7,4		7,6	8,2	7,2
Leitfähigkeit bei 25 °C	µS/cm		615	619	611			1400	1420	1400
Inhaltsstoffe:										
Natrium	mg/l	32,2	37	33	37	190	175	182	169	181
Kalium	mg/l	7,3	8,6	7,8	8,1	15	14	14	11	13
Calcium	mg/l	47,5	50	46	53	52	87,2	91	77	88
Magnesium	mg/l	23,7	26	22	25	78	34	35	29	32
Eisen in Originalprobe	mg/l	0,1				6,9	3,3			
Mangan in Originprobe	mg/l									
Chlorid	mg/l	28,6	25	24,9	28,8	55	56	52,8	63	64,2
Sulfat	mg/l	88,1	67,1	77	75,2	360	278	202	223	219
Hydrogencarbonat	mg/l	221,5	250	230	260	550	549	570	560	570
Nitrat	mg/l	4,8	1,6	3,8	2,2	3,4	<0,2	<1	<1	<1
Ammonium	mg/l									
Bor	µg/l		93	86	85			440	370	410
Barium	mg/l		0,052	0,044	0,052			0,028	0,026	0,028
Strontium	mg/l		0,3	0,26	0,31			1,1	0,99	1,1
DOC	mg/l									
Spurenstoffe (filtrierte Probe):										
Arsen	µg/l		<10	<10	<10			<10	<10	<10
Blei	µg/l		<10	<10	<10			<10	<10	<10
Cadmium	µg/l		<1	<1	<1			<1	<1	<1
Chrom gesamt	µg/l		<10	<10	<10			<10	<10	<10
Eisen	mg/l		0,031	0,023	0,034			3,4	3,4	3,7
Kupfer	µg/l		<10	<10	<10			<10	<10	<10
Mangan	mg/l		0,11	0,16	0,082			0,61	0,56	0,61
Nickel	µg/l		<10	<10	<10			<10	<10	<10
Zink	µg/l		<10	<10	<10			<10	<10	<10

Nach den vorliegenden hydrochemischen Daten (Tab. 2) ist die Zusammensetzung des Grubenwassers des Franziska Erbstollens seit 1969 bis heute nahezu unverändert. Bei den Anionen dominieren Hydrogencarbonat mit 549 bis 570 mg/l und Sulfat mit 202 bis 360 mg/l, während Chlorid unter 65 mg/l bleibt. Bei den Kationen ist Natrium mit 169 bis 190 mg/l und die Erdalkalien sind mit 52 bis 91 mg/l (Calcium) sowie mit 22 bis 78 mg/l (Magnesium) vertreten. Die Eisen-Konzentrationen liegen bei 3,4 bis 6,9 mg/l und die pH-Werte bei der Vor-Ort-Messung schwanken zwischen 6,7 und 7,29. Mit Ausnahme leicht erhöhter Mangan-Konzentrationen sind keine übrigen Schwermetalle auffällig erhöht.

6.2 St. Johannes Erbstollen (Witten)

Der *St. Johannes Erbstollen* in Witten ist einer der bekanntesten und wichtigsten Erbstollen-Anlagen im Ruhrrevier und mündet direkt unterhalb der Ruine Hardenstein am linken Ufer in die Ruhr (Bild 4). Mit der Errichtung des Erbstollens wurde im Jahre 1767 begonnen und quer zum Streichen des Steinkohlengebirges auf eine Länge von 1.630 m nach Süden aufgeföhren. Nach und nach wurden verschiedene Flügelörter nach Osten und Westen angelegt und so verschiedene Zechen und Schächte angeschlossen [19]. Das gesamte Erbstollensystem erreichte bis zur Einstellung der Arbeiten 1887

eine Gesamtlänge von mehr als 8,5 km (Bild 6). In der Nachkriegszeit des 2. Weltkrieges nutzten noch verschiedene Kleinzechen bis 1965 diesen Erbstollen zur Ableitung ihrer Grubenwässer.

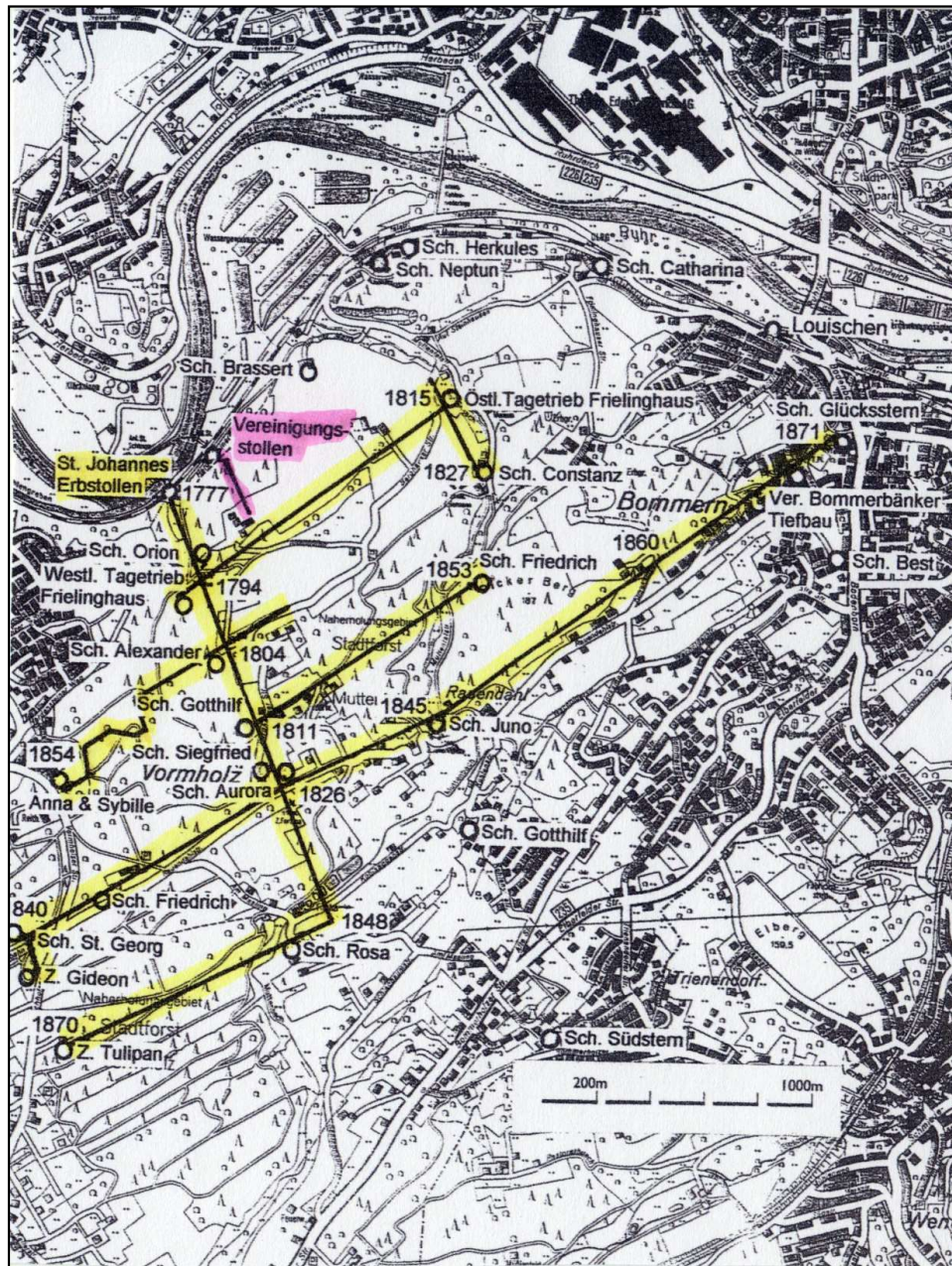


Bild 6 Lageplan St. Johannes Erbstollen und Vereinigungsstollen in Witten (verändert nach Kötter 2001)

Die offensichtlich stark von den Niederschlägen abhängigen Ablaufmengen am Erbstollen-Mundloch schwanken zwischen 15 und 131 l/s, was Jahresmengen von 0,47 und 4,1 Mio. m³/a entsprechen.

Nach den hydrochemischen Ergebnissen (Tab. 3) sind zwischen 1969 und 2018 nur geringe Veränderungen erkennbar. Bei den Anionen sind Hydrogenkarbonat mit 188 bis 247 mg/l und Sulfat mit 187 bis 272 mg/l dominierend, während Chlorid lediglich eine Größenordnung zwischen 19 und 30 mg/l erreicht. Bei den Kationen sind vorwiegend Calcium mit 73 bis 109 mg/l und Magnesium mit 22 bis 58 mg/l vorhanden, wogegen Natrium lediglich maximale Konzentrationen von 15 mg/l aufweist. Die Eisen-Konzentrationen liegen zwischen 0,8 und 6 mg/l und die pH-Werte schwanken bei den Vor-Ort-Messungen zwischen 6,5 und 7,13. Mit Ausnahme erhöhter Mangan-Konzentrationen bis 1,2 mg/l sind die Schwermetalle unauffällig.

