

# WASSERWIRTSCHAFT

Technik — Forschung — Praxis

4

2017

**Sonderdruck** aus Wasserwirtschaft 04|2017 | Springer Vieweg  
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

## Wasserbau | Entwicklung der Restseen im Rheinischen Braunkohlerevier





© RWE Power AG

## Themen des Grundwasserwiederanstiegs im Rheinischen Braunkohlenrevier

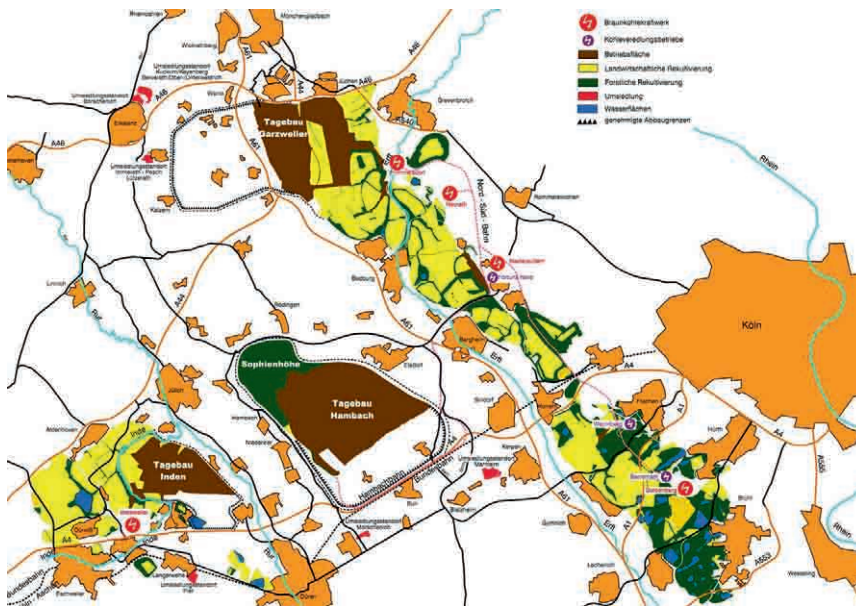
Nach dem Ende eines Braunkohlentagebaus soll das abgesenkte Grundwasser grundsätzlich möglichst schnell wieder auf den vorbergbaulichen Zustand ansteigen. Dabei sind jedoch sowohl bergbauliche Einwirkungen auf die Wasserlandschaft als auch infrastrukturelle und siedlungsbezogene Aktivitäten des Menschen zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang ergeben sich verschiedene wasserwirtschaftliche Aufgabenstellungen und Verantwortlichkeiten, die hier für das Rheinische Braunkohlenrevier dargestellt und diskutiert werden.

Christian Forkel, Sara Hassel, Piercristian Rinaldi und Christian Müller

### 1 Einführung

Die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Rheinischen Braunkohlenrevier werden von den dort befindlichen Braunkohlentagebauen und den dafür notwendigen Grundwasserabsenkungen geprägt. Dies gilt nicht nur bis zur planmäßigen Auskohlung der Tagebaue, sondern auch noch deutlich darüber hinaus. Den verschiedenen Akteuren der Wasserwirtschaft im Umfeld des Braunkohlenbergbaus ist und war dabei stets bewusst, welche Verantwortung damit verbunden ist. Damit auch langfristig wieder wasserwirtschaftliche Verhältnisse vor-

liegen, die ausgeglichen sind und von denen keine Beeinträchtigung für Mensch, Natur und Umwelt ausgehen, müssen die Wasserexperten zum Teil einige Jahrzehnte im Voraus die Sachverhalte gemeinsam mit den zuständigen Genehmigungsbehörden bis zum Ende durchdenken und durchplanen. Das wohl prominenteste und heute meistdiskutierte Thema ist hierbei der Grundwasserwiederanstieg, der in diesem Beitrag behandelt wird. Weitere bedeutsame Themen der Bergbaufolgelandschaft sind die Restseen und der Abstrom von Kippenwasser, die jedoch in einem eigenen, getrennten Beitrag [5] behandelt werden.



**Bild 1:** Das Rheinische Braunkohlenrevier, Stand 2015 (Quelle: RWE Power AG)

Angesichts der Langfristigkeit dieses Themas – der Grundwasserwiederanstieg wird einige Jahrzehnte andauern und bereichsweise erst nach 2100 abgeschlossen sein – ist es nachvollziehbar, dass Informationsbedarf darüber besteht, wie der Bergbau dem oben formulierten Anspruch fachlich gerecht werden und dies über einen so langen Zeitraum auch sicherstellen will. Auch wenn dieses Thema bereits in den vorhandenen Genehmigungen verankert ist, werden in den nächsten Jahren die genehmigungsrechtlichen Weichen für die konkrete Gestaltung der nachbergbaulichen wasserwirtschaftlichen Verhältnisse gestellt werden. Die nachfolgenden Ausführungen geben daher eine Übersicht über die mit dem Grundwasserwiederanstieg verbundenen Sachverhalte und bestehenden Planungen der Wasserwirtschaft im Rheinischen Revier – mit dem Ziel, dass damit nicht nur in der (Fach-) Öffentlichkeit Fragen beantwortet werden können, sondern auch ein Beitrag zur Versachlichung der naturgemäß mit langfristigen Fragestellungen immer verbundenen Diskussionen erreicht wird.

## 2 Das Rheinische Braunkohlenrevier

Das Rheinische Braunkohlenrevier befindet sich im Städtedreieck Köln-Aachen-Mönchengladbach. Hier werden derzeit aus den aktiven Tagebauen Garzweiler, Hambach und Inden (**Bild 1**) jährlich ca. 90-95 Mio. t Braunkohle gewonnen. Ca. 85 % davon

### Kompakt

- Nach dem Grundwasserwiederanstieg werden sich großräumig wieder vorbergbauliche Grundwasserhältnisse ergeben.
- Ersatzwasserlieferungen für Ökologie und Wasserversorgung sind bis dahin sicherzustellen.
- Für die vom Bergbau zu verantwortenden Maßnahmen trägt er auch nach Tagebauende die Kosten.

dient der Verstromung in den naheliegenden Braunkohlenkraftwerken (derzeitige Leistung in Summe ca. 10 GW), der Rest wird in eigenen Fabriken zu diversen energetischen Produkten veredelt. Neben den o. g. aktiven Tagebauen existieren noch einige bereits rekultivierte Tagebaue. Im Westen des Reviers ist dies der ehemalige Tagebau Zukunft westlich des Tagebaus Inden, im Osten des Reviers sind dies die ehemaligen Tagebaue entlang der Ville (z. B. Fortuna Garsdorf, Frechen, Bergheim). Zudem gibt es auch im Süden des Reviers einige kleinere rekultivierte Tagebaue (Zülpich, Echtz). Diese ehemaligen Tagebaue sind vorwiegend forstlich und landwirtschaftlich rekultiviert worden, aber auch einige kleinere Seen, Infrastruktur, Gewerbegebiete und Siedlungen befinden sich mittlerweile auf den Flächen der ehemaligen Tagebaue.

Während der Tagebau Inden bereits um 2030 ausgekohlt sein wird, wird der Braunkohlenabbau in den Tagebauen Garzweiler und Hambach noch bis circa Mitte dieses Jahrhunderts andauern. Zum Tagebau Garzweiler wurde am 5. Juli 2016 eine neue Leitentscheidung durch die Landesregierung NRW aufgestellt, die nunmehr eine Verkleinerung des Abbaugebiets vorsieht, welche aber noch über ein Braunkohlenplanänderungsverfahren raumordnerisch zu konkretisieren ist. Die Verkleinerung des Tagebaus Garzweiler wirkt jedoch nur räumlich und nicht zeitlich, so dass auch vor dem Hintergrund der geplanten Leitentscheidung weiterhin von einer Förderung im Tagebau Garzweiler bis Mitte des Jahrhunderts auszugehen ist.

## 3 Grundwasserwiederanstieg

### 3.1 Grundsätzlicher Mechanismus und langfristiger Grundwasserflurabstand

Zur Förderung der Braunkohle im Tagebau muss das Grundwasser abgesenkt werden. Das Grundwasser fließt in verschiedenen Grundwasserleitern, wobei zwischen den Hangend-Grundwasserleitern (oberhalb der Kohle) und den Liegend-Grundwasserleitern (unterhalb der Kohle) unterschieden wird. Die Grund-

wasserleiter werden durch einzelne Grundwasserstauer, wie z. B. Kohleflöze, Ton- oder Schluffschichten, getrennt. Daneben werden Grundwasserleiter durch größere geologische Verwerfungen, dem Festgestein oder große Vorfluter begrenzt. Die drei Tagebaue Hambach, Inden und Garzweiler sind alle durch solche geologische Verwerfungen voneinander getrennt und werden unterschiedlichen geologischen Teilräumen (Schollen) zugeordnet. So befindet sich der Tagebau Garzweiler in der Venloer Scholle, der Tagebau Hambach in der Erft-Scholle und der Tagebau Inden in der Rur-Scholle. Die Grundwasserstände in den einzelnen Schollen werden durch die Entwässerung des in der jeweiligen Scholle befindlichen Tagebaus dominiert. Bereichsweise gibt es auch geringe Wechselwirkungen zwischen den Schollen, welche sich über Grundwassermessungen und -modellierung bestimmen lassen. Das gesamte schollenübergreifende Grundwasserregime wird im Grundwassermodell der RWE Power abgebildet, welches über Jahre unter Begleitung der Behörden sowie weiterer Experten entwickelt wurde und in der wasserwirtschaftlichen Fachwelt hoch anerkannt ist.

Für die Entwässerung gilt grundsätzlich, dass im sogenannten Hangenden über der Braunkohle der Gebirgswasserspiegel bis auf die Unterkante der jeweiligen Grundwasserstauer abgesenkt wird, um einen Strömungsdruck auf die Böschungen und dadurch mögliche Böschungsumbildungen zu vermeiden. Unterhalb der Braunkohle im Liegenden wird der Druck ebenfalls reduziert, um Sohlenaufbrüche auszuschließen. Die Grundwasserabsenkung kann dabei nicht auf den eigentlichen Tagebaubereich begrenzt werden, so dass sich die Grundwasserabsenkung teilweise deutlich über die Tagebaugrenzen hinaus erstreckt (**Bild 2**). Zum Schutz der Ökologie wird insbesondere nördlich vom Tagebau Garzweiler die Grundwasserabsenkung durch Infiltration von Sumpfungswasser räumlich begrenzt.

Die Grundwasserabsenkung wirkt dabei – trotz des sukzessiven Rückgangs bzw. der Einstellung der Sumpfungmaßnahmen nach der Auskohlung der Tagebaue und der beschleunigten Wiederauffüllung der Grundwasserkörper durch die aktive Flutung der geplanten Restseen [5] – noch einige Jahrzehnte über die Braunkohlegewinnung hinaus. Der wesentliche Teil des Grundwasserwiederanstiegs wird bis zum Ende dieses

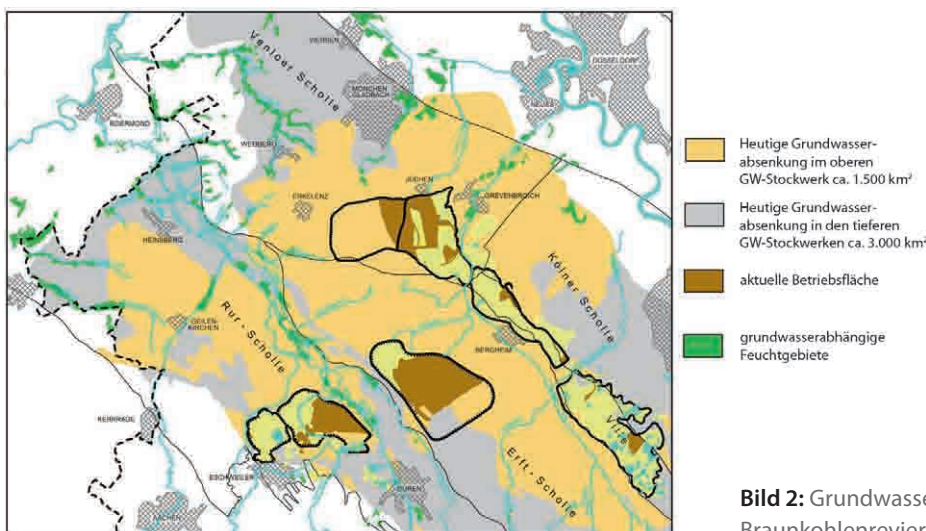
Jahrhunderts erfolgt sein, aufgrund seines asymptotischen Verlaufs gibt es in vorflutfernen Bereichen noch einen Nachlauf von bis zu fünfzig Jahren. Ausführlicher wird der Stand und der weitere Prozess des Grundwasserwiederanstiegs z. B. in [1], [4] beschrieben.

