

Talsperren unter Bergsenkung – ein Praxisbeispiel zur Sanierung in NRW

Mit dem Ende des Steinkohlebergbaus im Ruhrgebiet sind die Folgen, die durch den jahrhundertelangen untertägigen Bergbau verursacht wurden, nicht unmittelbar beendet. Am Praxisbeispiel einer Talsperre, die errichtet wurde, um den bergsenkungsbedingt gestörten Abfluss temporär zu regulieren, werden die vom Bergbau induzierten Einflüsse zusammen mit den künftigen Aufgaben des Hochwasserschutzes in der deutschen Metropolregion vorgestellt.

Patricia Schüll und Udo Peters

1 Einleitung

Zum Hochwasserschutz wurden im Ruhrgebiet Fließgewässer, deren Abfluss bergsenkungsbedingt gestört wurde, u. a. durch den Bau von Hochwasserrückhaltebecken (HRB) und kleinen bzw. mittleren Talsperren verändert. Diese liegen nahe an der Bebauung und haben wegen des fortschreitenden Bergbaus immer wieder bauliche Anpassungen erfahren. Im Spannungsfeld zwischen Beanspruchung der Bausubstanz, aktuellem Hochwasserisikomanagement sowie genehmigungsrechtlichen und ökologischen Aspekten des Nachbergbaus sind neue Herausforderungen an die Planung und das Bauen im Bestand gegeben. Diese werden am Beispiel des HRB Talsperre Rotbachsee vorgestellt.

2 Bergbaueinfluss

Der untertägige Bergbau veränderte die Topographie und damit die Vorflutsituation in den Oberflächengewässern. Mit dem verfahrensbedingt gewonnenen Nebengestein lieferte der Bergbau auch das verwendete Deichbaumaterial, die Waschberge. Sie sind das bei der untertägigen Steinkohlegewinnung beibehaltene Nebengestein. Die Trennung des Nebengesteins von der Kohle erfolgt mithilfe einer schweren Trennflüssigkeit (Kohlenwäsche). Nach diesem Vorgang wird das Nebengestein Waschberge genannt. Vor Verwitterung geschützt, in verdichtetem Zustand eingebaute Waschberge sind ein sehr schersfester, gut verarbeitbarer Dammbaustoff [1].

Kompakt

- Durch den untertägigen Bergbau wirkten Bergsenkungen über einen längeren Zeitraum auf die vorgestellte Talsperre ein.
- Unter diesem Einfluss änderten sich sowohl das Einstauvolumen als auch die für den planmäßigen Betrieb erforderliche Dammhöhe und der Freibord.
- Die zukünftige Nutzung der Anlage weist sie als Teil des Hochwasserisikomanagements am Rotbach aus.

Um den Einfluss des untertägigen Bergbaus auf die beispielhaft beschriebene Talsperre vorzustellen, wird auf die Lagerstätte und den untertägigen Abbau eingegangen. Sie besteht aus unterschiedlich mächtigen Kohleflözen in Wechsellagerung mit Sand- und Tonsteinen. Deshalb grenzen die Abbaufelder nicht nur lateral aneinander, sondern überlagern sich auch in unterschiedlichen Tiefen. Dadurch verlagert sich während des Abbauprozesses der Senkungsschwerpunkt im Abbaufeld, der sich als Bergsenkung bis zur Oberfläche durchpaust. Diesem Einfluss am Rand einer Senkungsmulde unterlag auch die Talsperre Rotbachsee, weshalb sich sowohl das Einstauvolumen veränderte als auch die für den planmäßigen Betrieb erforderliche Dammhöhe und der Freibord. Vorlaufend vor dem eintretenden Mindermaß wurde das Absperrbauwerk angepasst, d. h. es erfolgte eine Aufhöhung um die prognostizierte Senkung. Diese Aufhöhungen wurden nach Bundesbergrecht genehmigt und planmäßig in mehreren Phasen durchgeführt. Die bautechnische Umsetzung wird nach der Anlagenbeschreibung erläutert.

