

Abdichtung von Blockfugen der Herdmauer der Wiehltalsperre unter Vollstau

Sealing of joints at the cutoff wall of the Wiehl Dam at full reservoir level

Lothar Scheuer, Helge Klopsch, Ekkehard Heinemann

Abstract

A rapid increase of drain water and uplift pressures at the cutoff wall of the Wiehl dam during May 1999 was caused by leaking joints. A second sealing plane in addition to the damaged joint tape was arranged by PU injection. This measure reduced the uplift pressures and the drainage discharge significantly. A repeated rise in 2006 was related to the damage at one single joint. It could be repaired at full pool level.

Zusammenfassung

Ein rascher Anstieg des Dränabflusses und der Sohldrücke an der Wiehltalsperre im Mai 1999 entstand durch undichte Blockfugen der Herdmauer. Zur Abhilfe wurde zusätzlich zum vertikal verlaufenden Fugenband eine zweite Dichtungsebene aus PU- Injektionen angeordnet. Durch die Maßnahme wurden die Sohldrücke und der Dränabfluss deutlich reduziert. Ein erneuter Anstieg 2006 ergab sich durch den Schaden an einer einzelnen Fuge, der unter Vollstau behoben wurde.

1 Allgemeine und technische Daten zur Wiehltalsperre

Die Wiehltalsperre, ein Steinschüttdamm mit Asphaltkerndichtung, wurde in den Jahren 1967 – 1973 gebaut. Der Damm ist 360 m lang und 53 m hoch. Entlang der Gründungssohle des Dammes verläuft eine Herdmauer mit Kontrollgang, die den Anschluss der Asphaltabdichtung an den Felsuntergrund herstellt und damit Bestandteil des Dichtungssystems ist. Ein vertikaler Dichtungsschleier als Untergrundabdichtung reicht bis in eine Tiefe von ca. 50 m. Die Stahlbetonherdmauer ist ca. 360 m lang und in 30 Blöcke mit Längen zwischen 8,55 m und 13,20 m unterteilt. Die geplante Breite der Blockfugen beträgt 2 cm. Zur Abdichtung wurden Fugenbänder in die Stirnflächen der Herdmauerblöcke einbetoniert. Ein vertikal verlaufendes Fugenband bildet den Anschluss der Kerndichtung an den Dichtungsschleier im Felsuntergrund (Bild 1). Zur Abdichtung des Kontrollgangs wurde ein umlaufendes Fugenband eingelegt.

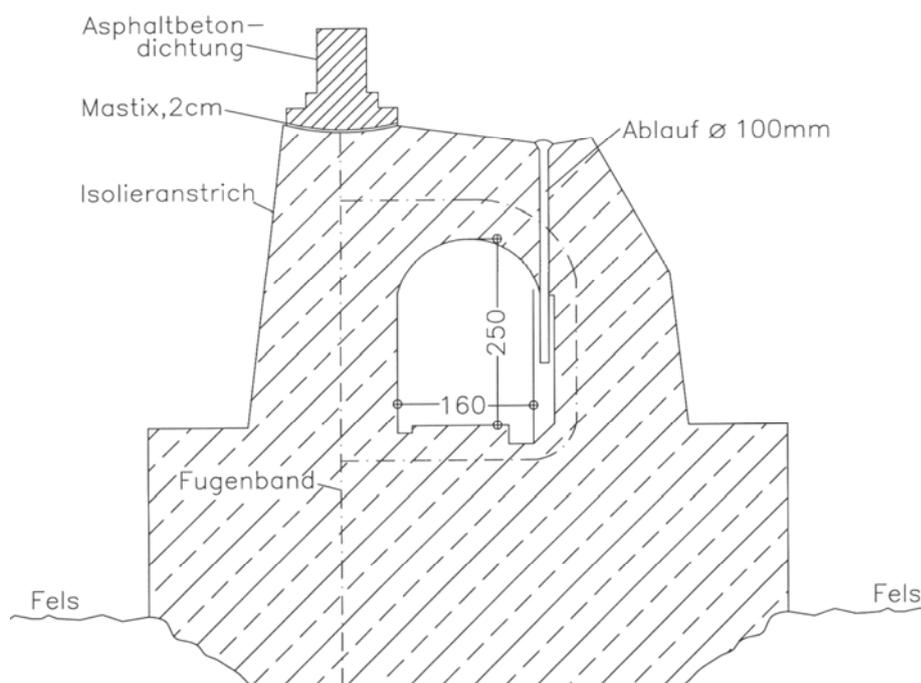


Bild 1: Querschnitt Herdmauer, ursprüngliches Abdichtungssystem mit Fugenband

2 Entwicklung der Messwerte

Im Kontrollgang befinden sich 19 Sohl Druck und 22 Sickerwassermessstellen. Die Dränwasserabflüsse werden am Dammfuß gemessen.