Tabelle 3: Hydrochemische Daten St. Johannes Erbstollen

Entnahmestelle	Dimension	St. Johannes Erbstollen						
Probenehmer:		WBK	Wedewardt	Wisotzky al.	THGA	THGA	THGA	RWW
Entnahmedatum		29.04.1969	16.10.1992	April 2010	11.06.2015	31.03.2016	26.08.2016	14.10.2018
Ablaufmenge	l/s	kein Messw.	kein Messw.	kein Messw.	kein Messw.	131,2	72	15
Vor-Ort-Parameter:								
Wassertemperatur	°C		11,0	11,9		10,6	11,8	11,5
pH-Wert			6,68	6,5	6,8	6,84	7,13	6,75
Redox-Potential	Eh				73	89	100	-21
Leitfähigkeit	µS/cm		919	732	724	758	772	1268
Sauerstoffgehalt	mg/l				5,2	5,8	6,0	6,8
Trübung	FTU							3,3
Labor-Parameter:								
pH-Wert		7,6			7,3	7,7	6,9	6,8
Leitfähigkeit bei 25 °C	µS/cm				778	753	773	1028
Inhaltsstoffe:								
Natrium	mg/l	14	15	11,5	15	13	15	14,9
Kalium	mg/l	7	7,6	5,9	7,9	6,5	8,6	7,8
Calcium	mg/l	80	109	75,3	87	73	83	88
Magnesium	mg/l	58	55	35	41	34	39	22
Eisen in Originalprobe	mg/l	0,8		2,2				3,5
Mangan in Originlaprobe	mg/l							0,83
Chlorid	mg/l	30	23	19,9	19,4	19,6	22,1	20
Sulfat	mg/l	220	272	232	183	187	202	194
Hydrogencarbonat	mg/l	247	287	187,9	230	200	230	244
Nitrat	mg/l	4,2	0,26	5,3	<1	2,7	<1	0,6
Ammonium	mg/l		0,16					0,1
Bor	µg/l		90		130	100	110	130
Barium	mg/l		<0,05		0,022	0,02	0,021	0,003
Strontium	mg/l		0,9		0,60	0,45	0,63	0,056
DOC	mg/l							0,8
Spurenstoffe (filtrierte Probe):								
Arsen	µg/l				<10	<10	<10	1,2
Blei	µg/l		<10		<10	<10	<10	0,4
Cadmium	µg/l		<0,5		<1	<1	<1	<0,1
Chrom gesamt	µg/l		<10		<10	<10	<10	0,2
Eisen	mg/l		6		3,3	2,5	3,9	3,6
Kupfer	µg/l		<10		<10	<10	<10	0,6
Mangan	mg/l		1,2		0,88	0,69	0,95	0,855
Nickel	µg/l		<20		<10	<10	<10	6,2
Zink	µg/l		<10		<10	<10	<10	6,0

6.3 Vereinigungsstollen (Witten)

Der *Vereinigungsstollen* befindet sich in der Nähe des *St. Johannes Erbstollens* und nördlich der Burg-ruine Hardenstein am linken Ruhrufer (Bilder 6 und 7). Der Stollen wurde 1803 mit einer Gesamtlän-ge von über 300 m errichtet [19] und diente neben der Wasserlösung auch als Hauptförderstollen von drei Kleinzechen.

Als Abflussmengen wurden 2015 und 2016 witterungsabhängig durch die THGA 1,26 bis 14,6 l/s ent-sprechend 0,04 bis 0,46 Mio. m³/a gemessen. Damit gehört dieser Stollen zu den kleineren Anlagen an der unteren Ruhr, der im Sommer nur sehr wenig Grubenwasser führt. Bei der Begehung am 04.02.2019 wurde durch den Verfasser wieder ein verstärkter Grubenwasserabfluss ermittelt. Nach dem Austritt des Grubenwassers am Stollenmundloch kommt es zu Eisenausfällungen (linkes Foto in Bild 7). Das Grubenwasser fließt in einem etwa 50 m langen offenen Gerinne (Rösche) bis zur Ruhr, wobei im Bereich der Einlaufstelle (rechtes Foto in Bild 7) zur Ruhr keine Eisenausfällungen mehr erkennbar sind.



Bild 7 Mundloch (links) und Einlaufstelle Ruhr (rechts) des Vereinigungsstollens in Witten (Schöpel Februar 2019)

Hinsichtlich der hydrochemischen Daten (Tab. 4) zeigt der *Vereinigungsstollen* eine dem *St. Johannes Erbstollen* sehr ähnliche Wasserzusammensetzung. Hydrogenkarbonat mit 191 bis 336 mg/l und Sulfat mit 175 bis 258 mg/l sind die wichtigsten Anionen, während Chlorid mit sehr niedrigen Konzentrationen zwischen 17 und 22 mg/l vorkommt. Bei den Kationen dominieren die Erdalkalien Calcium mit 54 bis 119 mg/l und Magnesium mit 31 bis 57 mg/l, wogegen das Natrium mit Konzentrationen zwischen 14 und 45 mg/l zurücktritt. Die Eisen-Konzentrationen liegen mit Ausnahme der Probe aus dem Jahre 1980 unterhalb von 0,1 mg/l. Ebenfalls auf niedrigem Niveau sind die Mangan-Konzentrationen und die übrigen Schwermetalle nachweisbar. Die Vor-Ort- Bestimmung des pH-Wertes ergaben Werte zwischen 6,7 und 7,31.

Tabelle 4: *Hydrochemische Daten Vereinigungsstollen*

Entnahmestelle	Dimension	Vereinigungsstollen					
Probenehmer:		Geol. Karte	Wedewardt	Wisotzky al.	THGA	THGA	THGA
Entnahmedatum		24.06.1980	16.10.1992	April 2010	11.06.2015	29.03.2016	26.08.2016
Ablaufmenge	l/s	kein Messw.	kein Messw.	kein Messw.	1,26	14,4	4,2
Vor-Ort-Parameter:							
Wassertemperatur	°C		10,0	11,0	11,2	11,3	11,8
pH-Wert			7,01	6,7	6,95	7,03	7,31
Redox-Potential	Eh				228	183	188
Leitfähigkeit	µS/cm		891	694	735	806	862
Sauerstoffgehalt	mg/l				5,8		5,9
Trübung	FTU						
Labor-Parameter:							
pH-Wert		7,3			7,4	7,8	7,1
Leitfähigkeit bei 25 °C	µS/cm						
Inhaltsstoffe:							
Natrium	mg/l	14	16	36,2	43	44	45
Kalium	mg/l	8	7,4	7,1	7,8	7,2	8,1
Calcium	mg/l	119	100	53,5	70	59	71
Magnesium	mg/l	49	57	30,9	43	36	42
Eisen in Originalprobe	mg/l	27		<0,1			
Mangan in Originlaprobe	mg/l	0,54					
Chlorid	mg/l	21	21	22	17,3	18,8	19,6
Sulfat	mg/l	258	230	175	179	187	202
Hydrogencarbonat	mg/l	336	292	191	270	250	290
Nitrat	mg/l	1	0,69	19,2	4,6	8,2	3,3
Ammonium	mg/l		0,03				
Bor	µg/l		<50		130	130	120
Barium	mg/l		<0,05		0,019	0,017	0,016
Strontium	mg/l		0,45		0,31	0,27	0,37
DOC	mg/l						
Spurenstoffe (filtrierte Probe):							
Arsen	µg/l				<10	<10	<10
Blei	µg/l		<10		<10	<10	<10
Cadmium	µg/l		<0,5		<1	<1	<1
Chrom gesamt	µg/l		<10		<10	<10	<10
Eisen	mg/l		0,4		<0,01	0,014	<0,01
Kupfer	µg/l		<10		<10	<10	<10
Mangan	mg/l		0,46		0,083	0,049	0,11
Nickel	µg/l		<20		<10	<10	<10
Zink	µg/l		<10		<10	<10	<10

6.4 Schlebuscher Erbstollen (Wetter)

Der *Schlebuscher Erbstollen* mit seiner Fortsetzung, dem *Dreckbänker Erbstollen*, gehört zu den wichtigsten Anlagen dieser Art überhaupt in Deutschland (Beginn der Vortriebsarbeiten 1765) und ist mit einer Gesamtlänge von ca. 15 km einschließlich der Nebenörter der längste bekannte Erbstollen im Ruhrrevier [22 und 23]. Diese Erbstollenanlage entwässert bis heute sämtliche ehemaligen Zechen der Herzkämper Mulde mit einem oberirdischen Einzugsgebiet von ca. 40 km² Gesamtfläche. Der Stollen beginnt im Ortsteil Sprockhövel-Herzkamp nahe der Stadtgrenze zu Wuppertal und endet in einem Seitental der Ruhr bei Wetter-Oberwengern.

Bekannt ist der Stollen auch durch die noch heute vorhandene Gezähekammer und dem Fahr-schachtzugang, ca. 200 m südlich der Einleitestelle gelegen, die unter Denkmalschutz stehen (rechtes Foto Bild 8).



Bild 8 Einleitestelle am Stollenbach und Fahrtschacht/Gezähkekammer Schlebuscher Erbstollen in Wetter-Oberwengern (Schöpel Mai 2019)

Die Rösche des *Schlebuscher Erbstollens* endet unterhalb einer Sandsteinplatte am Limbecker Bach/Stollenbach ca. 100 m südwestlich der Oberwengerner Straße (linkes Foto Bild 8), wo das Grubenwasser direkt in den Stollenbach eingeleitet wird. Im Gegensatz zu den meisten Erbstollenanlagen fehlen im Auslaufbereich des Schlebuscher Erbstollens und im weiteren Verlauf des Stollenbachs weitgehend die charakteristischen roten Eisenausfällungen. Ursache hierfür dürfte die Tatsache sein, dass der Eisenfällungsprozess bereits im Erbstollen erfolgt und die Eisenablagerungen nur bei extremen Wasserführungen aus dem Erbstollen ausgespült werden.

Hinsichtlich der Grubenwasserqualität liegen die hydrochemischen Daten von *Wisotzky* [24] und der THGA vor, die eine ausreichend gute Datenlage darstellen, um die Hydrochemie des Grubenwassers aus diesem Erbstollen zu beschreiben.

Die hydrochemischen Daten (Tab. 2) weisen eine Vormacht von Hydrogenkarbonat mit 221 bis 260 mg/l auf. Sulfat liegt bei 67 bis 88 mg/l, während das Chlorid lediglich Konzentrationen von 25 bis 29 mg/l erreicht. Bei den Kationen sind Calcium mit 46 bis 53 mg/l, Magnesium mit 22 bis 26 mg/l und Natrium mit 33 bis 37 mg/l in etwa gleicher Größenordnung vertreten. Die Eisen-Konzentrationen liegen unterhalb von 0,1 mg/l und der pH-Wert schwankt zwischen 6,5 und 7,21. Die Schwermetalle sind mit Ausnahme leicht erhöhter Mangan-Konzentrationen alle unauffällig.

Nach den Mengenmessungen der THGA in den Jahren 2015/2016 wurden Abflussmengen von 114,2 bis 234 l/s entsprechend 3,6 bis 7,4 Mio. m³/a gemessen.

6.5 Vereinigte Gibraltar Erbstollen (Bochum)

Der *Vereinigte Gibraltar Erbstollen* wurde beginnend im Jahre 1830 aufgefahen und befindet sich am rechten Ufer des heutigen Kemnader Stausees in Bochum. Mit einer Gesamtlänge von ca. 2 km diente er nicht nur der Ableitung der Grubenwässer sondern auch der Kohlenförderung, zuletzt der *Zeche Vereinigte Gibraltar*, die im Jahre 1925 stillgelegt wurde. Das Stollenmundloch ist zwar heute noch vorhanden (Bild 9 linkes Bild), aber im Mundlochbereich im unteren Teil zugeschüttet. Vermutlich wurde mit Errichtung des Kemnader Stausees eine Verrohrung vorgenommen, so dass das Grubenwasser heute am Ende eines kleinen Seitenarms des Stausees dort austritt.