Der endgültige stationäre Grundwasserflurabstand – also der Abstand des Grundwasserspiegels von der Geländeoberkante nach Grundwasserwiederanstieg – wird weitgehend dem Zustand, der vorbergbaulich vorgelegen hat und der wasserwirtschaftlich auch den Zielzustand sich selbst regulierender wasserwirtschaftlicher Verhältnisse darstellt, entsprechen. Allerdings wurden in der Zeit der Grundwasserabsenkung teilweise infrastrukturelle Einrichtungen oder Bebauungen errichtet, die unter den natürlichen Grundwasserspiegel reichen und nicht vor ansteigenden Grundwasserständen geschützt sind (z. B. [2], [10]). In diesen Fällen unangepasster Bebauung sind ohne Gegenmaßnahmen Vernässungen zu erwarten, die jedoch grundsätzlich nicht bergbauverursacht und nicht bergbauseitig auszugleichen sind, da der Grundwasserwiederanstieg bekannt war, die Wiederherstellung ausgeglichener natürlicher Grundwasserhältnisse behördlich vorgegeben ist und auf dieses Szenario seitens des Bergbautreibenden stets hingewiesen wurde.

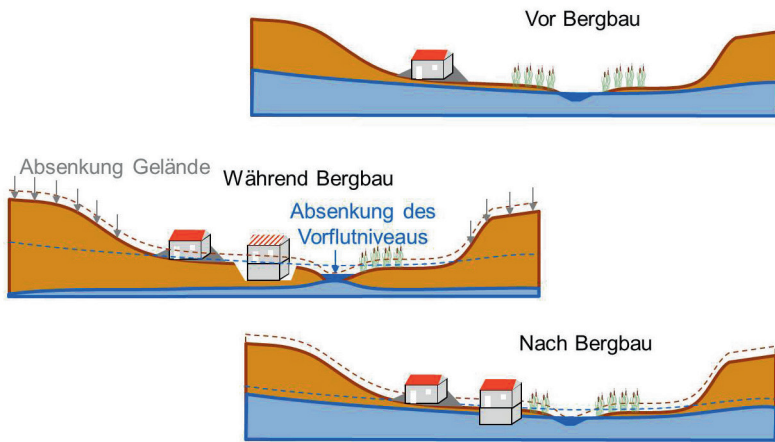
### 3.2 Bergbaubedingte Besonderheiten des Grundwasserwiederanstiegs

Bedingt durch den Braunkohlenbergbau treten beim Grundwasserwiederanstieg einige Besonderheiten auf, auf die im Folgenden eingegangen wird.

Zum einen erfolgt durch den Braunkohlenbergbau und die anschließende Verkippung des über der Kohle liegenden Abraums eine Veränderung der Grundwasserlandschaft. In den Kippen wird die ursprünglich vorliegende Grundwasserstockwerkstrennung aufgehoben und es findet ein Potenzialausgleich statt, der lokal auch auf den Grundwasserspiegel im obersten Grundwasserleiter Einfluss nehmen kann. Dies kann – je nach vorliegenden geohydrologischen Verhältnissen – sowohl zu geringfügigen Vergrößerungen als auch zu geringfügigen Reduzierungen des Grundwasserflurabstands im nahen Umfeld der Kippen führen.



**Bild 2:** Grundwasserabsenkung im Rheinischen Braunkohlenrevier (Quelle: RWE Power AG)



Im Endzustand keine bergbaubedingte Änderung des Grundwasserflurabstandes  
(Absenkung Gelände = Absenkung Vorflutniveau)

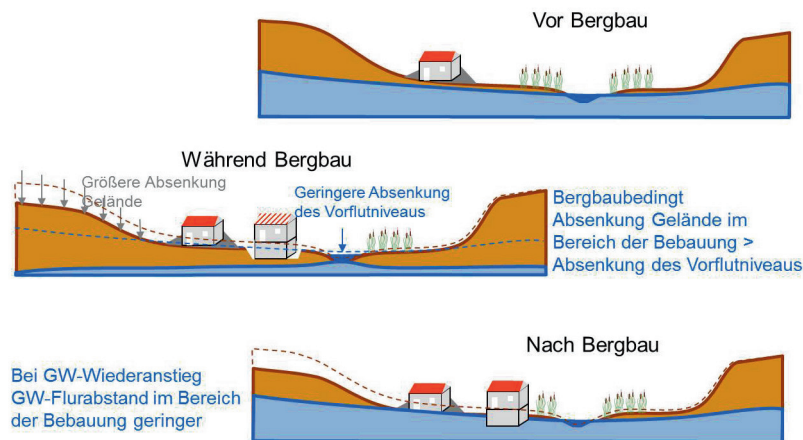
**Bild 3:** Grundwasserwiederanstieg mit gleichmäßiger Geländesenkung  
(Quelle: [4])

Daneben werden die Wasserspiegellagen der Restseen durch Überlaufschwelen in nachfolgende Gewässer begrenzt [5]. Aufgrund ihrer Vorflutfunktion wird der Anstieg des Grundwassers begrenzt, so dass im Umfeld der Restseen zumeist der Grundwasserflurabstand gegenüber dem vorbergbaulichen Zustand vergrößert wird. Je nach den konkreten Verhältnissen kann die Regulierung der Restseespiegellage sogar gezielt eingesetzt werden, um den Grundwasserflurabstand künstlich zu erhöhen und potenzielle Vernässungen in der Umgebung zu vermeiden.

Schließlich treten durch die Grundwasserabsenkung und dem damit einhergehenden Entzug des Auftriebs im Sumpfeinflussbereich auch Bodensenkungen ein. Diese sind zwar teilweise reversibel [11], [12], ein Großteil der Bodensenkungen verbleibt jedoch und führt zu einem gegenüber dem vorbergbaulichen Zustand abgesenkten Gelände. Diese Geländesenkung verläuft im Wesentlichen großflächig gleichmäßig und ohne Schädigungen für die darüber liegende Infrastruktur und Bebauung. Nur im Bereich geologischer Besonderheiten, wie entlang hydraulisch wirksamer, sog. bewegungsaktiver tektonischer Störungen und im Bereich von entwässerten humosen Böden in Niederungsbereichen, können lokal ungleichförmige Bodenbewegungen entstehen und zu Schädigungen führen, die vom Bergbautreibenden zu ersetzen sind. Der Großteil dieser Bergschäden entsteht in der Absenkungsphase des Geländes während der aktiven Laufzeit der Tagebaue. Allerdings sind auch in der Hebungsphase einzelne Schäden nicht ausgeschlossen. Hier ist von Vorteil, dass bewegungswirksame Störungen dann bereits gut bekannt sind und die Hebungen meist geringer sind als die vorlaufende Geländesenkung. Der Bergbautreibende hat für alle Bergschäden Schadensersatz zu leisten, teilweise können Schäden auch durch Präventivmaßnahmen (z. B. besondere angepasste Bauweisen, konstruktive Sicherungsmaßnahmen oder auch Freihaltung bewegungsaktiver Störungen von Bebauung) im Vorfeld vermieden werden. Die Hebungen des Geländes werden mit einigen Jahrzehnten Nachlauf zum Grundwasserwiederanstieg weitestgehend abgeschlossen sein, so dass der Zeitraum, in dem schadensrelevante Bodenbewegungen entstehen können, zeitlich begrenzt ist.

Bisweilen wird vermutet, dass durch die bergbaubedingte Absenkung des Geländeniveaus ein zusätzliches Vernässungspotenzial entsteht. Allerdings wird hierbei übersehen, dass mit dem Gelände auch das Sohlenniveau der Flüsse und Bäche (das sogenannte Vorflutniveau) absinkt. Dieses Vorflutniveau ist maßgebend für die Einstellung des endgültigen, stationären Grundwasserniveaus. Da das Vorflutniveau gleichermaßen wie die Geländeoberfläche absinkt, sinkt auch das endgültige Grundwasserniveau entsprechend. Der Grundwasserflurabstand wird daher bei vorliegenden, weitgehend gleichmäßigen Setzungen dem vorbergbaulichen Zustand (**Bild 3**) entsprechen. Bauungen oder sonstige oberflächige Nutzungen, die vor dem Bergbau entstanden sind bzw. die sich auch während der Grundwasserabsenkung an den ursprünglichen Grundwasserflurabständen orientiert haben, werden somit auch im Falle von Geländesenkungen vom Grundwasserwiederanstieg nicht beeinträchtigt. Auch die Sorge um ein nicht ausreichendes Gefälle der Vorfluter im Geländesenkungsbereich ist, wie in [1], [4] dargestellt wird, unbegründet, da der Geländesenkungsbereich ausreichend flach und großräumig ausgebildet sowie die Gefälleveränderung entsprechend äußerst gering ist.

Neben dieser (hydro-) mechanisch bedingten Geländesenkung gibt es eine weitere Form der Bodensenkung, die dadurch ausgelöst wird, dass – bedingt durch die Grundwasserabsenkung – Torfe mit Luftsauerstoff in Kontakt kommen, mineralisieren und dabei an Volumen verlieren. Derartige Geländesenkungen treten eher lokal auf, können aber ebenfalls zu Schädigungen an Infrastruktur und Bebauung führen. Diese Art von Geländesenkung wird jedoch mit dem Wiederanstieg im obersten Grundwasserleiter abgeschlossen, so dass hier langfristig keine Schäden mehr zu erwarten sind. Sofern in diesen lokalen Senkungsbereichen ursprünglich grundwasserflurnahe Verhältnisse vorlagen, können bei Grundwasserwiederanstieg grundsätzlich bergbaulich bedingt Vernässungen vorhandener Infrastruktur oder Bebauung entstehen. Eine mögliche Schadensersatzpflicht des Bergbautreibenden ist dann im jeweiligen Einzelfall zu prüfen. Auch hier ist der Zeitraum des Eintretens etwaiger Schäden auf den Abschluss des Grundwasserwiederanstiegs begrenzt.



Im Endzustand bergbaubedingte Änderung des Grundwasserflurabstandes

**Bild 4:** Wirkung der ungleichmäßigen Setzung auf die Grundwasserverhältnisse in der Erfttau (Quelle: RWE Power AG)

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass durch die Sumpfungen auch Spannungen an hydraulisch wirksamen Störungen aufgebaut werden können, die sich unter Umständen in kleineren Erdstößen wieder abbauen. Diese seismischen Ereignisse haben dabei nur eine geringe Herdtiefe sowie Magnitude und führen allenfalls zu geringen Schäden, die im gegebenen Falle vom Bergbautreibenden zu regulieren sind. Der Zeitraum des möglichen Eintritts solcher Ereignisse ist längstens auf den Abschluss des Grundwasserwiederanstiegs begrenzt.

### 3.3 Sonderfall Erfttau

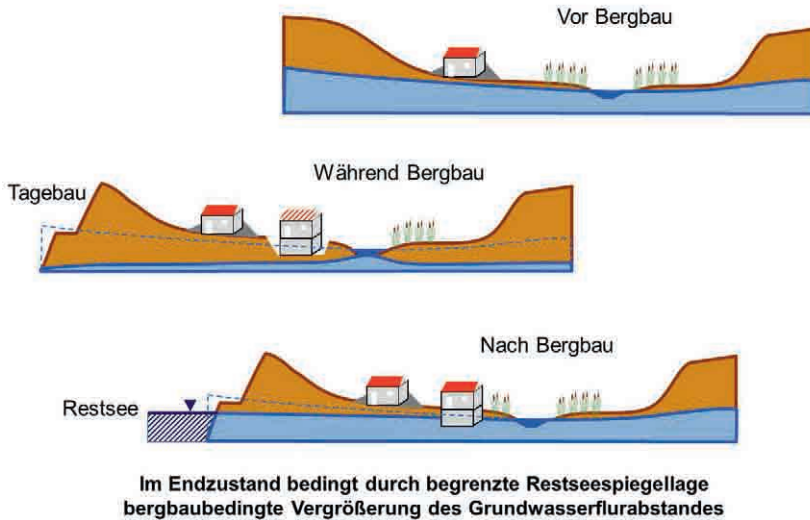
Die langfristigen Grundwasserverhältnisse in der Erfttau (zwischen Kerpen und Bedburg) werden in der Öffentlichkeit besonders intensiv diskutiert. Dies ist zum Einen der besonderen Historie der Entwässerungssituation der Erfttau geschuldet, zum anderen liegt es auch daran, dass die Erfttau zwischen den ehemaligen Tagebauen Fortuna und Bergheim sowie dem aktiven und tiefsten Tagebau Hambach lokalisiert ist und daher von den Sumpfungsmaßnahmen sowie der Geländesenkung besonders beeinflusst ist.

Lange vor dem Bergbau war dieser Bereich der Erfttau vor dem Durchbruch der Erft durch die Ville ein Sumpfgebiet, in dem weder Landwirtschaft betrieben noch Siedlungen errichtet werden konnten. Insofern war die Region schon vor der Grundwasserabsenkung durch den Braunkohlenbergbau daran interessiert, die Sumpfgebiete in der Erfttau trockenulegen und urbar zu machen. Durch Drainierung der Erftniederung, Begräbigung und Eintiefung der vorhandenen Fließgewässer sowie Schaffung des künstlichen Erftflutkanals wurde dieses Ziel bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jh. lange vor der großräumigen Grundwasserabsenkung für den Braunkohlenbergbau weitgehend erreicht. Die zusätzliche Grundwasserabsenkung für die Tagebaue wurde in der Folge von der Region – bezogen auf die Grundwasserverhältnisse in der Erfttau – positiv gesehen und genutzt. Es entwickelte sich ein gesamtgesellschaftlicher Konsens, die Grundwasserabsenkung in der Erfttau dauerhaft beizubehalten und die Erfttau intensiv zu besiedeln – mit Bebauung und infrastrukturellen Einrichtungen, wie die A 61, auch unterhalb des natürlichen Grundwasserniveaus (z. B. [1], [9], [3]). Es bleibt jedoch festzuhalten, dass

diese gesellschaftspolitische Entscheidung nicht vom Bergbautreibenden ausging. Von daher ist nicht der Braunkohlenbergbau in der Verantwortung für die langfristig erforderliche Wasserhaltung, sondern die Region; der Erftverband als regionaler Wasserverband hat diese Aufgabe für sich im Auftrag der Kommunen anerkannt. Inwieweit das gehobene Wasser beispielsweise als Brauchwasser genutzt werden kann, wird zu einem späteren Zeitpunkt zu klären sein.