Die Talsperre Rotbachsee wird seit den 1990er-Jahren vom Lippeverband (Essen) betrieben. Sie hat ein Volumen von ca. 500 000 m³. Der regulierte Rotbach durchströmt die Talsperre im zentralen Bereich. Die Anlage besteht aus einem Haupt- und Nebenbecken, der Hochwasserentlastungsanlage (HWE) und einer Wehranlage. Unmittelbar östlich der Wehranlage befindet sich der Grundablass am dauergestauten Rotbachsee. Der Dammkörper der Talsperre Rotbachsee erstreckt sich im S-förmigen Grundriss über eine Länge von ca. 500 m und riegelt das Bachtal ab. Der Damm weist im zentralen Bereich mit ca. 70 m an seiner Basis die größte Breite auf. Unmittelbar nordwestlich des Wehrs erstreckt sich die 35 m breite HWE, die als Überfallkrone mit nachgeschaltetem Tosbecken und Auslauf ausgebildet ist. **Bild 1** zeigt die Anlage von der Wasserseite.

Der Dammkörper der HWE ist ein Erddamm, der im Dammkern aus verdichtet eingebauten Waschbergen besteht, die an der tal- und wasserseitigen Flanke mit sandigem Erdaushub überdeckt wurden. Die luftseitige Böschungsneigung beträgt 1:2,8 und wasserseitig 1:6.

Das vorhandene Deckwerk besteht mit Ausnahme des oberen Bereichs aus Basaltsteinen, die in Sand gebettet sind. Im Rahmen der Aufhöhungen wurde das Deckwerk aufgenommen und nach

Herstellung der Dammaufhöhung wieder eingebaut. Diese ursprünglich einheitlich gepflasterte Überlaufschwelle erhielt bei der letzten, temporären Aufhöhung eine Aufsatzschiene, die das geringe Untermaß ausglich. Die Stahlschiene wurde durch ein Hochwasser aktiviert und aus ihrer Verankerung gerissen. Als Sicherungsmaßnahme im erodierten Bereich wurde anschließend eine Steinschüttung aufgebracht.

3 Vertiefte Überprüfung und hydraulische Untersuchungen

Im Rahmen der vertieften Überprüfung (VÜ) erfolgte die Feststellung des Istzustandes der einzelnen Bauwerksteile mit der Darstellung des konkreten Sanierungsbedarfs. Dieser resultierte nicht nur aus dem laufenden Betrieb, sondern auch aus der Nutzungsänderung der Gesamtanlage, die im Rahmen des Hochwasserisikomanagements zukünftig nach Wasserrecht betrieben wird.

Nach DIN 19 700-11/-12 wurden folgende, für Talsperren maßgeblichen Lastfälle betrachtet:

- HQ_{100} , festgesetztes Überschwemmungsgebiet gemäß § 76 LWG,
- BHQ_1 , Hochwasserbemessungsfall 1 zum Nachweis der Tragsicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit der HWE,
- BHQ_2 , Hochwasserbemessungsfall 2 zum Nachweis der Anlagensicherheit bei Extremhochwasser.

Hierzu waren umfangreiche Untersuchungen erforderlich, um die Parameter zu ermitteln, die die Bemessung der HWE entscheidend beeinflussen. In diesem Abschnitt werden beispielhaft die umfangreichen hydraulischen Berechnungen vorgestellt, mit denen die Stauwurzel nach Abklingen der Bergsenkungen ermittelt wurde.

Für die geplante Instandsetzung der HWE an der Talsperre Rotbachsee ist die genaue Ermittlung der aktuellen Einstauhöhe, Einstaudauer und Überflutungsfläche bei Hochwasser oberhalb der Talsperre notwendig. Zur ersten Analyse der Auswirkungen der eingetretenen Senkungen auf das Einstauvolumen diente eine statische Flächen-Volumen-Analyse der beim HQ_{100} -Ereignis zu erwartenden Einstaufläche oberhalb des Absperrbauwerks. Sie basiert auf einer Verschneidung der maximalen Einstauhöhe am Bauwerk (Oberkante der HWE), mit den Höhen aus dem aktuellen digitalen Geländemodell (DHM). Das prognostizierte Einstauvolumen der Flächen-Volumen-Analyse nach Abbauende lag bei ca. 700 000 m³. Mit den aktuellen Höhendaten ergibt sich für die vereinfachte Abschätzung der Stauwurzel ein Einstauvolumen von ca. 825 000 m³. Die Einstaufläche hat sich um ca. 9 % und das entsprechende Volumen um ca. 18 % vergrößert.