Da sich der Rohrauslauf teilweise unterhalb des Wasserspiegels des Kemnader Stausees befindet, sind Mengenmessungen des austretenden Grubenwassers des *Vereinigten Gibraltar Erbstollens* nicht möglich. Deutlich erkennbar sind aber am Rohrauslauf die für die Erb- und Wasserlösungsstollen so typischen Eisenausfällungen (Bild 9, rechtes Bild).



Bild 9 Mundloch und Austrittsstelle des Ver. Gibraltar Erbstollens in Bochum (Schöpel Februar 2019)

Es existieren zwei hydrochemische Untersuchungsergebnisse aus den Jahren 1968 und 2017, die allerdings eine abweichende chemische Zusammensetzung aufzeigen. Ursache hierfür dürfte die unterschiedliche Durchmischung des Grubenwassers mit dem Oberflächenwasser des Stausees sein.

Tabelle 5: Hydrochemische Daten Ver. Gibraltar Erbstollen, Edeltraut Erbstollen und Stollen von Geduld

Entnahmestelle	Dimension	Gibraltar Erbstollen		Edeltraut Erbstollen				Stollen von Geduld		
Probenehmer:		Geol. Karte	THGA	THGA	THGA	THGA	RWE	RWE	RWE	RWE
Entnahmedatum		12.03.1968	31.07.2017	09.06.2015	04.04.2016	23.08.2016	25.07.2018	19.12.2017	03.04.2018	25.06.2018
Ablaufmenge	l/s	kein Messw.	kein Messw.	19,3	60,6	25	33,9	8,0	10,0	8,1
Vor-Ort-Parameter:										
Wassertemperatur	°C		14	14,0	12,9	15,5	13,6	13,6	13,7	13,8
pH-Wert			7,5	7,06	6,99	7,2	7,1	6,6	6,75	7,19
Redox-Potential	Eh		31	25	72	59	-20	-33	-56	-56
Leitfähigkeit	µS/cm		662	749	761	797	707	800	793	773
Sauerstoffgehalt	mg/l		1,3	7,0	5,0	5,1				
Trübung	FTU									
Labor-Parameter:										
pH-Wert		8,4	7,1	7,4	7,9	7,2	7,1	7,6	7,4	7,2
Leitfähigkeit bei 25 °C	µS/cm	775	768	838	776	792				
Inhaltsstoffe:										
Natrium	mg/l	33	19	75	59	73	74,6	90,7	102	98,7
Kalium	mg/l	8	9	12	9,6	10	10,8	10,1	21,2	11,7
Calcium	mg/l	74	97	57	49	55	51,6	49,7	50,5	52,4
Magnesium	mg/l	49	29	30	25	27	25,8	25,5	24,7	26,1
Eisen in Originalprobe	mg/l						2,1	5,1	5,5	5,5
Mangan in Originalprobe	mg/l									
Chlorid	mg/l	34	36,8	18,3	18,8	20,2	18,5	20,3	16,3	16,7
Sulfat	mg/l	183	76	163	138	162	144	150	106	108
Hydrogencarbonat	mg/l	278	350	290	280	290				
Nitrat	mg/l	2	<1	1,1	<1	<1	<0,5	0,25	0,25	0,25
Ammonium	mg/l						0,25	0,18	0,37	0,39
Bor	µg/l		100	140	120	120				
Barium	mg/l		0,048	0,023	0,023	0,024				
Strontium	mg/l		0,54	0,36	0,28	0,32				
DOC	mg/l						1,4	1,3	1,2	0,7
Spurenstoffe (filtrierte Probe):										
Arsen	µg/l		<10	<10	<10	<10				
Blei	µg/l		<10	<10	<10	<10				
Cadmium	µg/l		<1	<1	<1	<1				
Chrom gesamt	µg/l		<10	<10	<10	<10				
Eisen	mg/l		0,76	2,7	1,2	2,0	2,0	4,1	4,3	4,6
Kupfer	µg/l		<10	<10	<10	<10	<5	2,5	2,5	2,5
Mangan	mg/l		0,55	1,0	0,76	0,83	0,81	0,47	0,47	0,49
Nickel	µg/l		<10	<10	<10	<10				
Zink	µg/l		<10	<10	<10	<10	<10	5	5	5

Die wichtigsten Kationen sind die Erdalkalien Calcium mit 74 bzw. 97 mg/l und Magnesium mit 29 bzw. 49 mg/l, während Natrium lediglich mit 19 bzw. 33 mg/l vorkommt. Bei den Anionen sind hauptsächlich Hydrogencarbonat mit 278 bzw. 350 mg/l und Sulfat mit 76 bzw. 183 mg/l bestimmt

worden, während Chlorid lediglich Konzentrationen von 34 bis 37 mg/l erreicht. Bei Eisen wurde eine Konzentration von 0,76 mg/l ermittelt und der pH-Wert liegt bei 7,1 bzw. 8,4. Mit Ausnahme des Mangans liegen die übrigen Schwermetalle unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze und sind damit unauffällig.

6.6 Edeltraut Erbstollen und Stollen von Geduld (Hattingen/Sprockhövel)

Sowohl der *Edeltraut Erbstollen* als auch der *Stollen von Geduld* führen noch heute hauptsächlich die Grubenwässer der ehemaligen bedeutenden Zeche *Alte Haase* sowie verschiedener Kleinzechen im Sprockhöveler Stadtgebiet ab.

Edeltraut Erbstollen

Mit dem Vortrieb des *Edeltraut Erbstollens* wurde 1858 begonnen. Der Stollen wurde 1861 von der Zeche *Alte Haase* zur Ableitung der dort anfallenden Grubenwässer übernommen und erreichte 1864/65 eine Gesamtlänge von ca. 600 m. Seit der Stilllegung und Flutung des Grubengebäudes der Zeche im Jahre 1965 fließt über untertägige Verbindungsstrecken bis heute weiterhin das dort anfallende Grubenwasser über diesen Erbstollen in den Sprockhöveler Bach oberhalb von Hattingen ab.



Bild 10 Mundloch Edeltraut Erbstollen und Einleitestelle Sprockhöveler Bach (Schöpel Februar 2019)

Der im Mundlochbereich verrohrte Erbstollen DN 1.000 mündet an einer Terrassenkante des Sprockhöveler Tales unterhalb der Ortschaft Niedersprockhövel (Bild 10, linkes Bild). Anschließend wird das Grubenwasser des *Edeltraut Erbstollens* über eine Rohrleitung durch die Talniederung geführt und endet direkt am Sprockhöveler Bach, dort erkennbar an den typischen Eisenhydroxid-Ausfällungen, die auch im Bachbett unterhalb der Einleitestelle zu finden sind (Bild 10, rechtes Bild).

Nach Unterlagen der RWE [27] treten Grubenwasserabflüsse zwischen 30 und ca. 325 l/s im Zeitraum 2016 bis 2018 auf, was Jahresmengen zwischen 0,95 und 10,2 Mio. m³/a entspricht (Bild 11). Die Grubenwasserabflüsse dieses Erbstollens sind offensichtlich stark abhängig zu Niederschlagsereignissen und nehmen in der Winterzeit der beiden Jahre 2016/2017 und 2017/2018 zu, während im Herbst, bedingt durch die Sommertrockenheit, die niedrigsten Abflüsse registriert wurden. Nach den Ergebnissen der Abflussmessungen dürfte der Erbstollen im Mittel etwa 2,8 Mio. m³ Grubenwasser führen. Die Zuflüsse von Grubenwasser sind nicht nur für die Wasserführung des Sprockhöveler Baches erheblich, sondern machen sogar unterhalb der Einleitestelle den Hauptanteil der Bachwasserführung aus.

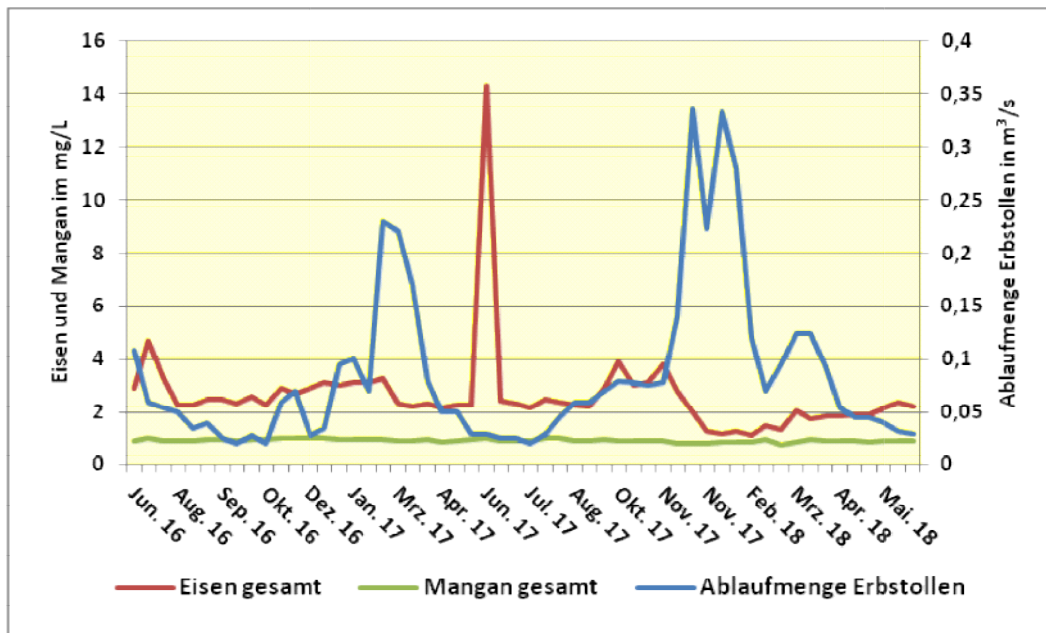


Bild 11 Ablaufmengen Grubenwasser Edeltraut Erbstollen mit Eisen und Mangan-Konzentrationen (Schöpel 2019, Datenbasis: RWE 2018)

Nach den hydrochemischen Untersuchungsergebnissen (Tab. 5) sind bei den Anionen Hydrogenkarbonat mit 280 bis 290 mg/l und Sulfat mit 138 bis 163 mg/l als wichtigste Bestandteile im Wasser vorhanden. Das Chlorid liegt dagegen mit 18 bis 20 mg/l auf einem niedrigen Niveau. Bei den Kationen wurden Calcium mit 49 bis 57 mg/l, Magnesium mit 25 bis 38 mg/l und Natrium mit 59 bis 75 mg/l nachgewiesen. Die Eisen-Konzentrationen wurden mit 1,2 bis 2,7 mg/l bestimmt. Aus Bild 10 ist aber erkennbar, dass kurzzeitig höhere Eisen-Gehalte bis zu 14 mg/l im Grubenwasser auftreten können, vermutlich verursacht durch Austräge von Eisenhydroxid-Ablagerungen aus dem Stollen. Die pH-Werte schwanken zwischen 6,99 bis 7,2. Die übrigen Schwermetall-Konzentrationen sind mit Ausnahme des Mangans alle unauffällig.