Nun gibt es – wie im vorherigen Kapitel ausgeführt – verschiedene Einflussfaktoren des Bergbaus, die auf diese Sonder-situation verstärkend oder abmindernd einwirken:

1. Die generelle Geländesenkung führt zwar – wie vorab dargestellt – grundsätzlich nicht zu einer Verschärfung der Grundwassersituation. Da aber die sumpfungsbedingte Geländesenkung ihr Maximum knapp östlich des Tagebaus Hambach hat und das grundwasserstandsbestimmende Vorflutniveau der Erft geringer abgesunken ist, reduziert sich das natürliche Geländegefälle vom Tagebau Hambach zur Erft hin um rund 0,5 %. Dieser Unterschied in der Geländesenkung im Bereich der Erft-Scholle bedeutet für die westlich der Erft gelegenen Gebiete tendenziell etwas geringere Flurabstände, während die östlich der Erft gelegenen Gebiete durch diese Situation tendenziell eher entlastet werden (**Bild 4**). Natürlich wird sich auch in Zukunft das Geländeniveau weiter verändern. Aufgrund der Fortführung der Sumpfung ist bis zur Auskohlung der Tagebaue noch eine – im Vergleich zu den bisher eingetretenen Geländesenkungen – geringere weitere Senkung zu erwarten. Anschließend werden jedoch auch Geländehebungen eintreten, die in etwa die zukünftig noch zu erwartenden Senkungen kompensieren werden [11].
2. Der Restseespiegel Hambach soll – nach den derzeitigen Planungen – auf rund 65 m ü. NHN begrenzt werden, das ursprüngliche Grundwasserniveau lag hier in der Mitte des geplanten Sees bei ca. 77 m ü. NHN und am nordöstlichen Ende des geplanten Restsees immer noch bei ca. 70 m ü. NHN. Das Grundwassergefälle zwischen dem Restsee und der Erft (Höhenlage ursprünglich rd. 62 m ü. NHN, zukünftig rd. 60 m ü. NHN, Entfernung ca. 6 km) reduziert sich somit ebenfalls um rund 0,5 %, so dass die oben genannte Reduzierung der Grundwasserflurabstände in der Erfttau aus der



**Bild 5:** Wirkung der Begrenzung des Restseespiegels Hambach auf die Grundwasserverhältnisse in der Erfttaue (Quelle: RWE Power AG)

Geländeänderung durch die Reduzierung des Grundwassergefälles in etwa ausgeglichen wird (**Bild 5**). Dieser hydraulische Effekt ist darauf zurückzuführen, dass der Restsee Hambach wie eine sich natürlicherweise selbst regulierende Grundwasserhaltungsmaßnahme wirkt, dem – aufgrund seines abgesenkten Wasserspiegels – das Grundwasser großräumig zuströmt und bei dem das zuströmende Wasser über die Ablaufschwelle bei 65 m ü. NHN entnommen sowie der Erft oberirdisch zugeführt wird, anstatt ihr über den Grundwasserpfad zuzuströmen. Das Wasser, das den Restsee über die Ablaufschwelle verlässt (nach den aktuellen Modellierungen ca. 20-25 Mio. m<sup>3</sup>/a), muss letztlich in der Erfttaue nicht mehr gehoben werden. Die Niedrighaltung des Restseespiegels Hambach stellt damit einen wirksamen Beitrag zur Niedrighaltung der Grundwasserstände westlich der Erft dar. Sie erfolgt ohne langfristige Zusatzkosten.

3. Die Abgrabung der Grundwasserstockwerkstrennung in den der Erft nahegelegenen ehemaligen Tagebauen Fortuna und Frechen bewirkt eine Kopplung der tieferen Grundwasserstockwerke mit dem obersten Grundwasserstockwerk. Inwieweit dieser Eingriff eine zusätzliche Belastung oder aber eine Entlastung der Grundwassersituation in der Erfttaue darstellt, ist noch nicht abschließend geklärt.
4. Die Geländeabsenkung über den Erftverlauf gefährdet – wie im vorigen Kapitel dargestellt – nicht die Vorflutfunktion und den natürlichen Abfluss in der Erft. Allerdings wird das Gefälle der Erft beim Eintritt in den Geländeabsenkungsbereich (Kerpen bis Bergheim) geringfügig steiler und entsprechend beim Austritt aus dem Geländeabsenkungsbereich (Bergheim bis Grevenbroich) ebenso geringfügig flacher. Damit einher geht eine Absenkung des natürlichen Erftwasserspiegels im Bereich Kerpen bis Bergheim und eine Aufhöhung des natürlichen Erftwasserspiegels zwischen Bergheim und Grevenbroich. Diese Änderungen liegen allerdings nur in der Größenordnung von rund einem Dezimeter mit entsprechend geringfügigen Auswirkungen auf die Vorflutfunktion für das Grundwasser [1].

Um eine mögliche (finanzielle) Mitverantwortung des Bergbaubetriebenden für die langfristig erforderliche Wasserhaltung in der

Erfttaue über entsprechende Grundwassermodellrechnungen zu ermitteln, ist die summarische und letztendliche Wirkung all dieser Effekte noch zu untersuchen. Hierzu hat das nordrhein-westfälische Umweltministerium (MKULNV), eine Arbeitsgruppe unter Federführung des zuständigen Landesamtes (LANUV) und der Mitwirkung des Erftverbandes, des Bergbaubetriebenden sowie weiterer Behörden und der potenziell betroffenen Kommunen eingerichtet.

Aufgrund der deutlich entlastenden Wirkung der Niedrighaltung des Restseespiegels Hambach sieht der Bergbaubetriebende seinen diesbezüglichen Anteil als grundsätzlich erfüllt an; sollte aber anhand der Untersuchungen festgestellt werden, dass darüber hinaus noch eine Mitverantwortung des Braunkohlenbergbaus zur Sicherung der Situation in der Erfttaue besteht, so wird er dieser nachkommen.

### 3.4 Gewässer- und Feuchtgebietsstützung sowie Ersatzwasserversorgung nach Auskohlung der Tagebaue

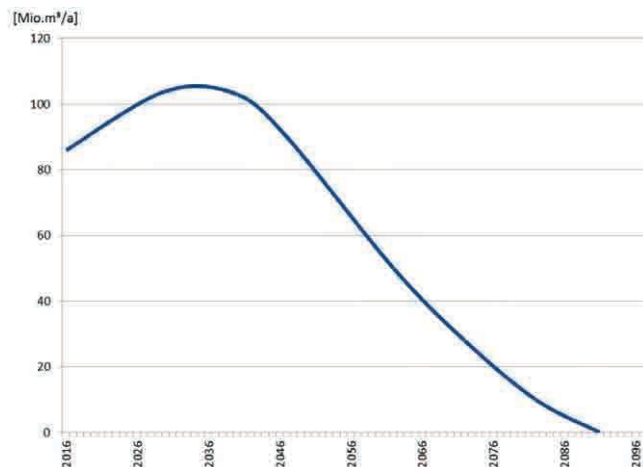
Die Grundwasserabsenkung kann – sofern keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden – grundwasserabhängige Ökosysteme und Fließgewässer sowie anthropogene Nutzer des Grundwassers beeinträchtigen. Daher sind seitens des Bergbaubetriebenden zum Beispiel Wasserversorger, deren Brunnen aufgrund der Grundwasserabsenkung versiegt oder zumindest im Wasserdargebot beeinträchtigt sind, durch die Gestellung von Ersatzwasser aus Sumpfungsbunnen oder durch andere geeignete Maßnahmen schadlos zu stellen. Aber auch die natürlicherweise vorhandenen Grundwasserabstände werden, insbesondere zum Schutz grundwasserabhängiger Feuchtgebiete, wie z. B. das Schwalm-Nette-Gebiet, und Oberflächengewässer, erforderlichenfalls durch die Infiltration von aufbereitetem Sumpfungswasser oder alternativen Maßnahmen (z. B. **Bild 6**, [6]) gestützt und erhalten. Die Wirksamkeit dieses Prozesses wird dabei intensiv durch ein Monitoring, in dem alle relevanten Behörden und sonstigen wasserwirtschaftlichen Akteure der Region vertreten sind, überwacht und seit mittlerweile mehr als 15 Jahren bestätigt (z. B. [7], [8]).

Das langfristige Ziel für diese Gebiete ist es, dass sich auch dort wieder sich selbst regulierende wasserwirtschaftliche Ver-

Fertige Anlagen (12/2015)		Versickerungs- und Einleitmengen	
3	Wasserwerke	2015:	84 Mio. m <sup>3</sup>
160 km	Rohrleitungen	2030:	ca.105 Mio. m <sup>3</sup>
13 km	Sickergräben		
151	Sohlschwellen		
74	Direkteinleitstellen		
171	Sickerbrunnen		
90	Sickerschlitz		
29	Infiltrationslanzenan- anlagen		

**Bild 6:** Maßnahmen zum Erhalt des Grundwasserstands und von Oberflächengewässern in grundwasser-abhängigen Feuchtgebieten (Quelle: RWE Power AG)

hältnisse einstellen, die den Erhalt von Feuchtgebieten und Oberflächengewässern sowie auch die Wasserversorgung ohne externe Steuerungs- und Regulierungsmaßnahmen sicherstellen. Bis zum Abschluss des Grundwasserwiederanstiegs müssen die Infiltrations- und Stützungsmaßnahmen sowie die Ersatzwasserversorgung jedoch noch beibehalten werden. **Bild 7** zeigt beispielhaft hierfür die prognostizierte Entwicklung der erforderlichen Infiltrations- und Einleitmengen nördlich des Tagebaus Garzweiler. Da für diese Infiltrationen bereits einige Jahre vor der vollständigen Auskohlung des Tagebaus Garzweiler keine ausreichenden Sumpfungswassermengen mehr zur Verfügung stehen werden, muss eine alternative Wasserbereitstellung erfolgen. Hierzu wird aktuell ein Braunkohlenplanverfah-



**Bild 7:** Prognose der erforderlichen Infiltrations- und Einleitmengen zum Erhalt der Feuchtgebiete im Norden des Tagebaus Garzweiler (Quelle: RWE Power AG)

ren zur Sicherung einer Wassertransportleitungstrasse vom Rhein zum Anschluss ans Wasserverteilungssystem Garzweiler am Knotenpunkt Grevenbroich-Frimmersdorf erstellt. Diese Wasserüberleitung vom Rhein soll nach derzeitiger Planung bis ca. 2030 geschaffen werden. Auf diese Weise werden dann sowohl die Feuchtgebiete und Oberflächengewässer des Nordraums Garzweiler sicher versorgt als auch ab Mitte des Jahrhunderts zusätzlich der Restsee Garzweiler mit Wasser befüllt.

Die sonstigen Maßnahmen zum Schutz von Feuchtgebieten und Oberflächengewässern bestehen zumeist aus lokalen Wasserumverteilungen, die unabhängig vom Sumpfungswasserdargebot auch nach Auskohlung der Tagebaue fortgeführt werden können. Im Einzelfall (z. B. Versorgung Stommeler Bach und Nievenheimer Bruch westlich von Dormagen) wird ggf. auch eine alternative Wasserbereitstellung zum bisherigen Vorgehen (Wasser aus dem Wasserwerk Paffendorf) realisiert werden können.

Die Transportleitung zur Befüllung des Restsees Hambach wird erst Mitte des Jahrhunderts benötigt und zu einem späteren Zeitpunkt geplant [5]. Der Restsee Inden wird über das Wasser aus der Rur befüllt. Die genaue Ausgestaltung wird ab 2025 in verschiedenen wasserrechtlichen Verfahren festgelegt.

#### 4 Fazit

Die hier vorgestellten Beispiele Grundwasserwiederanstieg, Gewässer- und Feuchtgebietsstützung sowie Ersatzwasserversorgung zeigen, dass die Wasserwirtschaft im Rheinischen Braunkohlenrevier auch nach der planmäßigen Auskohlung der Tagebaue noch einige komplexe Aufgaben zu bewältigen haben wird. Hierzu gibt es zum großen Teil schon klare Vorgaben in berg- und wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren, die über



entsprechende Monitoring-Systeme überwacht werden. Im Detail sind die erforderlichen Maßnahmen noch weiter auszuarbeiten und in weiteren Genehmigungsverfahren festzulegen, wozu angesichts der zeitlichen Dimension der Erfordernis ausreichend Zeit bleibt.

Die durch den Bergbau verursachten Aufgabenstellungen werden von ihm übernommen, sind gut abschätzbar und finanziell durch die entsprechende Rückstellungsbildung abgesichert. Wesentlich ist hierbei, dass die vom Bergbau zu übernehmenden Aufgaben zwar teilweise längere Zeit, d. h. einige Jahrzehnte, in Anspruch nehmen können, sie in jedem Falle aber zeitlich befristet sind und – anders als z. B. bei den Folgen des Steinkohlebergbaus – nicht ewig andauern.