Diese Abschätzungen zeigen, dass eine detailliertere Betrachtung der Fließ- und Einstauvorgänge in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf der Hochwasserwellen durch eine hydrodynamische Modellierung erforderlich war. Zur Abbildung der wechselnden Strömungen zwischen dem Gewässerbett und dem angrenzenden Gelände erfolgte eine numerische Kopplung des 1-D-Flussmodells mit dem 2-D-Geländemodell, um zeitbezogene Simulationen durchzuführen (MIKE FLOOD, Version 2014 [2]). Für die hydrodynamischen 1-D-/2-D-Berechnungen am Rotbach wurde



Bild 1: Luftbildschrägaufnahme Rotbachsee

das bestehende Flussmodell übernommen, ins 1-D-Gewässermodell konvertiert und entsprechend der Vermessungsdaten 2016 aktualisiert. Dabei wurden besonders die Profilgeometrie (Sohle, Geländehöhen links und rechts) und vorhandene Bauwerke (Brücken, Durchlässe und die Drosselwirkung des Dammbauwerks am Wehrdurchlass) korrigiert. So wurden Bereiche mit lokaler Uferabflachung und Seitenzuläufen detailliert erfasst, um frühzeitige Ausuferungen erkennen zu können. Für jeden Lastfall wurde die zugehörige Hochwasserwelle aus dem aktuellen hydrologischen Modell des Lippeverbands aus 2017 jeweils am Modellzulauf eingespeist. Mit den Ergebnissen aus den gekoppelten Simulationen wurden für jeden Lastfall der hydrodynamischen Hochwassersimulation detaillierte Daten ermittelt, so dass an jeder beliebigen gefluteten Zelle Ganglinien (Wasserspiegelhöhe, -tiefe etc.) erzeugt werden können. Daraus konnte die Bewertung der Einstaudauer der HWE erfolgen. Aus der detaillierten Berechnung ergibt sich mit einem Freibord von mindestens 0,50 m ein Einstauvolumen von 507 600 m³.

Bild 2 zeigt den Vergleich der Einstauflächen aus der hydrodynamischen Simulation und der statische Flächen-Volumen-Analyse. Die Stauwurzel aus der gekoppelten 1-D-/2-D-Simulation ist um ca. 25 % geringer als die Fläche aus der statischen Flächen-Volumen-Analyse, was das Einstauvolumen um ca. 38 % reduziert. Trotz großer Überstautiefen und einer Zunahme der Wasserspiegellagen von HQ_{100} zu BHQ_2 , ist keine Überströmung der Dammkrone am Absperrbauwerk zu erwarten. Damit ist die 2016 festgestellte Dammkronenhöhe im Bereich der Überlaufstrecke die erforderliche Höhe für den künftigen Anlagenbetrieb.

Die Ergebnisse waren erforderlich, um die Standsicherheit zu berechnen, den Erosionsschutz des Deckwerks festzulegen und die Änderungsanzeige für den weiteren Betrieb zu begründen.

Auf der Basis der aktuellen Berechnungen erfolgte die rechnerische Überprüfung der allgemeinen Standsicherheit an der HWE und der Erosionsnachweis des Deckwerks. Bei der kurzen Dauer eines BHQ_2 -Ereignisses (ca. 5 Tage) erfolgt keine vollständige Sättigung des Porenraums, so dass die Standsicherheit im Istzustand gegeben ist. Da durch Instandsetzung auch die Abflachung der luftseitigen Böschung vorgesehen ist, erhöht sich die Sickerstrecke und die Standsicherheit ist weiterhin ohne Dammfußdränage gegeben.