Stollen von Geduld

Mit der Errichtung des *Stollens von Geduld* wurde im Jahre 1837 begonnen. Dieser Stollen diente zunächst der Zeche *Geduld* als Förder- und Wasserlösungsstollen und später zusätzlich auch zur Wasserlösung der Zeche *Alte Haase*. Die Austrittsstelle dieses Wasserlösungsstollens liegt im Paasbachtal oberhalb des Hauses Theresia und führt noch heute neben dem Edeltraut Erbstollen Grubenwasser aus der ehemaligen Zeche *Alte Haase* in Sprockhövel ab. Das Grubenwasser wird über eine Rohrleitung in den Bach abgeleitet (Bild 12), in der Örtlichkeit gut erkennbar an den typischen Eisenausfällungen.

Im Vergleich zum *Edeltraut Erbstollen* sind die Abflussmengen dieses Wasserlösungsstollens deutlich geringer und erreichen nach mündlicher Auskunft der RWE durchschnittliche Ablaufwerte von bis zu 15 l/s, was einer Jahresmenge von ca. 0,47 m³/a entspricht.

Die hydrochemischen Befunde des *Stollens von Geduld* (Tab. 5) weisen bei den Kationen Calcium mit 50 bis 52 mg/l, Magnesium mit 25 bis 26 mg/l und Natrium mit 91 bis 102 mg/l auf. Bei den Anionen sind Sulfat mit 108 bis 150 mg/l und Chlorid mit 16 bis 20 mg/l vertreten. Das Hydrogenkarbonat wurde nicht untersucht, dürfte aber auch hier wie im benachbarten *Edeltraut Erbstollen* höhere Konzentrationen von über 200 mg/l erreichen. Die Eisen-Konzentrationen liegen bei 4,1 bis 4,6 mg/l und der pH-Wert schwankt zwischen 6,6 bis 7,1. Die Schwermetalle sind mit Ausnahme leicht erhöhter Mangan-Werte unauffällig.



Bild 12 Stollen von Braut mit Einleitestelle im Passbach (Schöpel 2019)

7. Hydrochemische Reaktionen im Untergrund

Bei den Grubenwässern aus dem Altbergbau handelt es sich um Grundwässer meteorischen Ursprungs, die bei der Versickerung der Niederschlagswässer (Bild 3) in den Untergrund bzw. in die alten Grubenbauten oder Gesteinsklüften des oberflächennahen Steinkohlenbergbaus eingedrungen sind („vadose“ Wässer). Bei dem Kontakt des mit Luftsauerstoff gesättigten Niederschlagswassers mit den Mineralien des Ruhrkarbons kommt es zu verschiedenen geochemischen Reaktionen und damit Freisetzungen von wasserlöslichen Inhaltsstoffen aus den Gesteinen.

7.1 Allgemeine Grundlagen

Die Zusammensetzung der Grund- und Grubenwässer in den oberflächennah anstehenden Gesteinsschichten des Ruhrkarbons im südlichen Ruhrrevier wird maßgeblich durch die im Untergrund sich abspielende Verwitterungs- und Lösungsvorgänge beeinflusst und lässt sich nach langjährigen Freilandlysimeter-Versuchen mit Nebengesteinen aus dem Steinkohlenbergbau auf folgende vier wesentliche Reaktionsprozesse zurückführen [28 und 29]:

- Lösung
- Ionenaustausch
- Oxidation
- Pufferreaktion

Diese Reaktionen bewirken zeitlich unterschiedliche Stoffmobilisierungen und Zusammensetzungen der Grubenwässer, auf die im Folgenden näher eingegangen wird. Von Bedeutung sind insbesondere die Kohlensäureverwitterung, die Pyritoxidation sowie die Särepufferung, die maßgeblich Einfluss auf die jeweilige Zusammensetzung und pH-Werte der Grund- und Grubenwässer haben.

Insbesondere die Oxidationsprozesse werden hierbei durch die mikrobielle Tätigkeit von Bakterien gesteuert (Bild 13). Bei reduzierenden Verhältnissen, die allerdings erst in tieferen Gesteinsschichten

im Ruhrkarbon vorherrschen, können umgekehrt bestimmte Bakterien („Sulfatreduzierer“) auch das im Grubenwasser vorkommende Sulfat zu Schwefelwasserstoff reduzieren.

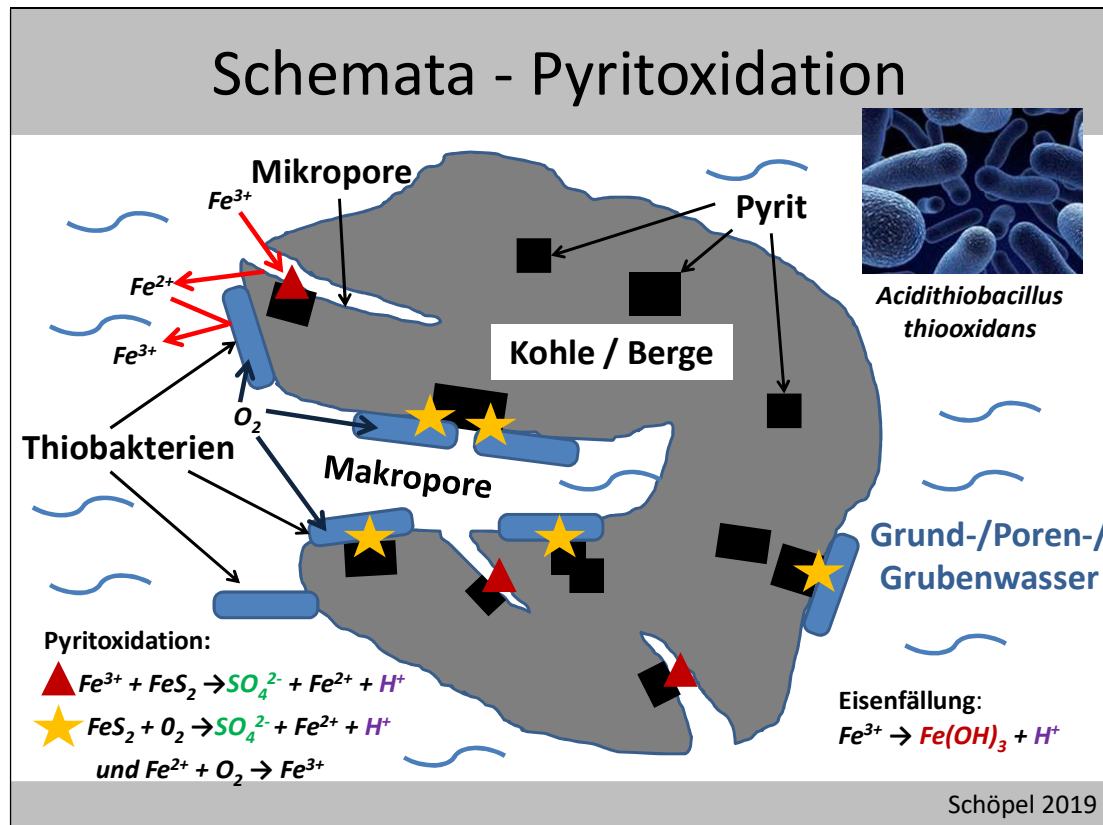


Bild 13 Schemata der mikrobiellen Pyritoxidation (Schöpel 2019)

7.2 Lösung und Ionenaustausch

Bei diesem Prozess handelt es sich um die Mobilisierung von in den Gesteinen vorhandenen leicht löslichen Salzen, hauptsächlich NaCl und wasserlösliche Sulfate, die mit dem Sickerwasser herausgelöst werden und so in das Grubenwasser gelangen. Da die oberflächennahen Gesteine des Oberkarbons im Südraum des Ruhrreviers einer über längere geologische Zeiträume bestehenden hohen Aktivität am Wasserkreislauf ausgesetzt waren, sind die löslichen Salze bereits weitgehend aus den Gesteinen herausgelöst worden, so dass die Grund- bzw. Grubenwässer im deckgebirgsfreien südlichen Ruhrrevier im Vergleich zu den Tiefenwässern des mittleren und nördlichen Reviers salzarm sind und mit wenigen Ausnahmen daher sehr niedrige Chlorid-Konzentrationen aufweisen.

Bei diesen salzarmen Wässern des flözführenden Oberkarbons kommt es häufig zu Kationenaustauschvorgängen zwischen den Erdalkalien Calcium und Magnesium mit dem Natrium, so dass diese Kationen in unterschiedlichen Konzentrationen in den Grund- und Grubenwässern nachweisbar sind. Nach Untersuchungen von Klinger [30] an Nebengesteinen des Ruhrkarbons dienen hierbei die in den Tonsteinen häufig vorhandenen Tonminerale Illit, Kaolinit, Chlorit und Smektit als Austauscher, während die Sandsteine und die Kohle selbst eine deutlich geringere Kationenaustauschkapazität aufweisen (Tab. 6).

Tabelle 6: Kationenaustauschkapazität (KAK) des Ruhrkarbons (nach Klinger 1994)

Gesteinsart	Sandsteine	Tonsteine	Kohlen
KAK in mmol(eq.)/kg	20	60	4

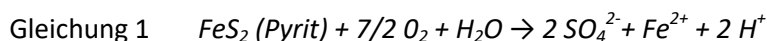
7.3 Oxidation (Pyritoxidation)

In dem südlichen Bereich des Steinkohlengebirges sind dort, wo die Gesteinsschichten ohne Deckgebirgsschichten anstehen, grundsätzlich zwei unterschiedliche Milieus vorhanden. In den oberflächennahen Zonen aber auch in den durch den ehemaligen Bergbau noch heute gut belüfteten Grubenbereichen herrschen in Folge des Zutritts von Sauerstoff aus der Atmosphäre aerobe Bedingungen vor, wo unter Reaktion der eindringenden sauerstoffhaltigen Sicker- und Grubenwässer Oxidationsprozesse ablaufen, die bedeutende geochemische Umsetzungen [31] verursachen und damit die Zusammensetzung der Grund- und Grubenwässer über längere Zeiträume hinweg maßgeblich bestimmen.