Die Verantwortung des Braunkohlenbergbaus für die Gewässer- und Feuchtgebietsstützung sowie die Ersatzwasserversorgung auch nach Tagebauende ist dabei eindeutig. Hinsichtlich der möglichen Vernässungen bzw. ihrer Vermeidungsmaßnahmen zeigt die durchgeführte Sachverhaltsanalyse auf, dass die Verantwortung hierfür grundsätzlich nicht beim Bergbautreibenden liegt, da der Grundwasserflurabstand im stationären Endzustand trotz der eingetretenen sumpfbedingten Bergsenkung großräumig dem vorbergbaulichen Zustand entsprechen wird. Es gibt zwar lokale braunkohlenbergbaubedingte Besonderheiten, die jedoch tendenziell in Summe – hier insbesondere durch die Wirkung der Restseen bzw. der Begrenzung ihrer Wasserspiegel – eher zu einer Entlastung in potenziellen Vernässungsgebieten führen sollten als zu zusätzlichen Belastungen. Sollte jedoch im Rahmen der noch durchzuführenden detaillierten Untersuchungen festgestellt werden, dass bereichsweise doch eine Mitverantwortung des Bergbautreibenden besteht, so wird er dieser nachkommen.

## Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Christian Forkel**

**Sara Hassel, M. Sc.**

**Dr.-Ing. Piercristian Rinaldi**

**Dipl.-Ing. Christian Müller**

RWE Power AG

Stüttgenweg 2

50935 Köln

christian.forkel@rwe.com

sara.hassel@rwe.com

piercristian.rinaldi@rwe.com

christian.mueller@rwe.com



**Weitere Empfehlungen aus  
www.springerprofessional.de:**

### Grundwasserwiederanstieg

Benthaus, Fr.-C.; et al.: Wasserwirtschaftliche Sanierung. In: Braunkohlesanierung. 1. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, 2014.

[www.springerprofessional.de/link/3384896](http://www.springerprofessional.de/link/3384896)

Simon, St.: Vernässungsprobleme durch hohe Grundwasserstände und Wiederanstieg des Grundwassers im Rheinischen Braunkohlenrevier. In: Wasser und Abfall, Ausgabe 07-08/2014. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014. [www.springerprofessional.de/link/6414592](http://www.springerprofessional.de/link/6414592)

## Literatur

- [1] Bucher, B.; Simon, St.: Grundwasserwiederanstieg im Rheinischen Revier. In: World of Mining (2016), Nr. 1, S. 21-27.
- [2] Clever, N.: Hohe Grundwasserstände im Rhein-Kreis Neuss – Auswirkungen auf vorhandene Bebauungen und Lösungsansätze. In: World of Mining (2016), Nr. 1, S. 28-35.
- [3] Erftverband: Grundwasserwiederanstieg. In: Informationsfluss (2016), Sonderheft S16.
- [4] Forkel, C.: Aspekte des Grundwasserwiederanstiegs im Rheinischen Revier. In: Dresdner Grundwassertage 2011.
- [5] Forkel, C.; Müller, C.; Hassel, S.; Rinaldi, P.; Rüping, M.: Restseen- und Kippenwasserentwicklung im Rheinischen Braunkohlenrevier. In: WasserWirtschaft 107 (2017), Nr. 4, S. 20-29.
- [6] Jaritz, R.; Berger, D.: Integrale Monitoringstrategie zum Schutz von Feuchtgebieten im Einflussbereich des Braunkohlentagebaus Garzweiler II. In: Wasser und Abfall (2013), Nr. 6, S. 10-13.
- [7] Ministerium für Klima, Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.): Monitoring Garzweiler II, Jahresbericht 2015 (2016).
- [8] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.): 10 Jahre Monitoring Garzweiler II. In: Tagungsband zum Symposium am 11./11.9.2009 in Mönchengladbach.
- [9] Landtag NRW (Hrsg.): Antwort der Landesregierung auf die Große Anfrage Nr. 2: Bergschäden durch den Braunkohlenbergbau, Drucksache 16/3340 vom 21.06.2013.
- [10] Simon, St.: Vernässungsprobleme durch hohe Grundwasserstände und Wiederanstieg des Grundwassers im Rheinischen Braunkohlenrevier. In: Wasser und Abfall (2014), Nr. 7-8, S. 52-56.
- [11] Ziegler, M.; Giese, S.; Schaefer, W.; Forkel, Ch.: Prognose sumpfbedingter Bodenbewegungen im rheinischen Braunkohlenrevier. In: Bergbau 60 (2009), S. 439-443.
- [12] Ziegler, M.: Modellierung und Prognose der aus Grundwasserabsenkung und Grundwasserwiederanstieg resultierenden Bewegungen der Geländeoberfläche. In: World of Mining (2016), Nr. 2, S. 80-89.

Christian Forkel, Sara Hassel, Piercristian Rinaldi and Christian Müller

### Future groundwater rise in the Rhenish lignite area and related tasks

During the operation of opencast lignite mines the groundwater table is artificially lowered by dewatering wells. Various countermeasures are taken by the mining company to minimize the impact on rivers and wetlands and on public and industrial water supply. After the end of mining, dewatering will be stopped and the groundwater will rise to its natural level. In the Rhenish lignite area this process will last some decades, though the groundwater rise will be accelerated through the artificial filling of residual lakes in the former mining pits. The countermeasures taken to stabilize the water level in rivers and wetlands and for water supply have to be continued until the groundwater has reached its natural level. The rise of the groundwater table has to be planned and monitored, since infrastructure and settlements that have meanwhile developed might not be adapted to these natural groundwater conditions. Although the ground level subsides due to the drainage activities, the difference between ground level and groundwater level will in general not be affected. This article highlights different water management tasks to deal with the groundwater rise in the Rhenish lignite area. If these tasks are the result of mining operations, the mining company will have to execute the countermeasures or at least cover the associated costs.

# Restseen- und Kippenwasserentwicklung im Rheinischen Braunkohlenrevier

Im Zuge des Braunkohlenbergbaus entstehen Abraumkippen und Restlöcher, die nach Beendigung der Tagebaue mit Wasser geflutet werden. In den Kippen entsteht dabei eine besondere Grundwasserchemie bedingt durch die Oxidation des darin geogen enthaltenen Pyrits. Die Restseen beinhalten aufgrund ihrer Dimension und Genese ebenfalls wasserwirtschaftliche Besonderheiten. Daraus ergeben sich vielfältige wasserwirtschaftliche Aufgabenstellungen und Verantwortlichkeiten, die hier für das Rheinische Braunkohlenrevier vorgestellt und diskutiert werden.

Christian Forkel, Christian Müller, Sara Hassel, Piercristian Rinaldi und Marcel Rüping

## 1 Einführung

Auch nach der planmäßigen Auskohlung der Braunkohlentagebaue im Rheinischen Braunkohlenrevier ergeben sich noch vielfältige Aufgaben für die Wasserwirtschaft. Neben dem aktuell häufig diskutierten Grundwasserwiederanstieg [1] betrifft dies insbesondere die in den Bergbaufolgelandschaften entstehenden Restseen sowie den Umgang mit der besonderen Chemie des in den Kippen wieder entstehenden Grundwassers und des weiteren Abstroms dieses Wassers. Ziel aller wasserwirtschaftlichen Planungen ist es, dass langfristig wieder wasserwirtschaftliche Verhältnisse vorliegen, die ausgeglichen sind und von denen keine Beeinträchtigung für Mensch, Natur und Umwelt ausgeht. Hier besteht eine besondere Verantwortung nicht nur des Bergbautreibenden, sondern auch aller anderen wasserwirtschaftlichen Akteure im Umfeld des Braunkohlenbergbaus.

Restseen und Kippenwasser sind dabei besonders langfristige Themen. Die Füllung der Restseen erfolgt über mehrere Jahrzehnte (**Bild 1**) und auch danach dauert es bei Restseen und Kippen teilweise noch mehr als hundert Jahre, bis die stationären qualitativen Zustände erreicht sind. Naturgemäß besteht daher ein Informationsbedarf darüber, wie der Bergbau dem oben formulierten Anspruch fachlich gerecht werden und dies über einen so langen Zeitraum auch sicherstellen will. Auch wenn diese Themen bereits in den vorhandenen Genehmigungen verankert sind, werden in den nächsten Jahren die genehmigungsrechtlichen Weichen für die konkrete Gestaltung der nachbergbaulichen wasserwirtschaftlichen Verhältnisse gestellt

### Kompakt

- Die Gestaltung von Restseen ist eine bedeutende Aufgabe mit vielfältigen Chancen für Mensch, Landschaft und Natur.
- Ein Sulfatabstrom aus Kippen ist unvermeidbar, die Auswirkungen sind aber beherrschbar.
- Für die vom Bergbau zu verantwortenden Maßnahmen trägt er auch nach Tagebauende die Kosten.

werden. Die nachfolgenden Ausführungen geben daher eine Übersicht über die mit den Themenkomplexen Restseen und Kippenwasser verbundenen langfristigen Sachverhalte sowie bestehenden Planungen der Wasserwirtschaft im Rheinischen Revier.

## 2 Restseen

### 2.1 Gestaltungs- und Flutungskonzepte der Restseen

Nach Auskohlung der Tagebaue verbleiben aufgrund der entstandenen Außenkippen sowie der entnommenen Braunkohle Restlöcher, die mit Wasser befüllt und als Restseen ausgestaltet werden. Im Rheinischen Revier existieren zum Teil bereits seit langer Zeit Seen in ehemaligen Tagebauegebieten; in der Ville sind dies zum Beispiel der Liblarer See, Heider Bergsee, Bleibtreusee und der Otto-Maigler-See; im Norden der Kasterer See und Neurather See sowie im Westen des Reviers der Zülpicher See, Neffelsee, Echtzer See und Blausteinsee (**Bild 2**). Die meisten dieser Seen haben bereits ein sich selbst regulierendes Wasserregime erreicht, einige Seen (z. B. Kasterer See und Blausteinsee) befinden sich derzeit im Grundwasserabsenkungsbereich und müssen noch einige Jahrzehnte durch eine Wasserzufuhr aus überschüssigem Sumpfungswasser oder Oberflächenwasser gestützt werden. All diese Seen haben sich mittlerweile zu ökologisch bedeutenden Refugien für Natur und Umwelt entwickelt. Darüber hinaus haben sie auch Bedeutung als touristische Ausflugsziele erlangt.

Im Vergleich zu den zukünftigen Restseen der Tagebaue Inden, Hambach und Garzweiler sind die bisherigen Restseen trotz ihrer Größe von teilweise mehr als 50 ha allerdings eher als klein zu bezeichnen. Die zukünftigen Restseen im Rheinischen Revier werden zumindest dem Volumen nach zu den größten Binnenseen Deutschlands gehören (**Tabelle 1**).

Aus Standsicherheitsgründen müssen Restseen aktiv durch eine externe Wasserzuführung befüllt werden. Damit ist sichergestellt, dass während der Befüllung der Wasserspiegel im See stets höher ist als der umgebende Grundwasserstand [2], [3]. Teilweise müssen dazu auch nach Auskohlung der Tagebaue noch Brunnen am Rande des Tagebaus einige Jahre weiter



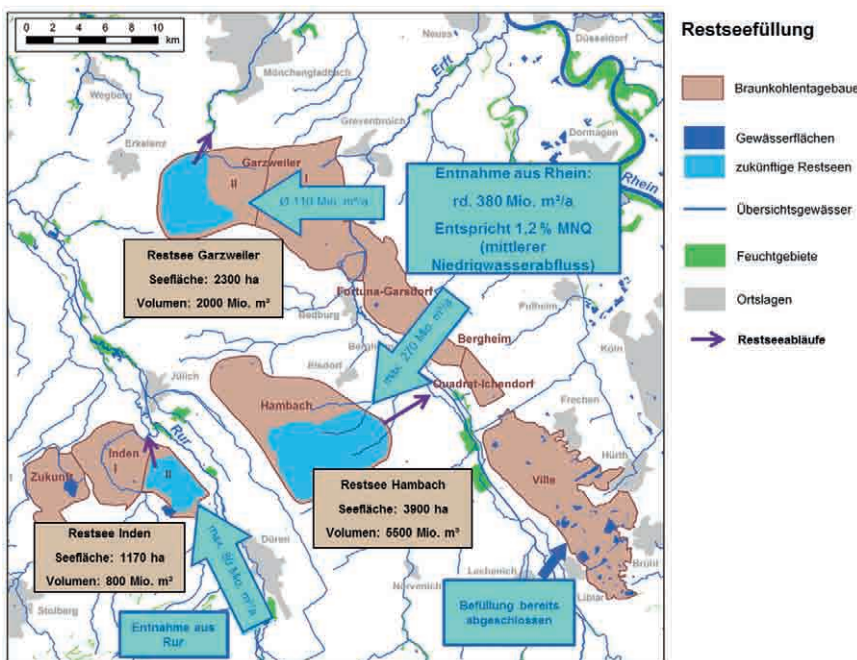
**Bild 1:** Visualisierung der Füllung des Restsees Inden: a) nach 5 Jahren, b) im Endzustand (Quelle: RWE Power AG)

betrieben werden, um den ansteigenden Grundwasserstand unter dem Niveau des ansteigenden Seewasserspiegels zu halten. Die externe Flutung erfolgt für den Restsee Inden aus der Rur, ergänzt um Sumpfungswasser aus dem Tagebau Hambach [4]. Für die Restseen Garzweiler und Hambach ist Wasser aus dem Rhein vorgesehen. Hinzu kommen die Wässer aus den oben genannten Restseebegleitbrunnen, die ebenfalls zur Seefüllung verwendet werden können. Die wesentlichen Daten dieser Seen und ihrer Flutungskonzepte sind **Tabelle 2** zu entnehmen, eine Übersicht über die räumliche Ausgestaltung der Seen und ihrer Zu- und Abläufe gibt Bild 2. Hier sowie in Tabelle 1 und 2 ist zu berücksichtigen, dass sich die enthaltenen Angaben auf den aktuell gültigen Genehmigungsstand beziehen.