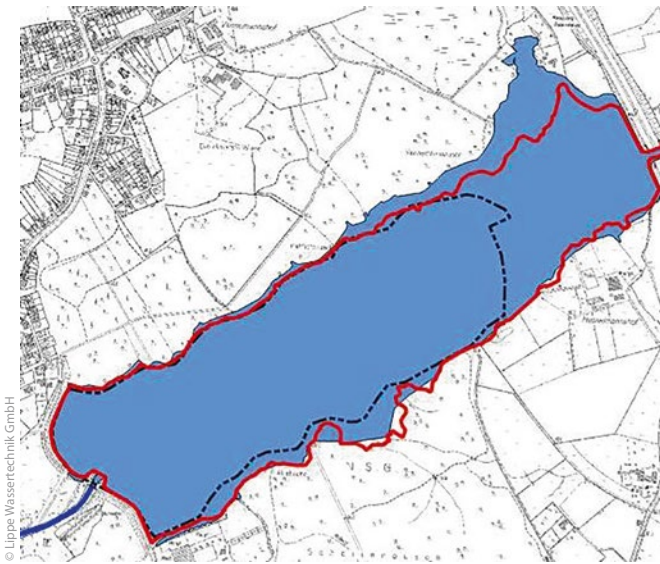


Bild 2: Vergleich der Stauwurzeln (gestrichelte Linie = Stauwurzel 1971, rote Linie = aktuelle Stauwurzel, blaue Fläche = Abschätzung der aktuellen Stauwurzel)

4 Planungsschritte

Aufgrund der durchgeführten Fachgutachten, Standsicherheitsberechnungen und Erosionsnachweise wurde die Instandsetzung des Deckwerks der HWE geplant und genehmigt: Sie sieht den Ersatz des vorhandenen Deckwerks durch den Einbau von Wasserbausteinen in Schüttsteinbauweise vor (**Bild 3**). Das alte Deckwerk und Dammmaterial werden profilgerecht zurückgebaut, und die neue Deckschicht aus Wasserbausteinen LMB 10/60 wird in einer Mächtigkeit von ca. 1 m über einem Geogewebe (GRK 5) eingebaut. Die Böschungsneigung der luftsteigen Dammflechte wird durch den Einbau der neuen Deckschicht auf 1:8 abgeflacht. In der Dammkrone wird zur gleichmäßigen Beaufschlagung des überströmbaren Bereichs ein Betonsporn auf dem luftseitigen Bankettstreifen des Dammkronenwegs errichtet. Hinter dem Betonsporn wird die Krone der HWE befahrbar ausgebildet und die Wasserbausteine als Steinsatz auf Magerbeton gesetzt. Im Auslaufbereich zum Rotbach ist eine Nachbettsicherung vorgesehen.

Da die Gesamtanlage während der Instandsetzung der HWE weiterhin den Hochwasserschutz für ein HQ_{100} gewährleisten muss, liegt der Fokus der Planung auf dem Hochwasserschutz während der Bauphase und der Baustellenandienung.

Die Andienung der Dammkrone ist relativ schmal und bietet keine Ausweichmöglichkeiten für den Baustellenverkehr, so dass auf den möglichen Zufahrten umfangreiche Bodenbewegungen zur Herstellung einer Baustraße und ein umfangreicher Baumschutz erfolgen oder wegen der Schleppkurven der Baufahrzeuge ein Teil der Bäume entlang des Weges gefällt werden müsste. Deshalb erfolgt die Andienung der Baustelle von der Bachseite, d. h. über die Auslaufstrecke der HWE und den Rotbach. Hierzu wird eine bauzeitliche Überfahrt des Rotbaches, deren Lage vorab mit der unteren Naturschutz- und Wasserbehörde abgestimmt wurde, geschaffen, die bei einem HQ_{10} zurückgebaut werden muss.