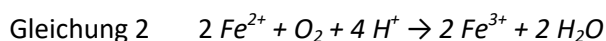
Ist der Sauerstoff verbraucht, kommt es in den tieferen Zonen des unverritzten Gebirges aber auch generell in den tieferen Zonen des ehemaligen Steinkohlenbergbaus zu einer Umkehr der Prozesse und es herrschen hier reduzierende also anaerobe Verhältnisse vor.

Wichtigster Motor der geochemischen und mineralogischen Umsetzungen in der oberen aeroben Zone ist die Pyritoxidation, wobei dieser Prozess Pyrit als wichtigsten Vertreter der Sulfidminerale benennt, aber durchaus auch andere sulfidische Mineralverbindungen umfasst. Die oberkarbonischen Gesteine enthalten im Ruhrrevier etwa 1 bis 2 % Sulfidminerale [28 und 29], wobei diese Gehalte durchaus schwanken können und damit das Oxidationspotenzial in Abhängigkeit der lokalen geologischen Verhältnisse stark beeinflusst wird.

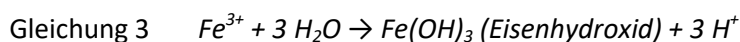
Die Pyritoxidation unter Beteiligung der Atmosphärischen Wasser und Luftsauerstoff hat die Freisetzung von Sulfat, gelöstem zweiwertigem Eisen und H^+ -Ionen in einem ersten Reaktionsschritt zur Folge (Gleichung 1).



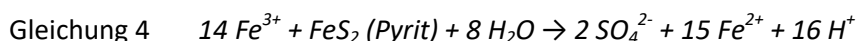
Unter Beteiligung von Mikroorganismen (*Acidithiobacillus thiooxidans* u.a.) können unter aeroben Bedingungen die freigesetzten Fe^{2+} -Ionen zu Fe^{3+} -Ionen in einem Folgeschritt weiter oxidiert werden (Gleichung 2).



Das dreiwertige Eisen fällt als Eisenhydroxid aus (Gleichung 3) oder reagiert, abhängig vom pH-Wert wiederum mit dem Pyrit, wobei analog der Gleichung 1 zweiwertiges Eisen und H^+ -Ionen freigesetzt werden (Gleichung 4).



Bei pH-Werten oberhalb von 3,5 fällt dabei Eisenhydroxid aus (Gleichung 3), wobei wiederum H^+ -Ionen freigesetzt werden, die den pH-Wert des Wassers weiter herabsetzen.



Bei niedrigeren pH-Werten reagiert stattdessen das dreiwertige Eisen mit dem Pyrit unmittelbar und es entstehen Sulfat und zweiwertiges Eisen.

Aus der Gesamtreaktion der Pyritoxidation werden somit Sulfat, zwei- und dreiwertiges Eisen sowie H^+ -Ionen freigesetzt, wobei letztere zu einer Versauerung der Grubenwässer führen würden, soweit diese durch Folgereaktionen der Wässer mit anderen Mineralien im Gestein nicht abgepuffert werden. Bei Freilandlysimeter-Versuchen mit Nebengesteinen der Steinkohle [28 und 29] konnte nachgewiesen werden, dass die Freisetzung von Sulfaten aus der Pyritoxidation abhängig von Herkunft, Körnung und Säurepufferungsvermögen der Gesteine ist (Bild 14). Während dieser Oxidationsprozess bei verschiedenen Nebengesteinen (im Bergbau auch Berge genannt) mit der Zeit kontinuierlich abnimmt, zeigen andere Berge dagegen eine Zunahme der Sulfatfrachten. Damit verbunden ist eine

erhebliche Freisetzung von H^+ -Ionen und entsprechend der oben beschriebenen Reaktionsgleichung 4 ist eine Abnahme der pH-Werte unter 3,5 feststellbar.

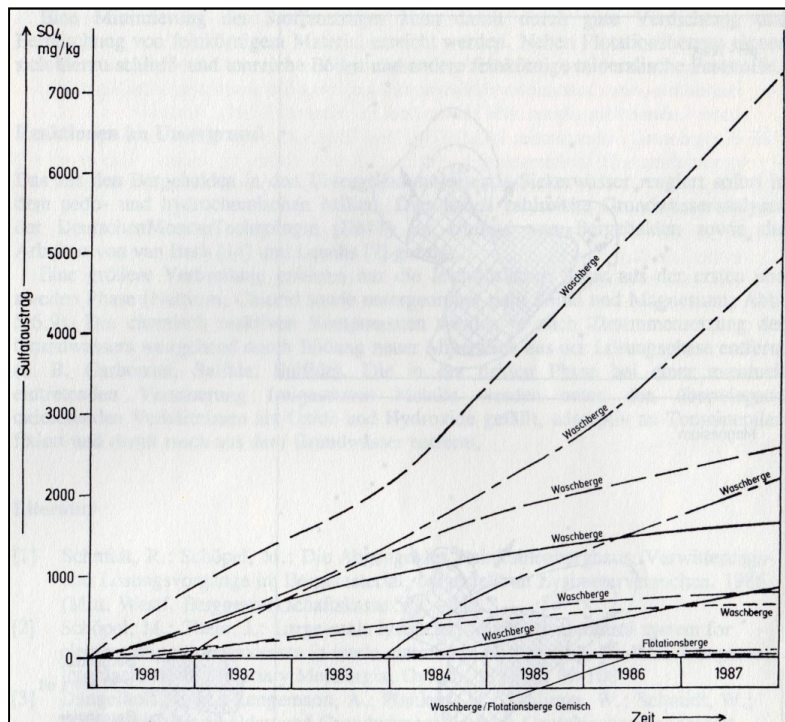
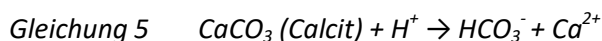


Bild 14 Sulfataustrag aus Nebengesteinen des Steinkohlenbergbaus im Freilandlysimeter-Versuch (nach Schöpel & Thein 1991)

7.4 Säurepufferung

Die bei der Pyritoxidation freigesetzten H^+ -Ionen reagieren insbesondere mit den im Ruhrkarbon vorhandenen Karbonaten (Calcit, Magnesit, Siderit) und untergeordnet mit anderen Mineralien wie Tonminerale und werden dabei abgepuffert. An dieser Stelle ist die Reaktion von Karbonaten am Beispiel von Calcit in Gleichung 5 genannt, die für die Gesteinseinheiten des flözführenden Oberkarbons die größte Bedeutung hat.



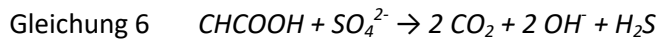
Bei dieser Reaktion entstehen Hydrogencarbonat- und Calcium-Ionen, die dann im Wasser freigesetzt werden. Dieses Puffersystem ist in pH-Bereichen oberhalb von 6,2 wirksam, bei niedrigen pH-Werten existieren weitere Puffersysteme [28 und 29], auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll. Die Karbonatgehalte der Nebengesteine der Steinkohleschichten schwanken zwischen 2 und 10 %. Sie können damit über längere Zeiträume bzw. dauerhaft die aus der Pyritoxidation freigesetzten H^+ -Ionen abpuffern.

Außer Eisen und Mangan werden die übrigen Schwermetalle erst bei niedrigen pH-Werten unterhalb von $pH = 4$ in relevanten Konzentrationen aus den Nebengesteinen des Ruhrkarbons mobilisiert, wobei Zink, Cadmium, Kupfer, Blei, Chrom und eingeschränkt das Arsen in ansteigenden Konzentrationen nach den Ergebnissen der oben erwähnten Freilandlysimeter-Versuche freigesetzt werden können.

7.5 Sulfatreduktion

Ist der Sauerstoff im Untergrund durch die oben beschriebenen Oxidationsprozesse oder auch durch mikrobiellen Abbau verbraucht, kann das vorher aus dem Gestein durch Oxidation freigesetzte Sulfat

unter anaeroben Bedingungen durch spezielle Mikroorganismen wiederum zu Sulfid reduziert werden, wobei in diesem Fall gasförmiges Schwefelwasserstoff entsteht (Gleichung 6).



Puchelt [8] konnte 1964 in verschiedenen tiefen Grubenwässern des Ruhrreviers diese sulfatreduzierenden Bakterien nachweisen. Dieser durch die Bakterien hervorgerufene Abbau von Sulfat führt dazu, dass die Tiefenwässer im Ruhrbergbau weitgehend sulfatfrei sind. Typischerweise besitzen die Grubenwässer verschiedener Bergwerke oder auch Wasserhaltungen der RAG (z. B. *Robert Müser*) nach ihrer Hebung auch heute noch Schwefelwasserstoff in der Grubenabluft. Der Autor dieses Beitrages konnte bei seiner Beprobung des *St. Johannes Erbstollens* im Oktober 2018 in der ausströmenden Grubenluft am Stollenmundloch einen allerdings sehr schwachen H₂S-Geruch feststellen, wohingegen die Wasserprobe geruchsfrei war.

8. Auswirkungen auf die Ruhrwassergüte

Zunächst werden in einem ersten Abschnitt dieses Kapitels die bestehenden Auswirkungen der Grubenwassereinleitungen der bestehenden Wasserhaltungsmaßnahmen *Robert Müser*, *Friedlicher Nachbar* und *Heinrich* der RAG an der Ruhr auf die Ruhrwasserqualität beschrieben, während anschließend die Auswirkungen des Altbergbaus durch die Einleitungen von Grubenwasser aus den noch existierenden Erb- und Wasserlösungsstollen näher betrachtet werden. Zuletzt werden in diesem Kapitel die Anforderungen der Ruhrwasserwerke an die Qualität der Einleitungen von Grubenwässern in die Ruhr bzw. Nebengewässer genannt und bewertet.