Nach der am 5. Juli 2016 ergangenen Leitentscheidung des Landes NRW ist von einer Verkleinerung des Tagebaus Garzweiler und damit auch des Restsees auszugehen. Somit steht die Geometrie des Restsees Garzweiler aktuell aufgrund der Leitentscheidung in dem darauf folgenden Braunkohlenplanänderungs-

verfahren zur Diskussion. Die Geometrie des Restsees Inden ist über den Braunkohlen- und den Rahmenbetriebsplan vorgegeben. Die Geometrie des Restsees Hambach ist noch nicht abschließend festgelegt und in Bild 2 nur schematisch dargestellt. Die Abläufe der Restseen Inden und Garzweiler sind bereits weitgehend festgelegt. Als Ablauf des Restsees Hambach erscheint zur ökologischen Anbindung ein freier Ablauf über einen Graben zur Erft sinnvoll, dessen Lage und detaillierte Ausgestaltung in zukünftigen Genehmigungsverfahren noch zu bestimmen ist.

Häufig wird im Zusammenhang mit der Entnahme von Flusswasser (Rur und Rhein) zur Befüllung der Restseen die Frage gestellt, ob damit ökonomische (insb. Schifffahrt und bestehende Wasserentnahmen) oder ökologische Beeinträchtigungen (Feuchtgebiete) für die Unterlieger verbunden sind. Dem wird durch entsprechende Entnahmekonzeptionen entgegengewirkt. Im Niedrigwasserfall der Entnahmegewässer kann z. B. die Entnahme gedrosselt oder ganz eingestellt werden. Bei höheren Wasserführungen ist eine Steigerung der Entnahmemenge jedoch



**Bild 2:** Aktuelle und zukünftige Restseen im Rheinischen Braunkohlenrevier (Quelle: RWE Power AG)

begrenzt. Dies liegt zum einen an der technischen Auslegung des Entnahmebauwerks, zum anderen ist im extremen Hochwasserfall die Entnahme zur Restseefüllung aus qualitativen Gründen (extreme Hochwässer gehen oft mit erheblichen Verunreinigungen einher) nicht angebracht. In den entsprechenden wasserrechtlichen Verfahren wird daher darauf geachtet, dass die durch die Restseebefüllung im Entnahmegewässer verursachte Wasserspiegelabsenkung ökonomisch und ökologisch verträglich ist.

Für die Gestaltung der Restseen inkl. ihrer Böschungen, ihre Befüllung mit Wasser und die Ausgestaltung der Abläufe trägt der Bergbautreibende die Verantwortung. Wesentlich ist, dass anschließend auch hier wieder sich selbst regulierende wasserwirtschaftliche Verhältnisse eintreten, so dass für die Restseen dauerhaft nur vergleichbare Unterhaltungsaufwendungen wie für natürliche Binnenseen anfallen werden.

## 2.2 Qualitative Entwicklungen in Restseen

Die Restseen werden über mehrere Jahrzehnte verschiedene Phasen durchlaufen. Während der Befüllphase wird die Qualität der Restseen vom Befüllungswasser geprägt. Die Rur weist dabei eine gute Wasserqualität auf, und auch im Rhein hat sich in den letzten Jahrzehnten die Wasserqualität stark verbessert. Bis Mitte des Jahrhunderts ist infolge der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) noch mit einer weiteren Steigerung der Wasserqualität zu rechnen. Von daher ist davon auszugehen, dass die Qualität der Entnahmegewässer für die Befüllung von Restseen adäquat ist – die Situation entspricht dann im Wesentlichen derjenigen, wie sie bei natürlichen Binnenseen im Neben- oder Hauptschluss von Oberflächengewässern vorkommt. Während der Befüllphase liegen die Seewasserspiegel gezielt über den Grundwasserspiegeln der verschiedenen umliegenden Grundwasserleiter (s. o.). Während dieser Phase strömt aus den Seen Wasser in die umliegenden Grundwasserkörper ab, die so mit aufgefüllt werden. Die Infiltration von Oberflächenwasser in das Grundwasser ist dabei kein ungewöhnlicher Fall und kommt auch bei anderen Gewässern und Grundwasserkörpern (natürlicherweise) lokal oder

beispielsweise auch bei der Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat vor.

Zum Ende der Nachfüllphase (**Bild 3**) tritt dann erstmals Grundwasser direkt in die Restseen ein. Dieses wird zumindest teilweise durch Kippenbereiche strömen und demzufolge (vgl. u. a. zur Kippenwassergüte Kap. 3.1) auch mineralisiert sein. Das Kippenwasser ist aufgrund der aus der Pyritoxidation resultierenden Mineralisation tendenziell schwerer als das übrige Seewasser und wird sich somit im unteren Teil der Restseen einschichten, es entstehen sogenannte meromiktische Verhältnisse (Phase 2). Der obere Bereich der Restseen bleibt dabei qualitativ in dem Zustand wie in der Phase der Befüllung.

Im geplanten Restsee Inden wird die Trennschicht zwischen mineralisiertem Kippenwasser und sonstigem Wasser im Restsee bedingt durch die stetige Zunahme des Grundwasserzustroms, das Abnehmen bzw. das Ende der Nachfüllphase sowie aufgrund des Abstroms des Wassers aus den oberen Schichten über die Überlaufschwelle sukzessive nach oben wandern. Zudem werden die Dichteunterschiede zwischen den meromiktischen Schichten abnehmen, so dass nach einigen weiteren Jahrzehnten die Meromixis gegenüber der windinduzierten Durchmischung instabil wird. Die Folge ist eine Auflösung der Meromixis und eine Voll durchmischung des Seekörpers im Winter. Im Sommer und Winter sind die für tiefe Binnenseen üblichen Temperaturschichtungen zu erwarten. In dieser dritten Phase wird der Restsee Inden eine gegenüber der Anfangsphase erhöhte Mineralisation, aber dennoch eine weiterhin gute Wasserqualität aufweisen [5].

Der geplante Restsee Hambach wird deutlich tiefer als der Restsee Inden. Beim Restsee Hambach wird davon ausgegangen, dass sich dauerhaft eine stabile Schichtung einstellt.

Der Restsee Garzweiler muss aufgrund der neuen landespolitisch beschlossenen Leitentscheidung überplant werden. Die bisherigen Untersuchungen zum Restsee Garzweiler hatten dargestellt, dass ein Restsee mit guten Qualitäten entstehen wird, der wasserwirtschaftlich vielfältig genutzt werden kann. Es wird Aufgabe der anstehenden Überplanungen sein, diese guten Rahmenbedingungen ebenfalls zu gewährleisten.

**Tabelle 1:** Die zukünftig größten Binnenseen Deutschlands im Vergleich (Quelle: RWE Power AG)

See	Volumen	Fläche	Max. Tiefe	
Bodensee	~48 000 Mio.m <sup>3</sup>	~535 km <sup>2</sup>	~250 m	Natürlich
Starnberger See	~3 000 Mio.m <sup>3</sup>	~56 km <sup>2</sup>	~130 m	Natürlich
Chiemsee	~2 000 Mio.m <sup>3</sup>	~80 km <sup>2</sup>	~75 m	Natürlich
Ammersee	~1 750 Mio.m <sup>3</sup>	~47 km <sup>2</sup>	~80 m	Natürlich
Schweriner See	~790 Mio.m <sup>3</sup>	~62 km <sup>2</sup>	~55 m	Natürlich
Müritzz	~750 Mio.m <sup>3</sup>	~115 km <sup>2</sup>	~30 m	Natürlich
...				
Restsee Hambach	~5 500 Mio.m <sup>3</sup>	~39 km <sup>2</sup>	~325 m	Künstlich
Restsee Garzweiler	~2 000 Mio.m <sup>3</sup>	~23 km <sup>2</sup>	~190 m	Künstlich
Restsee Inden	~800 Mio.m <sup>3</sup>	~12 km <sup>2</sup>	~175 m	Künstlich
Geiseltalsee	~400 Mio.m <sup>3</sup>	~18 km <sup>2</sup>	~80 m	Künstlich
Greifenhain (Lausitz)	~350 Mio.m <sup>3</sup>	~10 km <sup>2</sup>	~70 m	Künstlich

**Tabelle 2:** Flutungskonzepte der Restseen Inden, Hambach und Garzweiler (Quelle: Angaben RWE Power AG)

	Restsee Hambach	Restsee Garzweiler	Restsee Inden
Voraussichtlicher Beginn Flutung bzw. Ende Tagebau	ca. Mitte des Jahrhunderts	ca. Mitte des Jahrhunderts	ca. 2030
Vorauss. Erreichen Zielwasserspiegel	2080-2090	2080-2085	2050 - 2055
Vorauss. Ende Nachfüllzeit	~2110	~2100	~2075
Herkunft Flutungswasser	Rhein + Restseebegleitbrunnen	Rhein + Restseebegleitbrunnen	Rur + ztw. Sümpfung Hambach + Restseebegleitbrunnen
Zielwasserspiegel	+65 m ü. NHN	+65 m ü. NHN	+92 m ü. NHN
Durchschnittliche Flutungsmenge	270 Mio. m <sup>3</sup> /a	60 Mio. m <sup>3</sup> /a	60/80 Mio. m <sup>3</sup> /a
Seeablauf	Überlauf zur Erft	Niers (quasi Quelle)	Überlauf zur Inde
Ablaufmenge	~20-25 Mio. m <sup>3</sup> /a	~5-10 Mio. m <sup>3</sup> /a	~5 Mio. m <sup>3</sup> /a

Nach und nach wird der Vorrat an Pyritoxidationsprodukten aus den Kippenkörpern erschöpft sein, so dass allen Seen aus den Kippenbereichen weniger mineralisiertes Grundwasser zuströmt. In dieser letzten, dann auch langfristig andauernden Phase werden die Seekörper somit aus reinem Grundwasser (sowie dem direkt über den Seen niedergehenden Niederschlagswasser) geprägt, so dass hier oligotrophe Seeverhältnisse erwartet werden. Der Zustrom von Wasser aus der Oberflächenentwässerung der umliegenden Flächen wird durch eine geeignete Anlage von Ableitungsgräben um die Seen herum nach Möglichkeit unterbunden. Die einzelnen Phasen der Seewasserqualitätsentwicklung sind in Bild 3 grafisch dargestellt.

Eine qualitative Nachsorge ist bei den meisten aktuellen Restseen nicht erforderlich. Lediglich vereinzelt waren (z. B. Heider Bergsee) bei ungünstigeren Seeplanungen Zusatzmaßnahmen erforderlich. Bei den zukünftigen Restseen Inden, Garzweiler und Hambach werden aufgrund der entsprechenden Planungen der Seegeometrie und -zuflüsse ausweislich gutachtlicher Untersuchungen [5], [6] keine Nachsorgemaßnahmen erforderlich sein.

### 2.3 Wasserwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten von Restseen

Neben den zunächst rein wasserwirtschaftlichen Zielen sich selbst regulierender wasserwirtschaftlicher Verhältnisse und einer hochwertigen Wasserqualität haben die Restseen auch das Ziel, für Ökologie, Ökonomie und soziale Aspekte vielfältig nutzbar zu sein. Die volle Nutzungsvielfalt der Restseen ergibt sich erst nach dem Ende der Befüllung. Soweit möglich, gilt dies im Übrigen auch schon während der Befüllphase, in der z. B. folgende Nutzungen vorgesehen sind:

- Nutzung der Befüllung der Restseen zur Energierückgewinnung (zumindest zu Beginn der Befüllung ist eine große Fallhöhe zum Restseespiegel vorhanden; die Wirtschaftlichkeit einer solchen Nutzung ist im Einzelfall zu überprüfen).
- Temporäre Erschließung (einige Jahre bis Jahrzehnte) von Teilen des Böschungssystems für die Naherholung.
- Frühestmögliche Schaffung von Seezugängen über flache Böschungen und/oder Pontonlösungen zur touristischen Nutzung (Baden, Boote, Angeln etc.).

- Refugium für aquatische Flora und Fauna (zunächst allerdings noch ohne ökologisch angebundene Flachwasserzonen). Ökologisch werden dann die angelegten Flachwasserbereiche der Restseen, wie Uferbereiche mit geringeren Neigungen oder spezielle Flachwasserzonen im Auslaufbereich der Restseen (**Bild 4**) an den Wasserkörper des Restsees angebunden sein und ihre vorgesehene Funktionalität als „Kinderstube“ und Rückzugsort für die Fauna sowie als Entwicklungsbereich für die Flora erfüllen. Hierbei ist vorgesehen und angesichts der Größe der Restseen auch möglich, diese Bereiche von der touristischen Nutzung auszunehmen. Positiv wirkt dabei die ökologische Anbindung an die Auslaufgewässer (Inde, Niers, Erft).