Neben den bautechnischen Aspekten lag mit dem Bauen im Bestand der Fokus auf den ökologischen Belangen. Durch moderate Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen, ebenso wie durch das Fehlen von Hochwasserabflüssen, die die sukzessiv entstandene Vegetationsschicht erodierten, siedelte sich im Nebenbecken und der Auslaufstrecke geschützte Fauna und Flora an, z. B. ein geschütztes Biotop im Nebenbecken des Rotbachsees (gem. § 42 LGNW u. § 30 BNatSchG). Daraus resultierten umfangreiche Abstimmungen mit den zuständigen Naturschutz-Behörden zur Baustellenandienung und Wiederherstellung der Schilfschicht in der Auslaufstrecke. Der Flurabstand in der Auslaufstrecke ist gering, so dass sich hier über Jahre wasserliebende Pflanzenarten, wie Binsengewächse und Schilf, angesiedelt haben, die ein Refugium für Brutvögel bilden. Durch die Bauarbeiten wird die Bodenfunktion beeinträchtigt und es muss ein Ersatz vorgesehen werden. Zur Schaffung einer befahrbaren Fläche für die Baufahrzeuge im Bereich der Auslaufstrecke wird die Vegetationsschicht abgetragen, seitlich gelagert und nach Abschluss der Arbeiten wieder angedeckt.

5 Hochwasserschutz während der Bauphase

Während der Bauphase sind die Erfordernisse der Standsicherheit zu beachten und die freiliegenden Baubereiche der HWE beim Einbau der neuen Deckschicht im Falle einer drohenden

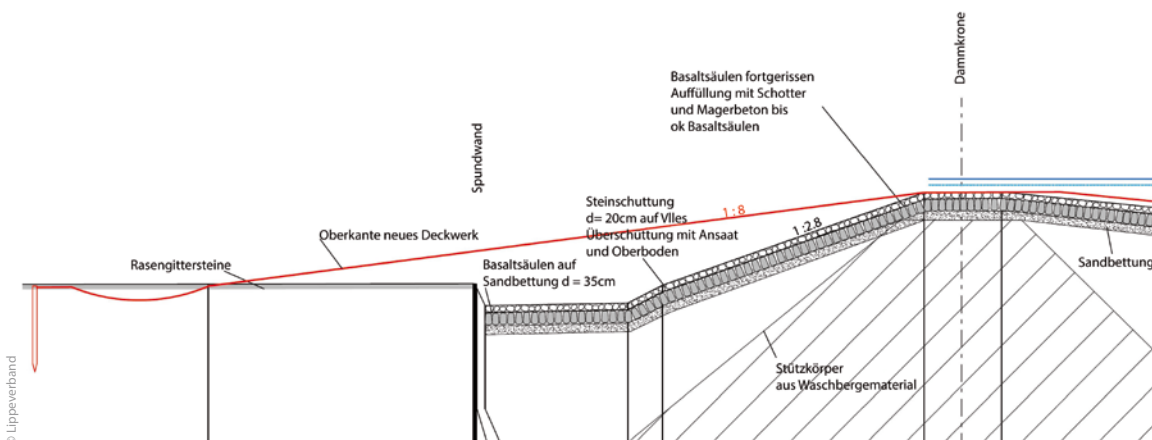


Bild 3: Schematisches Querprofil der HWE im Istzustand mit den Bemessungsabflüssen (blaue Linien)



Bild 4: Temporärer Hochwasserschutzwall wasserseitig der HWE

Überströmung bei einem extremen Hochwasserereignis ($>HQ_{100}$) zu sichern, damit die sichere Abführung der Hochwasserwelle über die HWE und die Standsicherheit des betroffenen Dammabschnitts auch im Bauzustand sichergestellt ist. Da die Dammkrone bauzeitlich um ca. 1 m abgetragen wird, würde die HWE ohne weitere bauzeitliche Maßnahmen während der Ertüchtigung bei HQ_{100} überströmt werden. Um dies zu verhindern und das Stauziel der Talsperre Rotbachsee während der Baumaßnahme aufrecht zu halten, sind bauzeitliche Hochwasserschutzmaßnahmen erforderlich. Es sind verschiedene Maßnahmen vorgesehen:

- Beweissicherung und Wasserstandswarnung mittels Referenzpegel mit Datenlogger,
- Randbedingungen für das Einstellen der Bauarbeiten und Räumen der Baustelle,
- bautechnische Maßnahmen: provisorischer Hochwasserschutzwall und Begrenzung der Tagesleistung.