Tabelle 7: Qualitätsdaten zu den Einleitungen von Grubenwasser der RAG in die Ruhr (Daten Bezirksregierung Arnsberg 2013)

Entnahmestelle	Dimension	Robert Müser			Friedlicher Nachbar	Heinrich	Anforderung TrinkwV
Entnahmedatum		25.07.2013	06.08.2013	14.08.2013	25.07.2013	25.07.2013	
Labor-Parameter:							
pH-Wert		7,42	7,28	7,19	7,18	7,19	6,5 - 9,5
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	6410	6330	6320	2580	2620	2790
Inhaltsstoffe:							
Natrium	mg/l	1070	1150	1180	389	382	200
Kalium	mg/l	21	21	22	14	14	
Calcium	mg/l	129	128	120	89	91	
Magnesium	mg/l	55	55	54	47	38	
Eisen in Originalprobe	mg/l	3,1	11	15	1,9	24	0,2
Mangan in Originlaprobe	mg/l	0,29	0,4	0,42	0,44	0,36	0,05
Chlorid	mg/l	1650	1640	1630	287	456	250
Sulfat	mg/l	80	85	76	247	205	
Hydrogencarbonat	mg/l	960	992	995	853	582	
Nitrat	mg/l	<1	1	1	<1	<1	50
Ammonium	mg/l	1,2	1,2	1,3	0,69	0,39	0,5
Bor	mg/l	0,71	1,2	1,1	0,43	0,29	
Barium	mg/l	1,1	1,1	0,93	0,06	0,53	
Strontium	mg/l	5,1	5,7	5,7	1,3	2	
DOC	mg/l	<2	<2	<2	<2	<2	
PCB gesamt	µg/l	<nwg*	<0,01	<nwg*	<nwg*	<nwg*	
Spurenstoffe (filtrierte Probe):							
Arsen	µg/l	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,003	0,010
Blei	µg/l	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,11	0,010
Cadmium	µg/l	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
Chrom gesamt	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,050
Kupfer	µg/l	0,03	0,05	0,38	<0,01	0,06	2
Nickel	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
Zink	µg/l	0,18	0,05	0,32	0,04	5,1	

* >nwg = unterhalb der Nachweisgrenzen

8.1 Wasserhaltungen der RAG an der Ruhr

Auf Basis einer von der Bezirksregierung Arnsberg in 2013 beauftragten Sonderuntersuchung wurden Qualitätsdaten zu den drei bestehenden Grubenwassereinleitungen an der Ruhr erhoben [32]. Die wichtigsten Qualitätsparameter dieser Untersuchungen sind in der Tab. 7 zusammengefasst.

Demnach weisen diese Grubenwassereinleitungen vor allem hohe Chlorid- und Natrium-Gehalte auf, die z. T. die in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) genannten Grenzwerte um das 5-fache überschreiten. Diese beiden Parameter bewirken zudem die hohen Leitfähigkeiten in den Grubenwässern. Erhöht sind weiterhin die Hydrogenkarbonate und bei den beiden Grubenwässern der Wasserhaltungen *Friedlicher Nachbar* und *Heinrich* zudem die Sulfate. Bei den Schwermetallen werden bei Eisen und Mangan höhere Konzentrationen gemessen, die oberhalb der jeweiligen Grenzwerte der TrinkwV liegen, wogegen die übrigen Schwermetalle mit einzelnen Ausnahmen weitgehend unauffällig sind und unterhalb der jeweiligen Grenzwerte der TrinkwV bleiben. Mit Ausnahme einer Grubenwasserprobe aus der Einleitung *Robert Müser*, wo einzelne PCB-Kongenerne im niedrigen Bereich nachgewiesen wurde, waren alle übrigen Grubenwässer hinsichtlich PCB unauffällig.

Bevor die Grubenwässer der RAG-Wasserhaltungen in die Ruhr eingeleitet werden, durchströmt das Wasser zunächst Becken bzw. Teiche, wo es unter Zutritt von Sauerstoff zu einer natürlichen Eisenausfällung bzw. zu Ausgasung von Grubengas (u. a. Schwefelwasserstoff) kommt. Eine gezielte Aufbereitung des Grubenwassers zur Entfernung von Eisen analog den Verhältnissen im Ibbenbürener Steinkohlenrevier existiert an der Ruhr allerdings bis heute nicht.

Tabelle 8: Vergleich der Chlorid-Konzentrationen und -frachten der Grubenwassereinleitungen der RAG und der unteren Ruhr (Daten aus [33 und 34])

Standort	Jahr	Grubenwasser- menge	Chlorid Grubenwasseranteil		Chlorid Ruhr*		
			Jahresmittelwert	Jahresfracht	Jahresmittelwert	Jahresfracht	Anteil Grubenwasser
			in mg/l	in t/a	in mg/l	in t/a	in %
Robert Müser	2013	7,3	1593	11.600			
	2014	6,8	1737	11.800			
	2015	7,2	1796	12.900			
	2016	7,2	1420	10.200			
Friedlicher Nachbar	2013	5,3	285	1.500			
	2014	5,7	298	1.700			
	2015	7,0	268	1.900			
	2016	8,4	278	2.300			
Heinrich	2013	14,0	461	6.500			
	2014	12,5	469	5.900			
	2015	14,3	390	5.600			
	2016	15,7	238	3.700			
Summe Ruhr	2013	26,6		19.600	57	101.400	19,3
	2014	25,0		19.400	45	70.700	27,4
	2015	28,5		20.400	48	89.800	22,7
	2016	31,3		16.300	49	104.900	15,5

* = Geometrisches Jahresmittel für Gütemessstelle Essen-Rellinghausen und Jahresabflussmenge Pegel Hattingen

In der Tabelle 8 sind die Chlorid-Frachten der Grubenwassereinleitungen der RAG der Jahre 2012 bis 2016 und die entsprechenden Gesamt-Chloridfrachten der unteren Ruhr aufgeführt. Demnach stammen in dem betrachteten Zeitraum ca. 16 bis 27 % der Gesamtfracht an Chlorid der Ruhr (70.700 bis 104.900 t/a in Essen-Rellinghausen) aus den drei Grubenwassereinleitungen (16.300 bis 20.400 t/a) der RAG.

8.2 Erb- und Wasserlösungsstollen des Altbergbaus

In Tabelle 9 sind für die in diesem Bericht betrachteten Erb- und Wasserlösungsstollen die vorliegenden Mengenangaben der Abflussmessungen mit den Minimal- und Maximalwerten in l/s bzw. den entsprechenden Jahreswerten aufgeführt.

Tabelle 9: Abflussmessungen verschiedener Erb- und Wasserlösungsstollen

Anlage	Minimalwert		Maximalwert	
	l/s	Mio. m ³ /a	l/s	Mio. m ³ /a
Dimension				
Franziska Erbstollen	47,8	2,1	207	6,5
St. Johannes Erbstollen	15	0,47	131	4,1
Vereinigungsstollen	1,26	0,04	14,6	0,46
Schlebuscher Erbstollen	114,2	3,6	234	7,4
Gibraltar Erbstollen	keine Messwerte vorhanden			
Edeltraut Erbstollen	30	0,95	325	10,3
Stollen von Geduld			15	0,47

Aufgrund der Tatsache, dass nur zu wenigen Anlagen Daten zu den Abflusswerten vorliegen bzw. kontinuierliche Messeinrichtungen zur Aufzeichnung der Ablaufmengen nahezu überall fehlen, ist eine Abschätzung der aus Erb- und Wasserlösungsstollen in die Ruhr bzw. ihrer Nebenbäche zufließenden Grubenwässer äußerst schwierig. Alleine die Tatsache, dass die Summe der Maximalwerte der in Tabelle 9 genannten Anlagen ca. 29 Mio. m³ beträgt, zeigt aber, dass diese Einleitungsmengen nicht unbedeutend für die untere Ruhr sind. Es bleibt daher abzuwarten, was die zukünftigen Auswertungen der Forschungsstelle Nachbergbau der THGA dazu oder Untersuchungen der AWWR und anderer Stellen noch ergeben werden. Die Gesamtmenge aller Einleitungen an der unteren Ruhr dürfte nach einer Schätzung des Verfassers dieses Berichtes jährlich im Mittel bei 25 Mio. m³/a liegen.

In der Tabelle 10 sind sämtliche in diesem Bericht für die Erb- und Wasserlösungsstollen die im Bericht beschriebenen Minimal-, Maximal- und Mittelwerte von wichtigen physikalischen und chemischen Parametern aufgeführt. Zum Vergleich sind außerdem die von der THGA veröffentlichten Mittelwerte [15] genannt. Bemerkenswert ist hierbei, dass sich die Mittelwerte beider Auswertungen mit Ausnahme der pH-Werte bei allen Parametern nur unwesentlich unterscheiden.

Im Gegensatz zu den im Kapitel 8.1 beschriebenen Grubenwassereinleitungen der RAG sind die Grubenwässer der Erb- und Wasserlösungsstollen deutlich salzärmer, erkennbar an den niedrigen Chlorid-Gehalten der Wässer, die im Mittel aller Stollen bei etwa 28 mg/l liegen (Tabelle 10). Die Chlorid-Konzentration der unteren Ruhr bei Essen-Rellinghausen betrug 2017 im geometrischen Jahresmittel ca. 48 mg/l, so dass die Grubenwässer aus dem Altbergbau im Gegensatz zu den Wasserhaltungen der RAG nicht zu einer Erhöhung der Chlorid-Gehalte der Ruhr sondern eher zu einer Verdünnung beitragen. Bei der angenommenen mittleren Grubenwassermenge aller Erb- und Wasserstollen von 25 Mio. m³/a gelangen jährlich ca. 700 t Chloride über diese Stollen in die Ruhr bzw. in die Nebenbäche und machen damit weniger als 1% der Chlorid-Gesamtfracht der Ruhr aus.

Die Zusammensetzung der Grubenwässer des Altbergbaus wird, wie oben bereits gesagt, maßgeblich durch die Kohlensäureverwitterung, Pyritoxidation, Pufferreaktionen und Ionenaustausch bestimmt. Hierbei handelt es sich um erdalkalische (Calcium und Magnesium) Wässer mit teilweise erhöhten Natrium-Gehalten, die bei den Anionen vorrangig höhere Hydrogenkarbonat- und Sulfat-Gehalte aufweisen. Typisch für diese Wässer sind außerdem niedrige Sauerstoff-Gehalte, erhöhte Eisen- und Mangan-Gehalte sowie teilweise leicht erniedrigte pH-Werte. Bei den Stickstoff-Verbindungen erreichen die Nitrat-Gehalte überwiegend nur niedrige Gehalte, während Ammonium in vielen Grubenwässern leicht erhöht ist. Die vorliegenden wenigen Daten zum gelösten organisch gebundenen Koh-

lenwasserstoff (DOC) weisen im Vergleich zu normalen Grund- und Oberflächenwässern vergleichsweise niedrige Konzentrationen auf.