Auch die volle soziale und ökonomische Erschließung der Restseen wird erst bei Erreichung des Zielwasserspiegels erreicht, dann sind auch die flachen Strandbereiche und die Marinas angeschlossen, die es der Bevölkerung ermöglichen, das touristische Nutzungsziel der Seen voll auszuschöpfen. Gute Beispiele sowohl für die ökologische als auch soziale und ökonomische Nutzungsvielfalt geben bereits heute die existierenden Restseen, beispielsweise in der Ville oder auch im mitteldeutschen Revier.

Wasserwirtschaftlich können die Restseen zumindest kurzfristig zur Hochwasserretention (Sperrung des Überlaufs bei Hochwassergefahr im Unterlauf des Auslaufgewässers) genutzt werden. Wenig sinnvoll hingegen ist eine Nutzung der Restseen als Hochwasserentlastung aus vorbeifließenden Gewässern (qualitative Beeinträchtigungen der Restseen); dies bleibt der Anlage von speziellen Geländemulden in nahe an Oberflächen-gewässern gelegenen Kippenbereichen vorbehalten (z. B. Hochwasserretentionsräume des Erftverbandes in den ehemaligen Tagebauen Fortuna und Frechen). Der Betrieb ggf. einzurichtender Hochwasserretentionen ist von den zuständigen Wasserverbänden zu übernehmen.

Darüber hinaus gibt es Anregungen, die Restseen als Pumpspeicherwerke zu nutzen. Allerdings setzen Pumpspeicherwerke voraus, dass es zwei Wasserreservoirs mit deutlich unterschiedlichen Höhenlagen gibt. Die Restseen befinden sich jedoch in der Rheinischen Tiefebene, die einzigen naheliegenden Erhöhungen sind die mittlerweile seit Jahrzehnten vorwiegend forstlich und touristisch genutzten Außenkippen. Diese sind jedoch nur bedingt für die Anlage größerer hochliegender Wasserreservoirs geeignet; Oberbecken von Pumpspeicherwerken werden übli-

cherweise nur im natürlich entstanden (Fels-) Gebirge erstellt. Eine Überplanung der Außenkippen als Oberbecken ist zudem unter regionalplanerischen Gesichtspunkten gegen die anderen, mittlerweile vorhandenen Nutzungen abzuwägen.

### 3 Kippenwasser

#### 3.1 Entwicklung Kippenwassergüte

Im Rahmen des Gewinnungs- und Verkippungsprozesses des Abraummateri als oberhalb der Braunkohle geraten natürlicherweise im Abraum enthaltene Pyrite ( $\text{FeS}_2$ ) mit Luftsauerstoff in Kontakt und oxidieren teilweise. Beim anschließenden Kontakt mit durch die Kippe sickern dem Niederschlagswasser bzw. spätestens beim Wiederanstieg des Grundwassers erfolgen weitere chemische Reaktionen. In der Summe entstehen bei diesem Prozess Sulfat ( $\text{SO}_4$ ), Eisen (Fe) sowie Wasserstoffionen; letztere können wiederum unter bestimmten Voraussetzungen eine pH-Wert-Absenkung des Grundwassers sowie eine Mobilisierung von ebenfalls geogen im Abraum enthaltenen Schwermetallen bewirken. Detaillierter sind dieser Prozess, seine Rahmenbedingungen und Auswirkungen in [7] beschrieben.

Zeitlich erfolgt die erste Phase der Pyritoxidation während des aktiven Tagebaubetriebs, die zweite Phase im Wesentlichen während der Wiedervernässung im Rahmen des Grundwasserwiederanstiegs in den ersten Jahrzehnten nach Auskohlung der Tagebaue mit der Restseeeflutung. Die Pyritoxidationsprodukte, sofern sie nicht wieder aufgrund weiterer chemischer Prozesse vor Ort immobilisiert werden, werden anschließend anteilig mit dem Grundwasserstrom ausgetragen, dieser Prozess kann jedoch einige zehn bis hundert Jahre andauern.

Bergbauseitig wird seit etwa den 1990er-Jahren der Entstehung und Ausbreitung dieser Pyritoxidationsprodukte im Wesentlichen durch drei Maßnahmen entgegengewirkt [8]:

1. Verkippung der Abraumschichten mit höheren Pyritgehalten in den tieferen Kippenbereichen, dadurch Reduzierung des Abstroms von Pyritoxidationsprodukten insbesondere im obersten Grundwasserleiter (alternativ, tlw. ergänzend auch Anlage eines sogenannten „Kippenkeils“ aus pyritfreiem Material am Übergang zum „gewachsenen“ obersten Grundwasserleiter (Bild 5).
2. Positionierung der Tagebausohlen in Schichten mit geringeren Pyritgehalten, dadurch Reduzierung der Expositionszeit der Schichten mit höheren Pyritgehalten zum Luftsauerstoff und Verringerung des Oxidationspotenzials der Pyrite.
3. Kalkung des Abraummateri als zur Begrenzung der Konzentration der Pyritoxidationsprodukte im Grundwasser und zur Anhebung des pH-Wertes in den Neutralbereich (Bild 6).

Diese Maßnahmen haben sich als außerordentlich wirksam zur Begrenzung der Pyritoxidation bzw. zur Steuerung des Abstroms der Pyritoxidationsprodukte etabliert sowie bewährt und werden in den aktiven Tagebauen eingesetzt. Die Kalkung des Abraums erfolgt ausschließlich im Tagebau Garzweiler, da in den Tagebauen Hambach und Inden ausreichend niedrige Pyritgehalte bzw. ausreichend hohe natürliche Carbonatgehalte zur Pufferung des pH-Wertes im Abraummaterial vorhanden sind.

#### 3.2 Kippenwasserausstrom in Grundwasserleiter

Mit dem Grundwasserwiederanstieg erfolgt ein Austrag der Pyritoxidationsprodukte mit dem Grundwasserstrom auch in nicht verkippete Bereiche, die sogenannten gewachsenen Grundwasserkörper. Dort trifft das Kippenwasser auf weitere, im Boden natürlicherweise vorhandene Carbonate, wodurch bereits in den kippenangrenzenden Grundwasserbereichen eine Wiederanhebung des pH-Wertes und daraus folgend eine Immobilisierung der Schwermetalle erfolgt. Auch der Transport des Eisens wird durch chemische Prozesse limitiert. Lediglich das Sulfat verhält sich beim Grundwasserabstrom annähernd kon-

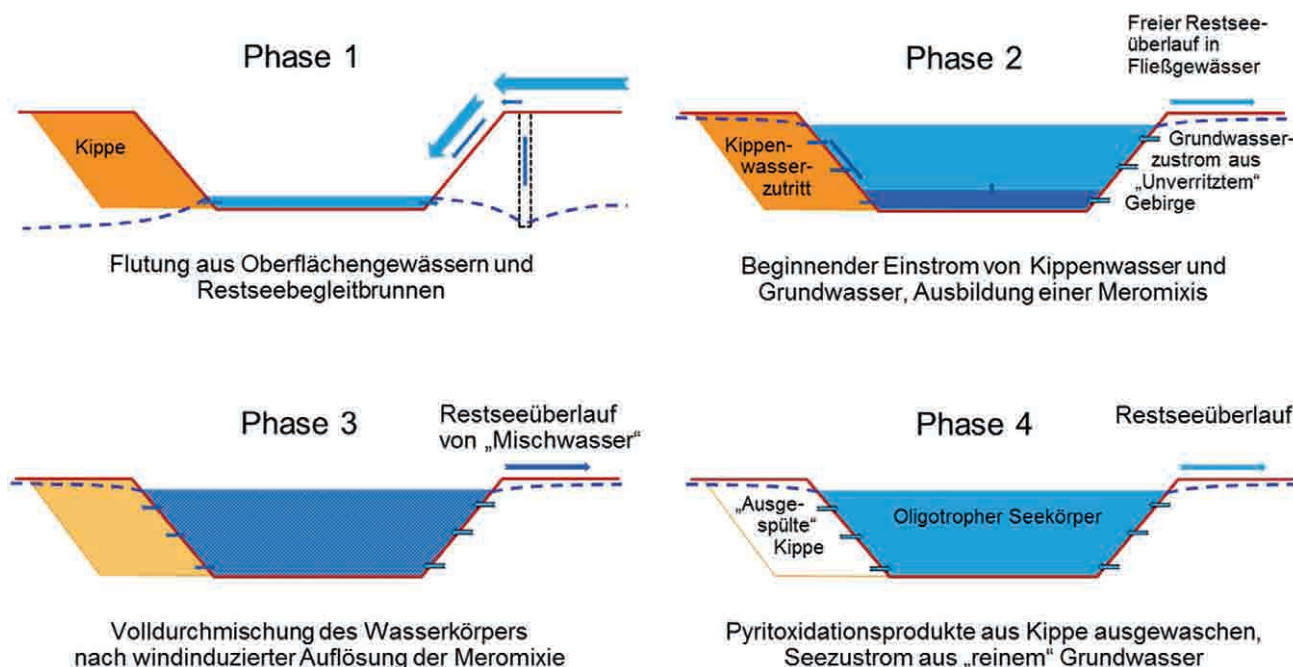


Bild 3: Phasen der Seewasserqualitätsentwicklung im zeitlichen Verlauf am Beispiel des Restsees Inden (Quelle: RWE Power AG)



**Bild 4:** Rahmenplan für den zukünftigen Restsee Inden (Quelle: Entwicklungsgesellschaft indeland GmbH)

servativ und wird nur geringfügig durch chemische Reaktionen aus dem Grundwasser entfernt.

Tatsächlich ist von den Pyritoxidationsprodukten nur das Sulfat (sowie untergeordnet Eisen) für den weiteren Grundwasserabstrom von Belang. Da das Sulfat die Kippe oft mit Konzentrationen  $>1\,000\text{ mg/l}$  verlässt, ist dies für potenzielle Nutzungen von Relevanz. Sowohl aus ökologischer Sicht als auch für den Menschen sind Sulfatkonzentrationen von  $1\,000\text{ mg/l}$  verträglich (manche Mineralwässer beinhalten noch höhere Sulfatkonzentrationen), insbesondere zur Vorsorge und aus technischen Gründen werden in der Regel jedoch Sulfatkonzentrationen  $<250\text{ mg/l}$  angestrebt. Daher wird der Abstrom sulfathaltiger Kippenwässer möglichst auf die tieferen, weniger genutzten Grundwasserleiter gelenkt.

Aus den aktiven Tagebauen wird somit – infolge der getroffenen Maßnahmen – keine relevante Sulfatbelastung des obersten Grundwasserleiters erfolgen. In den Alttagebauen insbesondere in der Ville sowie in einigen Außenhalden (z. B. Vollrather Höhe, Glessener Höhe, Sophienhöhe) wurden diese Maßnahmen nicht umgesetzt, so dass im Abstrom dieser Bereiche erhöhte Sulfatkonzentrationen im obersten Grundwasserleiter erwartet werden bzw. schon teilweise vorhanden sind. Der Sachverhalt ist den federführenden Aufsichtsbehörden seit Jahren bekannt und hat in entsprechenden Ausnahmeregelungen gemäß WRRL Eingang gefunden. Ein Handlungsbedarf ist bisher nicht identifiziert worden.

Bisweilen wird die Befürchtung geäußert, dass das Sulfat bestehende Bebauung angreifen und schädigen könnte. Tatsächlich gibt die DIN 4 030 Beschaffenheiten an, nach denen eine Beurteilung betonangreifender Wässer zu erfolgen hat. In der-

selben DIN wird auch angeführt, dass der potenzielle Angriffsgrad für Grundwasser deutlich geringer ausfällt. Grund hierfür sind die typischerweise geringen Fließgeschwindigkeiten und Temperaturen des Grundwassers. In der Realität ist also nicht von einer relevanten Gefährdung von Bauwerken auszugehen. Dies wird dadurch bestätigt, dass auch in Bereichen mit flurnah anstehendem, kippenbeeinflussten Grundwasser keinerlei Schäden an Bauwerken bekannt sind, obwohl dort der Grundwasserwiederanstieg teilweise seit Jahrzehnten bereits abgeschlossen ist.

In den tieferen Grundwasserleitern erfolgt ein deutlicherer Sulfatabstrom. Da diese Grundwasserleiter jedoch deutlich weniger wasserwirtschaftlich genutzt werden und kein relevanter Ausstrom aus diesen Grundwasserleitern in Oberflächengewässer erfolgt, kann dieser Sulfatabstrom toleriert werden (zur möglichen Beeinträchtigung von Wasserversorgungseinrichtungen s. Kap. 3.4). Mit dem weiteren Abstrom des Sulfats erfolgt eine Reduzierung seiner Konzentration infolge von Dispersion und Vermischung sowie einer – wenn auch geringfügigen – chemischen Umwandlung. Letztlich wird aber Sulfat im Grundwasserabstrom der tieferen Grundwasserleiter noch einige hundert Jahre in bergbaubedingt erhöhten Konzentrationen nachzuweisen sein.

### 3.3 Kippenwasseraustritte in Oberflächengewässer

Bei neu angelegten Kippen wird darauf geachtet, dass die oberen Bereiche aus weitgehend pyritfreiem Material aufgebaut sind (s. auch Maßnahme 1 aus Kap. 3.1). Eine relevante Beeinträchtigung der Wasserqualität dieser Oberflächengewässer ist somit nicht zu erwarten.