Zum temporären Hochwasserschutz auf der wasserseitigen Dammflanke wurden Varianten, wie Spundwand, Quickdamm (Big Bags), Mobil- bzw. Schlauchdeich und ein temporärer Hochwasserschutzwall aus Wasserbausteinen, bewertet. Der Einsatz von Wasserbausteinen mit Betonoberfläche wird favorisiert, da dieser keinen Eingriff in den Stützkörper des HWE-Dammes und den geringsten Flächenbedarf aufweist. Er ist überströmungssicher, bautechnisch einfach herzustellen und wenig stör anfällig gegenüber Vandalismus. **Bild 4** zeigt den geplanten temporären Hochwasserschutzwall schematisch in der Örtlichkeit.

Patricia Schüll and Udo Peters

Reservoirs affected by subsidence - an example of water management in NRW

At the end of coal mining activities in the Ruhr area, the consequences of centuries of underground mining do not end at once. A reservoir is given for example, which was installed for regulation of run-off under subsidence conditions caused by coal mining. The reservoir exemplifies the impact of mining combined with the tasks of flood protection in this German metropolis region. Nowadays, the reservoir regulates the post mining water management. Therefore, the high water outlet sluice is recently reconstructed. The report shows the planning between the priorities of stress to the building stock caused by mining, the recent management of flood risks as well as the aspects of permission under law and ecology.

Die Sicherung des freiliegenden Baubereichs an der HWE erfolgt mittels vorgehaltener Wasserbausteine. Hierbei sind die Einbaugeschwindigkeit und -leistung der Baugeräte bestimmend, wodurch sich die Anzahl der Bauabschnitte für den Einbau der Deckschicht ergibt. Würde die Böschung über die gesamte Breite gleichzeitig freigelegt, müssten in diesem Bereich Wasserbausteine eingebaut werden, für die bei Berücksichtigung der durchschnittlichen Einbauleistung ca. zwei Arbeitstage erforderlich wären. Da dieser Zeitraum zu lange dauert, um Schutzmaßnahmen ergreifen zu können, darf die HWE nur abschnittsweise geöffnet werden, d. h. bei einem extremen Hochwasserereignis muss die geöffnete Fläche mit einer Tagesleistung geschlossen werden können.

Übersteigt der Abfluss die Abflussmenge eines HQ_{10} -Hochwasserereignisses, ist die Baustelle zu räumen.

6 Ausblick

Die Bauphase für die Maßnahme begann im November 2018. Über die bauliche Durchführung der Instandsetzung kann zum Vortragszeitpunkt ergänzend berichtet werden.

Autoren

Geologie-Assessorin Dipl.-Geol. Patricia Schüll

Lippe Wassertechnik GmbH
Brunnenstraße 37
45128 Essen
schuell@ewlw.de

Dipl.-Ing. Udo Peters

Lippeverband (LV)
Kronprinzenstraße 24
45128 Essen
peters.udo@eglv.de

Literatur

- [1] Borchert, Ch.; Grün, E.; Dudzik, A.; Jagsch, N.: Einsatz von Waschbergen im Deichbau. In: Geotechnik 32 (2009), S. 87-92.
- [2] DHI Water & Environment (Hrsg.): Simulationsprogramm MIKE FLOOD, Version 2014.
- [3] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.): Leitfaden Überströmbare Dämme und Dammscharten. In: Reihe Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie (2004), Bd. 90.

 Springer Professional.de

Bergsenkung



Prinz, H.; Strauß, R.: Bauen in Erdfall- und Senkungsgebieten. In: Ingenieurgeologie. 6. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum, 2018.

www.springerprofessional.de/link/16084004

Dachroth, W.: Geogene Gefahren. In: Handbuch der Baugologie und Geotechnik. 4. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum, 2017.

www.springerprofessional.de/link/13197256