Tabelle 10: Wasserqualität der Erb- und Wasserlösungsstollen im Vergleich zu Zielwerten des Ruhrwassers und Grenzwerten des Trinkwassers

Vergleich der Qualität der Grubenwässer mit Ziel- und Grenzwerten							
Parameter	Dimension	Erb- und Wasserlösungsstollen Ruhrrevier				Zielwert Europ. Fließgew. Memorandum 2013	Grenzwert Trinkwasser (TrinkwV)
		Minimalwert	Maximalwert	Mittelwert	Mittelwert FHGA [15]		
Wassertemperatur bei Probenahme	°C	10,0	16,2	12,6	13,0	25,0	
pH-Wert bei Probenahme		6,5	7,5	6,96	7,58	7 - 9	6,5 - 9,5
Sauerstoff bei Probenahme	mg/l	1,3	7,5	4,7		>8	
Leitfähigkeit 25 °C	µS/cm	545	1432	843	853	700	2170
Natrium	mg/l	11,5	190	62	66		200
Calcium	mg/l	46	119	70	75		
Magnesium	mg/l	22	78	35	28		
Eisen	mg/l	0,014	27	3,8	2,2		0,2
Mangan	mg/l	0,049	1,2	0,53	0,48		0,05
Chlorid	mg/l	16	64	28	46	100	
Sulfat	mg/l	67	360	175	144	100	250
Hydrogenkarbonat	mg/l	188	570	306	288		
Nitrat	mg/l	0,25	19,2	3,2	4,1	25	50
Ammonium	mg/l	0,03	0,39	0,19		0,3	0,5
DOC	mg/l	0,7	1,4	1		3	
		= unauffällige Werte				= erhöhte Werte	

Die Zusammensetzung der Grubenwässer aus den Erb- und Wasserlösungsstollen ist vor allem ein Produkt der Intensität der Pyritoxidation und der geochemischen Folgereaktionen mit der Säureabpufferung und dem Ionenaustausch (siehe hierzu auch Kapitel 7). Mit zunehmender Intensität steigen insbesondere die Sulfat- und Eisen-Konzentrationen an, wobei die pH-Werte als Folge der Ausfällung von Eisenhydroxiden erniedrigt werden. Eine generelle Versauerung der Wässer aus dem Altbergbau im Ruhrrevier ist allerdings bis heute nicht zu erkennen. Der Verfasser dieses Berichtes geht weiterhin davon aus, dass der Fällungsprozess von Eisenhydroxiden nicht nur auf die Austrittsbereiche der Stollenmundlöcher beschränkt ist, sondern vielmehr auch die untertägigen wasserführenden Bereiche der Erb- und Wasserlösungsstollen betrifft und zu den bereits erwähnten erniedrigten pH-Werten im Grubenwasser im untertägigen Bereich führen können. Insbesondere in solchen Situationen, wo durch größere Niederschlagsereignisse oder durch Freispülen von aufgestauten Wässern ein stark erhöhter oder schwallartiger Austritt von Grubenwasser am Stollenmundloch auftritt, werden durch die stark erhöhte Fließgeschwindigkeiten die in den Erb- und Wasserlösungsstollen vorher absedimentierten Eisenhydroxid-Ausfällungen mobilisiert und damit freigesetzt. Diese können temporär eine intensive Rotfärbung der angeschlossenen Gewässer (Nebenbächen bzw. Ruhr) bewirken.

Eine Abnahme der Pyritoxidation und ihrer Folgeprozesse ist nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen bisher nicht ersichtlich. Die Erfahrungen aus dem Ibbenbürener Steinkohlenrevier zeigen deutlich, dass in Bereichen des Altbergbaus sehr wohl saure Grubenwässer auftreten können und damit grundsätzlich auch für das Ruhrrevier eine Versauerung dieser Wässer nach dem derzeitigen Untersuchungsstand nicht ausgeschlossen werden kann.

8.3 Zielwerte für die Qualität des Ruhrwassers

Für die Bewertung der Wasserqualität der aus den Einleitungen der Erb- und Wasserlösungsstollen stammenden Grubenwässer wurden die Zielwerte des Europäischen Fließgewässermemorandums [35] sowie die entsprechenden Grenzwerte der gültigen TrinkwV [36] herangezogen (Tabelle 10). Demnach überschreiten die Grubenwässer bei den Parametern pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoff, Sulfat und Ammonium teilweise die Zielwerte des Europäischen Fließgewässermemorandums bzw. halten diese nicht immer ein. Zwar sind in diesem Memorandum für Eisen und Mangan keine Zielwerte genannt, jedoch werden die in der TrinkwV genannten Grenzwerte für Trinkwasser bei beiden Parametern häufig von den Grubenwässern aus dem Altbergbau überschritten.

Die in den Grubenwassereinleitungen des Altbergbaus teilweise gemessenen niedrigeren pH-Werte unter 7,0 haben offensichtlich keine Auswirkungen auf die Ruhrwasserqualität, da nach den vorliegenden Auswertungen in den Ruhrgüteberichten der letzten Jahre die pH-Werte der Ruhr in dem relevanten Abschnitt zwischen dem Hengsteysee und Essen-Rellinghausen nur unwesentlich verändert sind [34].

Auch die übrigen Parameter wie die Leitfähigkeit, Sauerstoff, Sulfat, Ammonium, Eisen und Mangan, die durch Einleitungen von Grubenwässern aus dem Altbergbau in die Ruhr gelangen, haben wegen des hohen Gesamtabflusses der Ruhr von durchschnittlich 2,55 Mrd. m³ pro Jahr und der damit verbundenen Verdünnung keine Auswirkungen auf die Ruhrwasserqualität insgesamt bzw. auf die Trinkwasserversorgung an der Ruhr. Lokale Einflüsse auf die Gewässer direkt an den Einleitungsstellen (Ruhr und Nebengewässer) sind aber nicht auszuschließen. Insbesondere die Eisen-Ausfällungen können möglicherweise in kleineren Gewässern ab ca. 1 mg/l die biologische Aktivität beeinträchtigen.

9. Schlussfolgerungen

a. Die Wasserqualitäten der derzeit existierenden Einleitungen von Grubenwässern der RAG und der Erb- und Wasserlösungsstollen des Altbergbaus unterscheiden sich erheblich. Während die Grubenwässer der drei Wasserhaltungen der RAG an der Ruhr durch Mischung von im Untergrund versickerten Niederschlagswässern („vadosen Wässern“) und salzhaltigen Tiefenwässern („Formationswässern“) entstanden sind, werden die Grubenwässer des Altbergbaus in ihrem Chemismus maßgeblich durch die Pyritoxidation und deren geochemischen Folgeprozesse bestimmt. Die in die flözführenden Gesteinsschichten eindringenden Niederschläge beinhalten Sauerstoff, der dann bevorzugt in den ehemaligen Abbaubereichen des vormaligen Stollenbergbaus gelangt und dort eine Oxidation von Sulfidmineralien und vorrangig Pyrit bewirkt. Die bei dieser Oxidation freigesetzten erhöhten Sulfat- und Eisen-Gehalte sind typisch für den Chemismus der Grubenwässer aus diesen Stollenanlagen. Sie besitzen zudem ein Versauerungspotenzial, das aber nach dem derzeitigen Kenntnisstand durch das vorhandene natürliche Säurepufferungsvermögen der Gesteine abgefangen wird. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang allerdings das Beispiel des Ibbenbürener Steinkohlenreviers, wo in Teilbereichen von Grubenwasserzuflüssen aus dem Altbergbau eine Versauerung feststellbar ist. Die Pyritoxidation ist bekanntlich ein weltweites Problem vieler ehemaliger Bergbaureviere im Erz- und Steinkohlenbergbau.

b. Da die drei vorhandenen Grubenwasserhaltungen der RAG bis auf Weiteres bestehen bleiben sollen, ist eine gravierende Veränderung der Wasserqualität der Ruhr durch diese Grubenwassereinleitungen für die Zukunft nicht zu erwarten. Mit einem Anheben des Pumpniveaus der Wasserhaltungen ist sogar eine Abnahme der Natriumchlorid-Konzentrationen und ein Rückgang insbesondere der Chloridfrachten im Ruhrwasser zu erwarten. In diesem Falle würden die salzhaltigen Tiefenwässer bevorzugt über noch vorhandene untertägige Wasserübertrittsstellen in weiter nördlich gelegene Wasserhaltungsprovinzen der Ruhrkohle

abfließen und müssen dort gehoben werden. Sollte aber zukünftig die hier betriebenen Wasserhaltungen der RAG gänzlich eingestellt werden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass durch den Anstieg des Grubenwasserspiegels langfristig die Grubenwässer bevorzugt in den deckgebirgsfreien Süden des Reviers vordringen und dort austreten werden. Dies würde wahrscheinlich zu einem Mengenanstieg der Grubenwässer aus den noch heute hydraulisch wirksamen Erb- und Wasserlösungsstollen und damit zu einem Anstieg der Salzfrachten aus diesen Anlagen führen. Ebenfalls ist zu vermuten, dass viele der in der Vergangenheit versiegten natürlichen Quellen der Hellwegzone wieder anspringen und Wasser führen dürften.

c. Im Gegensatz zu den Grubenwassereinleitungen der Ruhrkohle AG sind die Grubenwässer der Erb- und Wasserlösungsstollen erheblich salzärmer, erkennbar an den niedrigen Chlorid-Gehalten der Wässer, die im Mittel aller Stollen bei etwa 28 mg/l liegen. Typisch sind neben erhöhten Sulfat- und Hydrogenkarbonat-Gehalten erhöhte Eisen- und Mangan-Gehalte, teilweise niedrige Sauerstoff-Gehalte sowie leicht erniedrigte pH-Werte. Für die Bewertung der Wasserqualität der aus Erb- und Wasserlösungsstollen stammenden Grubenwässer wurden in der Tabelle 10 außerdem die Zielwerte des Europäischen Fließgewässermemorandums [35] sowie die entsprechenden Grenzwerte der gültigen TrinkwV [36] herangezogen. Demnach überschreiten die Grubenwässer des Altbergbaus bei den Parametern pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoff, Sulfat und Ammonium teilweise die Zielwerte des Europäischen Fließgewässermemorandums. Zwar sind in diesem Memorandum für Eisen und Mangan keine Zielwerte genannt, jedoch werden die Grenzwerte für Trinkwasser bei beiden Parametern z. T. deutlich überschritten. Insbesondere das Eisen wird nach dem Austritt am Stollenmundloch spontan ausgefällt und hat allerdings nur eine eng begrenzte Auswirkung auf die Wasserqualität der Ruhr und ihrer Nebenbäche.

d. Wegen des hohen Gesamtabflusses der Ruhr von durchschnittlich 2,55 Mrd. m³ pro Jahr und der damit verbundenen Verdünnung haben die Grubenwässer des Altbergbaus keine Auswirkungen auf die Ruhrwasserqualität insgesamt bzw. auf die Rohwasserentnahmen aus der Ruhr der hier ansässigen Wasserversorgungsunternehmen. Lokale Einflüsse auf die Gewässer direkt an der Einleitestelle sind z. B. bei einem möglichen schwallartigen Austritt von Eisen-haltigen Grubenwässern aus Erb- und Wasserlösungsstollen nicht gänzlich auszuschließen.