Bei einigen Altkippen sind diese Rahmenbedingungen nicht gegeben, so dass hier mit Pyritoxidationsprodukten behaftete Kippenwasseraustritte vorliegen bzw. noch zu erwarten sind. Dies betrifft im Wesentlichen die Berrenrather Börde, bei der insbesondere nach Westen saure Wasseraustritte mit hohen Sulfat- und Eisengehalten sowie gelösten Schwermetallen in die dort direkt in der Kippe befindlichen Grabensysteme erfolgen [9]. In den Grabensystemen erfolgt eine weitere Oxidation, bei der der pH-Wert weiter absinkt, Eisen als Eisenhydroxid ausfällt und sich – zusammen mit den aus dem Boden eluierten Schwermetallen – auf der Gewässersohle ablagert. Diese Ablagerungen müssen zur Aufrechterhaltung der Vorflut entfernt und entsprechend ihrer Inhaltsstoffe ordnungsgemäß deponiert werden [10]. Dies übernimmt im Rahmen der Gewässerunterhaltung der Erftverband auf Kosten des Bergbautreibenden (es handelt sich hier um wenige 10 T€/a). Nach ca. 100 Jahren werden die Pyritoxidationsprodukte aus der Berrenrather Börde größtenteils ausgetragen sein.

Weitere, jedoch geringer belastete Kippenwasseraustritte – dementsprechend ohne Nachsorgeerfordernis – sind derzeit im Osten der Berrenrather Börde, auf der Fischbachhöhe in der Ville und an der Halde Nierchen südlich Weisweiler zu beobachten. Im Bereich der Ville sind neben den aktuellen Kippenwasseraustritten langfristig nach Grundwasserwiederanstieg auch geringer belastete Kippenwasseraustritte aus den Kippen Frechen (Mödrather See), Zukunft-West (Blausteinsee) und Fortuna Garsdorf (Peringsmaar bzw. Buchholzer Tal) nicht auszuschließen. Zudem ist zu erwarten, dass nach Grundwasserwiederanstieg aus der Kippe Garzweiler I für ebenfalls ca. 100 Jahre mit Pyritoxidationsprodukten belastetes Wasser der dort verlegten Erft zuströmt. Trotz der hohen Wasserführung der Erft kann aufgrund der erwarteten Qualität des Wasserzustroms aus der alten Kippe Garzweiler I nicht ausgeschlossen werden, dass die Erft ohne entsprechende Gegenmaßnahmen insbesondere durch erhöhte Eiseneinträge belastet würde. Mög-

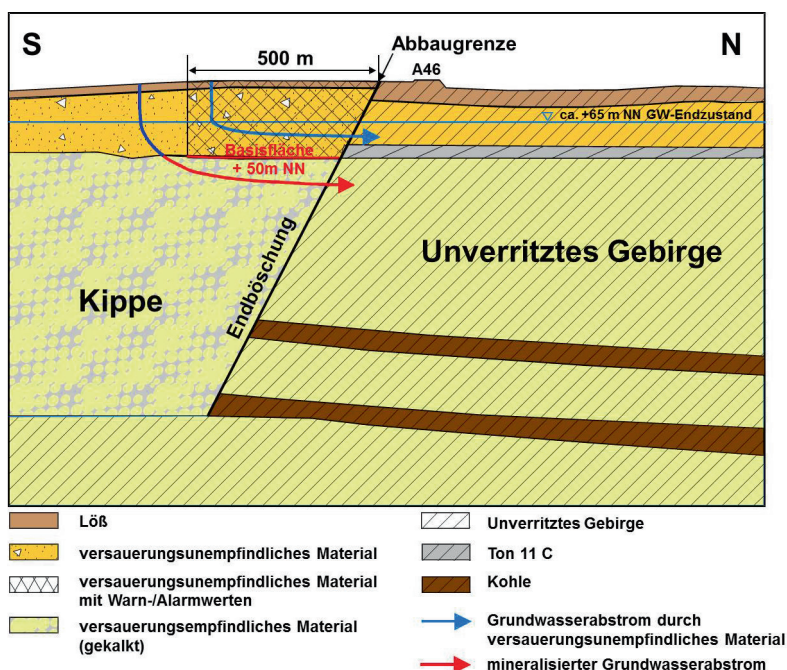
liche Gegenmaßnahmen wären z. B. ein zumindest teilweises Abfangen des Zustroms und eine entsprechende Aufbereitung.

Der Mechanismus, der in der Lausitz zu der sogenannten „braunen Spree“ geführt hat, ist demgegenüber ein gänzlich anderer. Im Zuge des Grundwasserwiederanstiegs werden dort seit einigen Jahren diffuse Eintritte von stark eisenhaltigem Grundwasser in Oberflächengewässer beobachtet, die zu einer Braunfärbung der Gewässer führen. Das im Grundwasser gelöste Eisen stammt dabei aus der Verwitterung von Niedermoorböden bzw. Sedimenten von eiszeitlichen Gletscherrinnen. Gletscherrinnen sind im Rheinland nicht vorhanden, so dass diese Ursache ausscheidet. Während in der Lausitz Niedermore großflächig ausgebildet sind, ist die Verbreitung derartiger Böden im Rheinland deutlich begrenzt. Die größten Flächen liegen im Bereich der Nette und Schalm vor. Dort ist allerdings nicht mit einer Beeinflussung zu rechnen, da durch die Versickerungsmaßnahmen des Bergbautreibenden das Grundwasser gestützt wird und es nicht zur Verwitterung dieser Böden kommt. Im Bereich der Norf sind bereits heute geringfügige Eisenfreisetzungen im Grundwasser bekannt.

Nach Untersuchungen des IWW Mühlheim [11] sind Gewässerbelastungen vergleichbar zur Braunen Spree im Rheinischen Revier demnach nicht zu erwarten, lediglich im Bereich der Norf sind über einen begrenzten Zeitraum (mehrere zehn Jahre) geringe Eiseneinträge aus Niedertorfmooren möglich. Keinesfalls wird jedoch ein Maß erreicht, wie es derzeit in der Lausitz beobachtet wird.

### 3.4 Kippenwasser und Wasserversorgung

In den Kippen selbst und ihrem unmittelbaren Nahbereich ist eine Gewinnung von Grundwasser zur Wasserversorgung sowohl aus hydraulischen Gründen (Kippenmaterial besitzt im Allgemeinen eine vergleichsweise niedrige Durchlässigkeit) als auch aus qualitativen Gründen langfristig nicht vorgesehen. Sofern im Abbaubereich Wasserversorgungseinrichtungen loka-



**Bild 5:** Funktionsweise eines Kippenkeils zur Sicherstellung des Zustroms pyritoxidationsproduktfreier Wasser in den obersten Grundwasserleiter (Quelle: Methodenhandbuch Monitoring Garzweiler II)





**Bild 6:** Silos für die Kalkzugabe auf Abraumförderbänder im Tagebau Garzweiler (Quelle: RWE Power AG)

lisiert sind, so sind für diese im Zuge der Tagebauplanung zu Lasten des Bergbautreibenden gemeinsam mit den Betroffenen und den zuständigen Behörden geeignete Alternativen zu suchen. Dies wird seit Jahrzehnten so praktiziert, für alle betroffenen Wasserversorgungseinrichtungen existieren entsprechende Alternativplanungen (**Bild 7**).

Bedingt durch den Sulfatabstrom können auch im weiteren Umfeld der Tagebaue Wassergewinnungsanlagen bergbaubedingt beeinträchtigt werden. Der oberste Grundwasserleiter wird zwar durch die unter 3.1 beschriebenen Maßnahmen weitgehend sulfatarm bleiben, allerdings entnehmen verschiedene Wassergewinnungsanlagen auch aus tieferen Grundwasserleitern und können somit vom Sulfatabstrom betroffen sein.

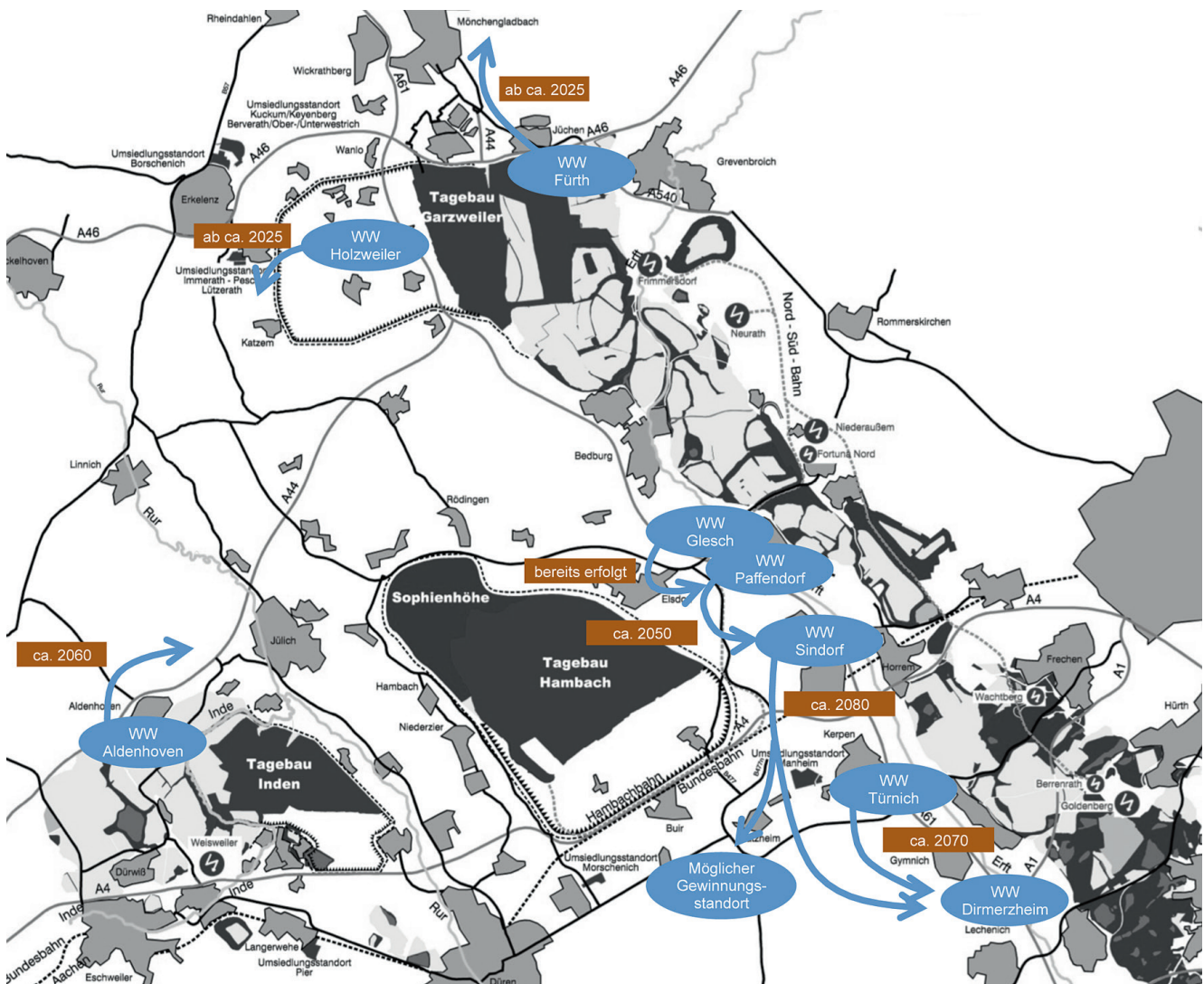
Aus den Altkippen der Ville erfolgt ein Sulfatabstrom (teilweise auch im obersten Grundwasserleiter) in östlicher Richtung, allerdings ist die Entfernung der dort gelegenen Wassergewinnungsanlagen so groß, dass infolge des überprägenden Einflusses der Grundwasserneubildung kein relevanter Sulfateintrag diese Wassergewinnungsanlagen erreicht. Auch aus den übrigen Altkippen des Reviers sind keine relevanten Beeinträchtigungen von Wasserversorgungsanlagen zu erwarten (Ausnahmen s. unten).

Im Bereich des Tagebaus Inden (bzw. seines westlich davon gelegenen Alttagebaus Zukunft) ist die Wassergewinnungsanlage Aldenhoven schon heute vom Sulfatabstrom betroffen. Derzeit erfolgt die Wasserversorgung nicht mehr aus bisherigen

Tiefbrunnen bei Aldenhoven. Stattdessen wird aus einer Sumpfungbrunnengalerie bei Jülich Bourheim das Wasser gewonnen. Ab ca. 2060 wird auch diese Galerie von Kippenwasser erreicht werden, so dass dann nach den aktuellen Planungen die Wassergewinnung nach Koslar verlagert wird.

Nördlich des Tagebaus Garzweiler befinden sich verschiedene Wassergewinnungsanlagen im langfristigen Abstrombereich der Kippen Garzweiler I & II. Ein Großteil der unter 3.1 beschriebenen Maßnahmen wurde speziell entwickelt, um diese Wassergewinnungsanlagen vor dem Sulfatabstrom zu schützen. Als zusätzliche Sicherheit wurde in den bergbaulichen und wasserrechtlichen Genehmigungen des Tagebaus Garzweiler festgelegt, dass – falls die getroffenen Maßnahmen nicht ausreichen sollten, um den Schutz der Wassergewinnungsanlagen sicherzustellen – nördlich des Tagebaus Abfangbrunnen installiert werden müssen, um das sulfatbelastete Wasser über mehr als hundert Jahre zu entnehmen, aufzubereiten und anschließend wieder zu infiltrieren. Auch diese Maßnahmen wären zu Lasten des Bergbautreibenden durchzuführen. Aktuelle Untersuchungsergebnisse der RWTH Aachen [12] belegen jedoch, dass die Fortführung der bisherigen Maßnahmen ausreichen wird, um die im Norden des Tagebaus Garzweiler gelegenen Wassergewinnungsanlagen vor dem Sulfatabstrom ausreichend zu schützen.