10. Literatur

- [1] Pfläging, K.: *Die Wiege des Ruhrkohlenbergbaus, Geschichte der Zechen im südlichen Revier* - Verlag Glückauf GmbH, 1987, Essen
- [2] Telsemeyer, I. (Hrsg.): *Zeche Nachtigall - Museumsführer*, Westermann Druck, 2005, Zwickau
- [3] <http://www.bergbauhistorie.ruhr.de>.
- [4] Geol. Landesamt NRW: *Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25.000 - Blatt 4510 Witten*, 1980, Krefeld
- [5] Geol. Landesamt NRW: *Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25.0000 – Blatt 4509 Bochum*, 1988, Krefeld
- [6] Rothe, P.: *Die Geologie Deutschlands – 48 Landschaften im Portrait*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2005, Darmstadt
- [7] Hahne, C., Schmidt, R.: *Die Geologie des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengebietes*, Verlag Glückauf GmbH, 1982, Essen

- [8] Puchelt, H.: *Zur Geochemie des Grubenwassers im Ruhrgebiet*, Zeitschrift der Deutschen Geologischen Ges. 116/I, 1964, Hannover
- [9] Wedewardt, M.: *Hydrochemie und Genese der Tiefenwässer im Ruhr-Revier*, DMT-Berichte aus Forschung und Entwicklung 39, 1995, Bochum
- [10] Coldewey, W. G., Schöpel, M.: *Hydrogeologie und Hydrochemie von zwei Regenerationswasser-Vorkommen im Ruhrgebiet sowie die Sanierung in einem Fall*, Münster. Forsch. Geol. Paläont. 54, 1981, Münster
- [11] Wolansky, D.: *Zur Fragen der Wasser- und Grubengasführung der Deckgebirgsschichten im Ruhrbezirk und ihre Bedeutung für den Bergbau*, Bergbau-Rdsch 2, 1950, Bochum
- [12] Wolansky, D.: *Die Hydrogeologie des Deckgebirges im niederrheinisch-westfälischen Revier in ihrer Bedeutung für den Bergbau*, Zeitschrift der Deutschen Geologischen Ges. 116/I, 1964, Hannover
- [13] Grigo, W., Heitfeld, M., Rosner, P., Welz, A.: *Ein Konzept zur Überwachung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs im Ruhrgebiet*, 7. Altbergbau-Kolloquium in Freiberg, 2007, Freiberg
- [14] Heitfeld, M., Rosner, P.: *Auswirkungen eines Grubenwasseranstiegs im Ruhrgebiet – bisherige Erfahrungen und Strategien*, in NACHBergbauzeit in NRW – Beiträge 2011, 2013, 2015, Selbstverlag des Deutschen Bergbau-Museums, 2016, Bochum
- [15] Melchers, C., Michel, I., Goerke-Mallet, P., Welz, A.: *Erste Bestandsaufnahme wasserführender Stollen an der Ruhr*, 15. Altbergbau-Kolloquium in Leoben, Wagner Digitaldruck und Medien GmbH, 2015, Nossen
- [16] Melchers, C., Michel, I., Hoppe, U., Isaac, M., Goerke-Mallet, P.: *Methoden zur Ermittlung eines Einzugsgebietes wasserführender Stollen am Beispiel des Franziska Erbstollens in Witten*, 16. Altbergbau-Kolloquium in Goslar, 2016, Goslar
- [17] https://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/presse/2017/05/077_17_05_26/index.php
- [18] https://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/presse/2016/02/023_16/index.php
- [19] Kötter, G.: *Bergbau im Muttental – Geologie und Geschichte des Wittener Bergwanderwegs*, Druckstatt Wöhrle, 2001, Witten
- [20] Kötter, G.: *Steinkohle unter Witten*, Förderverein Westfälisches Industriemuseum Zeche Nachtigall, Witten, Scholz-Druck und Medienservice, 2009, Dortmund
- [21] Rothärmel, H.-J.: *Das südwestlichste Bergbauggebiet im Ruhrkarbon – Sprockhövel und die Herzkämpfer Mulde*, Meiners Druck GmbH, 2003, Schwelm
- [22] Slotta, R.: *Die Wasserwirtschaft im Bergbau – eine Grundvoraussetzung für die industrielle Entwicklung des Ruhrreviers*, in Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft 15, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, 1991, Bonn
- [23] <http://www.ruhrkohlenrevier.de/stollen.html>
- [24] Wisotzky, F.: *Angewandte Grundwasserchemie, Hydrogeologie und hydrochemische Modellierung*, Springer-Verlag, 2011, Berlin Heidelberg

- [25] Domalski, R.: *Bergmännische Wasserwirtschaft der Steinkohlenbergwerke Preussag AG/Ibbenbüren und Gewerkschaft Sophia Jacoba/Hückelhoven, Mitt. Westf. Berggewerkschaftskasse 60, 1988, Bochum*
- [26] Grigo, W., Kugel, J.: *Grubenwasserhaltung – Beendigung des Steinkohlenbergbaus im Ibbenbürener Revier: Aspekte für eine nachhaltige Wasserwirtschaft im Konzept des Bergwerks, Jahresbericht 2017 der Bergbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen*
- [27] RWE Technology International GmbH: *Unveröffentlichte Monitoringergebnisse Edeltraut Erbstollen und Stollen von Geduld, 2016 bis 2018, Dortmund*
- [28] Schmidt, R., Schöpel, M.: *Die Abgänge des Steinkohlenbergbaus – Verwitterungs- und Lösungsprozesse im Bergematerial, dargestellt an Lysimeterversuchen, Mitt. Westf. Berggewerkschaftskasse 54, 1986, Bochum*
- [29] Schöpel, M., Thein, J.: *Stoffaustrag aus Bergehalden, in: Wiggering, H, Kerth, M. (Hrsg.): Bergehalden des Steinkohlenbergbaus, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesell. mbH, 1991, Braunschweig Wiesbaden*
- [30] Klinger, C.: *Mobilisierungsverhalten von anorganischen Schadstoffen in der Umgebung von untertägigen Versatzbereichen am Beispiel von Reststoffen aus Müllverbrennungsanlagen im Steinkohlengebirge des Ruhrkarbons, DMT Berichte aus Forschung und Entwicklung 23, 1994, Bochum*
- [31] Stumm, W., Morgan, J.: *Aquatic Chemistry – Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters, 3rd edn., Wiley&Sons, 1996, New York*
- [32] *Bezirksregierung Arnsberg, Abt. Bergbau u. Energie in NRW: Ergebnisse Sondermessprogramm Grubenwassereinleitungen, 2013, Arnsberg*
- [33] *Bezirksregierung Arnsberg, Abt. Bergbau u. Energie in NRW: Monitoringergebnisse Grubenwassermengen 2013 bis 2016, Arnsberg*
- [34] *AWWR, Ruhrverband (Hrsg.), Ruhrgüteberichte 2013 bis 2017, Essen*
- [35] *IAWR, RIWA, AWE, IAWD, AWWR: Europäisches Fließgewässermemorandum zur Sicherheit der Trinkwassergewinnung, 2013*
- [36] *Bundesministerium für Gesundheit: Trinkwasserverordnung 2001 in der Fassung vom 09.01.2018, BGB*

12. Anlage

Entnahmestelle	Mundloch St. Johannes Erbstollen, Witten			
	Dimension	Messwert	Prüfverfahren/ Messgerät	Grenzwert TrinkwV
Probenehmer:	RWW	Dr. Schöpel	Stichprobe Ablauf	
Entnahmedatum	14.10.2018			
Ablaufmenge	l/s	15		
Vor-Ort-Parameter:				
Wassertemperatur	°C	11,5	WTW pHotoFlex Turb 2.06	
pH-Wert		6,75	WTW pHotoFlex Turb 2.06	6,5 - 9,5
Redox-Potential	Eh	-21	WTW pHotoFlex Turb 2.06	
Leitfähigkeit	µS/cm	1268	WTW TetraCon® V	
Sauerstoff	mg/l	6,8	HACH HQ30d flexi	
Trübung	FTU	3,3	WTW pHotoFlex Turb 2.06	1,0
Labor-Parameter:				
pH-Wert		6,8	DIN 38404-5:2009	6,5 - 9,5
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	1028	DIN EN 27888:1993	2790
Inhaltsstoffe:				
Natrium	mg/l	14,9	DIN EN ISO 14911:1999	200
Kalium	mg/l	7,8	DIN EN ISO 14911:1999	
Calcium	mg/l	88	DIN EN ISO 14911:1999	
Magnesium	mg/l	22	DIN EN ISO 14911:1999	
Chlorid	mg/l	20	DIN EN ISO 10304-1:2009	250
Sulfat	mg/l	194	DIN EN ISO 10304-1:2009	240
Fluorid	mg/l	0,1	DIN EN ISO 10304-1:2009	1,5
Hydrogencarbonat	mg/l	244	DIN 38409-7:2005	
Nitrat	mg/l	0,6	DIN EN ISO 10304-1:2009	50
Ammonium	mg/l	0,1	DIN 38406-5:1983	0,5
Bor	mg/l	0,13	DIN EN ISO 11885:2009	1
Barium	mg/l	0,003	DIN EN ISO 11885:2009	
Strontium	mg/l	0,056	DIN EN ISO 11885:2009	
Silicium	mg/l	6	DIN EN ISO 11885:2009	
DOC	mg/l	0,8	DIN EN 1484:1997	
Spurenstoffe (Membran-filtrierte Probe 0,45 µm, 100 mL PET HNO ₃):				
Arsen	µg/l	1,2	DIN 32645:2008	10
Antimon	µg/l	<2	DIN EN ISO 11885:2009	5
Blei	µg/l	0,4	DIN EN ISO 11885:2009	10
Cadmium	µg/l	<0,1	DIN EN ISO 11885:2009	5
Chrom ges.	µg/l	0,2	DIN EN ISO 11885:2009	50
Eisen	µg/l	3600	DIN EN ISO 11885:2009	200
Kupfer	µg/l	0,6	DIN EN ISO 11885:2009	2000
Mangan	µg/l	855	DIN EN ISO 11885:2009	50
Nickel	µg/l	6,2	DIN EN ISO 11885:2009	20
Zink	µg/l	6,0	DIN EN ISO 11885:2009	