Im Umfeld des Tagebaus Hambach liegen die Wassergewinnungsanlagen Glesch, Paffendorf und Sindorf im Sulfatabstrom-



**Bild 7:** Voraussichtlich erforderliche Anpassungen der Wassergewinnungsanlagen (Quelle: RWE Power AG)

bereich der Kippe. Teilweise werden diese Wassergewinnungsanlagen sowie auch die Wassergewinnungsanlage Türnich aber auch von den Sulfatabströmen aus der Ville betroffen sein. Das Wasserwerk Glesch wurde erst kürzlich – aus wirtschaftlichen Gründen – stillgelegt und wird seither aus Paffendorf beliefert. Die Wassergewinnungsanlagen Paffendorf, Sindorf und Türnich werden voraussichtlich im Verlauf der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts nicht mehr an ihrem aktuellen Standort das Wasser gewinnen können. Es ist vorgesehen, dass die Rohwassergewinnung dann in der Galerie des Wasserwerks Dirmerzheim erfolgt, die nicht vom Sulfatabstrom erreicht wird und damit für die langfristige Sicherstellung der Wasserversorgung in der Erft-Scholle von besonderer Bedeutung ist. Weitere – bilanziell absehbare, jedoch nicht benötigte – Wasserdarangebote existieren in der zentralen Erft-Scholle (Trinkwasser) und ggf. im Bereich der geplanten Wasserhaltungsmaßnahmen des Erftverbandes in der Erfttau (Brauchwasser) [1].

Die bergbaubedingt erforderlichen Anpassungsmaßnahmen der Wasserversorgung, die voraussichtlich in den ersten

50 Jahren nach Auskohlung der Tagebaue erforderlich werden, werden in Zusammenarbeit zwischen den betreffenden Wasserversorgern, dem Bergbautreibenden, dem Erftverband sowie den zuständigen Behörden geplant und vom Bergbautreibenden finanziert.

Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass zu erwarten ist, dass im Zuge der Weiterentwicklung von Aufbereitungsverfahren möglicherweise ein marktgängiges Verfahren verfügbar sein wird, mit dem Sulfat aus dem Wasser entfernt werden kann. Eine Verlagerung von Wasserwerksstandorten wäre dann nicht mehr in diesem Maße erforderlich.

#### 4 Fazit

Die hier vorgestellte Themenliste zeigt, dass die Wasserwirtschaft im Rheinischen Braunkohlenrevier auch nach der planmäßigen Auskohlung der Tagebaue noch einige komplexe Aufgaben zu bewältigen haben wird. Für all diese Themen existie-

ren gemeinsam mit den relevanten Akteuren aus Wissenschaft, Politik, Wasserverbänden, Behörden und Anrainern im Revier erarbeitete und abgestimmte Maßnahmen, teilweise sind diese Maßnahmen bereits heute Bestandteil behördlicher Monitoring-Systeme und genehmigungsrechtlicher Auflagen. Im Umfang und Detail sind die Maßnahmen noch weiter auszuarbeiten, wobei angesichts der zeitlichen Dimension der Erfordernis hierfür ausreichend Zeit bleibt. Die durch den Bergbau verursachten Aufgabenstellungen werden von ihm übernommen, sind gut abschätzbar und finanziell durch die entsprechende Rückstellungsbildung abgesichert. Wesentlich ist hierbei, dass die vom Bergbau zu übernehmenden Aufgaben zwar teilweise längere Zeit in Anspruch nehmen können, sie in jedem Falle aber zeitlich befristet sind und nicht ewig andauern.

Es ist das Ziel des Bergbaus, langfristig wasserwirtschaftliche Verhältnisse zu hinterlassen, die für alle Nutzer lebenswert sind und keiner dauerhaften Nachsorge bedürfen. Der Bergbau weiß um seine Verantwortung für die Wasserwirtschaft – während der Laufzeit der Tagebaue und insbesondere auch danach. Durch vorausschauende Planung und rechtzeitige Inangriffnahme geeigneter Maßnahmen wird gewährleistet, dass das oben genannte Ziel eingehalten wird und eine (wasserwirtschaftliche) Landschaft hinterlassen wird, die langfristig mindestens so wertvoll für Natur und Mensch ist wie der vorbergbauliche Zustand.

## Autoren

Prof. Dr.-Ing. Christian Forkel

Dipl.-Ing. Christian Müller

Sara Hassel, M. Sc.

Dr.-Ing. Piercristian Rinaldi

Dipl.-Ing. (FH) Marcel Rüping

RWE Power AG

Stüttgenweg 2, 50935 Köln

christian.forkel@rwe.com

christian.mueller@rwe.com

sara.hassel@rwe.com

piercristian.rinaldi@rwe.com

marcel.rueping@rwe.com



Weitere Empfehlungen aus  
[www.springerprofessional.de](http://www.springerprofessional.de):

### Restseen

Vogt, A.; et al.: Wiedernutzbarmachung von Tagebauen und Kippen. In: Braunkohlesanierung. 1. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, 2014.

[www.springerprofessional.de/link/3384912](http://www.springerprofessional.de/link/3384912)

Wagner, A.; et al.: Die „beschleunigte“ Befüllung des Tagebaurestsees Inden aus der Rur. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 01-03/2013. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013.

[www.springerprofessional.de/link/3417042](http://www.springerprofessional.de/link/3417042)

## Literatur

- [1] Forkel, C.; Hassel, S.; Rinaldi, P., Müller, C.: Themen des Grundwasserwiederanstiegs im Rheinischen Braunkohlenrevier. In: WasserWirtschaft 107 (2017), Heft 4, S. 12-19.
- [2] Eyll-Vetter, M.: Bedeutung geotechnischer Randbedingungen bei Planung und Gestaltung von Restseen im Rheinischen Revier am Beispiel des Tagebaus Inden. In: World of Mining (2015), Heft 6, S. 371-378.
- [3] Mittmann, A.; Petri, R.; Buschhüter, K.: Prüfung geotechnischer Aspekte bei der Genehmigung von Restseen. In: World of Mining (2015), Heft 6, S. 379-388.
- [4] Wagner, A.; Koenzen, U.; Lohe, H. et al.: Die „beschleunigte“ Befüllung des Tagebaurestsees Inden aus der Rur. In: WasserWirtschaft 103 (2013), Heft 1-2, S. 66-71.
- [5] Bäuerle, E.; Uhlmann, W.; Nixdorf, B.: Gutachten Tagebauee Inden II, Entwicklung der Wasserqualität und der resultierenden limnologischen Eigenschaften. BTU Cottbus, 2004.
- [6] Grünwald, U.; Nixdorf, B.: Prognose der Restseebeschaffenheit im Tagebau Hambach (Grobaussagen). BTU Cottbus, 2000.
- [7] Cremer, N.: Pyritoxidation und Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Grundwassers. In: World of Mining (2016), Heft 2, S. 110-117.
- [8] Hüsener, D.: Pyritgehalte in den Tagebauen des Rheinischen Reviers: Auswirkungen und Maßnahmen. In: World of Mining (2016), Heft 2, S. 100-109.
- [9] Lenk, S.; Wisotzky, F.; Cremer, N.: Hydrochemie von Eisenausscheidungen an Grundwasseraustritten der Abraumkippe Berrenrath (Rheinisches Braunkohlenrevier). In: Grundwasser (2013), Heft 18, S. 35-45.
- [10] Lenk, S.: Hydrogeochemische Untersuchungen und Gewässerunterhaltung an der Berrenrather Börde, Rheinisches Braunkohlenrevier. In: World of Mining (2016), Heft 2, S. 90-100.
- [11] IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser (Hrsg.): Eisenbelastung der Spree aufgrund diffuser Einträge, Prüfung der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das Rheinische Braunkohlenrevier. Gutachten, 2014.
- [12] Rüde, T.: Gutachterliche Prognose über die zukünftig zu erwartende Grundwassergüte im Abstrombereich der Kippe und wasserwirtschaftliche Auswirkungen auf die im Einflusbereich gelegenen Oberflächengewässer sowie den geplanten Restsee. RWTH Aachen, 2014.

Christian Forkel, Christian Müller, Sara Hassel, Piercristian Rinaldi and Marcel Rüping

### Residual lakes and mine drainage water in the Rhenish lignite area

After the closure of opencast mines, the residual pits will be filled with water. The construction of these residual lakes, their filling with water from nearby rivers and their water quality management are real challenges in terms of regional water management. These lakes pose challenges, but also offer opportunities for humans as well as for nature. They are to be one of several nuclei in the development of a post-mine region. It is the task of all water management actors to make this become a reality. Another water-related challenge is the management of mine drainage water. As groundwater rises and seeps into the overburden dumps, the results of the oxidation of geogenic pyrites will influence the chemical water composition, leading to higher concentrations of sulphates and iron as well as to a limited reduction of the pH-value. Different countermeasures are already being taken, so that outside the mines it is in general the sulphate concentrations that are of relevance. To ensure that this does not affect natural habitats such as rivers or the public water supply, additional countermeasures will have to be taken in future. The tasks that have been caused by lignite mining activities are performed by the mining company. The associated costs can be reliably assessed and covered thanks to appropriate mining provisions.

# Wasserwirtschaft im Rheinischen Braunkohlengebiet: Konsequenz zu Ende denken



Quelle: Erftverband

**Dr. Bernd Bucher**  
Bereichsleiter Gewässer  
Erftverband, Bergheim

In den fünfziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts waren die oberflächennahen Braunkohleflöze im Rheinischen Braunkohlengebiet weitgehend ausgekohlt. Daraufhin wurde die weitreichende Entscheidung getroffen, neue Großtagebaue zum Abbau der tiefliegenden Braunkohleflöze aufzuschließen. Für die Wasserwirtschaft erwuchs daraus die Aufgabe, durch tiefgreifende Grundwasserabsenkungen den Betrieb der mehrere hundert Meter tiefen Tagebaue zu sichern und gleichzeitig die negativen Auswirkungen der weitreichenden Grundwasserabsenkungen auf die Wasserversorgung, die Gewässer und Feuchtgebiete durch Gegenmaßnahmen zu minimieren.

Darüber hinaus bedeutete die Entscheidung zum Aufschluss von Großtagebauen aber auch, dass erstmals über das Tagebauende hinaus langwierige, umfangreiche wasserwirtschaftliche Maßnahmen bis zum Erreichen eines sich selbst regulierenden Wasserhaushalts erforderlich würden. Erste Überlegungen insbesondere zur Flutung der zukünftigen großen Restseen mit Wasser aus dem Rhein und zur langfristigen Sicherung der Wasserversorgung stammen aus den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts.

Zwanzig Jahre später wurden dann in groß angelegten Untersuchungsprogrammen, insbesondere im Zuge der Genehmigungsverfahren zum umstrittenen Tagebauvorhaben Garzweiler II, erstmals die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen auch nach Tagebauende umfassend betrachtet. Das mittlerweile gestiegene Umweltbewusstsein in Politik und Gesellschaft führte in den achtziger Jahren zu der Erkenntnis, dass Braunkohlenta-

gebaue nur noch dann genehmigungsfähig sind, wenn sie in ihren Auswirkungen auf den Wasser- und Naturhaushalt konsequent bis zu Ende gedacht werden.

Folgerichtig wurde im Braunkohlenplan Garzweiler II im Jahr 1995 die Zielsetzung formuliert, dass durch das rechtzeitige Heranführen von Wasser aus dem Rhein nicht nur der Restsee befüllt und damit auch der Grundwasserwiederanstieg gezielt beschleunigt werden muss. Auch die inzwischen bestehenden, umfangreichen Versickerungsmaßnahmen sind noch für einige Jahrzehnte nach Tagebauende zur vollständigen Sicherung der Wasserversorgung, zur Gewährleistung des grundwasserbürtigen Abflusses in den Fließgewässern und zum Schutz von grundwasserabhängigen Feuchtgebieten zu betreiben. Darüber hinaus wurde ein umfassendes Maßnahmenpaket zur Minimierung des Stoffaustrags aus Abraumkippen, der erst im Zuge des Grundwasserwiederanstiegs zum Tragen kommt, beschlossen.

Diese Grundsätze und Zielsetzungen sind noch heute gültig. Sie werden durch einen breit angelegten und für die Öffentlichkeit transparenten Monitoringprozess laufend überprüft.

Auf dieser Grundlage werden nun – angesichts des allmählich näher rückenden Endes des aktiven rheinischen Braunkohlenbergbaus – die erforderlichen wasserwirtschaftlichen Maßnahmen in den kommenden Jahren und Jahrzehnten Schritt für Schritt aktualisiert, konkretisiert und umgesetzt. Es ist offensichtlich: Weitsichtiges und konsequentes Denken und Handeln in der Wasserwirtschaft zahlen sich aus – nicht nur im Zusammenhang mit dem Braunkohlenbergbau.

Mit freundlichen Grüßen