Bereits nach Inbetriebnahme der Talsperre traten an den Fugen 16/17 und 17/18 Leckagen durch beschädigte oder nicht fachgerecht eingebaute PVC-Fugenbänder auf. Die Gesamtsickerwassermenge betrug im Mittel 0,3 l/s. Der Dränwasseranfall betrug im Mittel ca. 5 l/s.

Die Sohlwasserdrücke, luftseitig des Injektionsschleiers, zeigen einen Abbau des anstehenden Wasserdruckes von im Mittel 85 %.

3 Schlagartiger Anstieg der Messwerte im Mai 1999

Nach Injektion der Leckagen an den Fugen 16/17 und 17/18 im Jahr 1998 und dem damit verbundenen Wegfall aller Fließgeräusche im Kontrollgang wurde eine bis dahin nicht wahrgenommene Strömung in größerer Tiefe unterhalb des umlaufenden Fugenbandes der Fuge 15/16 hörbar, wobei kein Wasser in den Kontrollgang eindrang. Eine Kontrolle aller Blockfugen zeigte, dass auch an den Fugen 13/14, 18/19 und 19/20 Fließgeräusche zu hören waren. Die vorgenannten Strömungsgeräusche verbunden mit einem plötzlichen Anstieg der Sohlwasserdrücke um mehr als 3,0 m WS an der Luftseite der Herdmauer und einem Anstieg des Dränwasseranfalls um 3 l/s bei fallendem Stauspiegel lösten folgende Maßnahmen aus:

- Information der Aufsichtsbehörden,
- Erkundung zur Durchlässigkeit des Untergrundes und Vorschlag zur Abdichtung der Fuge 15/16 durch einen Gutachter in Verbindung mit einem Spezialtiefbauunternehmen.

3.1. Schadensbewertung und Ursachenanalyse

Nach eingehender Untersuchung des Untergrundes wurden folgende Maßnahmen von seiten des Gutachters vorgeschlagen:

- Einbau 18 zusätzlicher Druckmessstellen,
- Nachinjektion des rechten Hangs,
- Anordnung von Dränbohrungen luftseitig der Herdmauer zusätzlich zum vorhandenen Dränsystem
- Abdichtung der Fuge 15/16 durch eine Zementinjektion.

Sofort umgesetzt wurde davon:

- Einbau der 18 Druckmessstellen zur Beobachtung der Drücke in unterschiedlichen Felshorizonten,
- Teilabdichtung an der Fuge 15/16, mehr wurde aufgrund zu hoher Strömungsgeschwindigkeiten nicht erreicht.

Auf zusätzliche Dränbohrungen wurde verzichtet, da die Höhe der Sohlrücke unproblematisch war und eine mögliche Erosion im Kluftsystem vermieden werden sollte.

Die Begutachtung der Fugenbänder durch einen Spezialisten führte zu folgendem Ergebnis:

- Fugenbandtyp ist nicht für den anstehenden Wasserdruck geeignet,
- Fügungen und Anschlüsse auf der Baustelle wurden nicht fachgerecht ausgeführt.

3.2. Sanierungskonzept zur Abdichtung der Blockfugen

Das Sanierungskonzept sieht die Ertüchtigung aller Blockfugen durch die Schaffung einer neuen Dichtungsebene zur Wasserseite, zwischen Asphaltkerndichtung und Felshorizont nach folgendem Aufbau vor (Bild 2):

- Eine nach unten gerichtete Bohrung in der Fuge bis ca. 1,0 m in den Fels, $d \geq 60$ mm.
- Eine nach oben gerichtete Bohrung bis ca. 0,50 m in die Kerndichtung $d \geq 60$ mm.
- Injektion der Bohrungen und Füllung des Ringraumes zwischen 1. und 2. Bohrung bis an das umlaufende Fugenband mit niedrigviskosem 2K-PU Harz

3.3. Modellversuch zur Fugenabdichtung

Es wurde ein Fugenmodell aus zwei Betonblöcken hergestellt und so angeordnet, dass eine durchströmte Fuge simuliert werden konnte. In die Bohrung wurde ein Geotextilschlauch eingebaut und mit Hilfe eines Packers gegen strömendes Wasser injiziert. Es zeigte sich, dass das Harz aufgrund der Strömung nicht vollständig ausreagieren konnte und trotz des Geotextilschlauchs ausgetragen wurde.

In einem 2. Versuch wurde das Modell zur Simulation einer unter Druck stehenden Fuge umgebaut und das PU Harz gegen den Wasserdruck über Packer injiziert. Bei diesem Versuch reagierte das Harz vollständig aus und dichtete die Fuge ab.

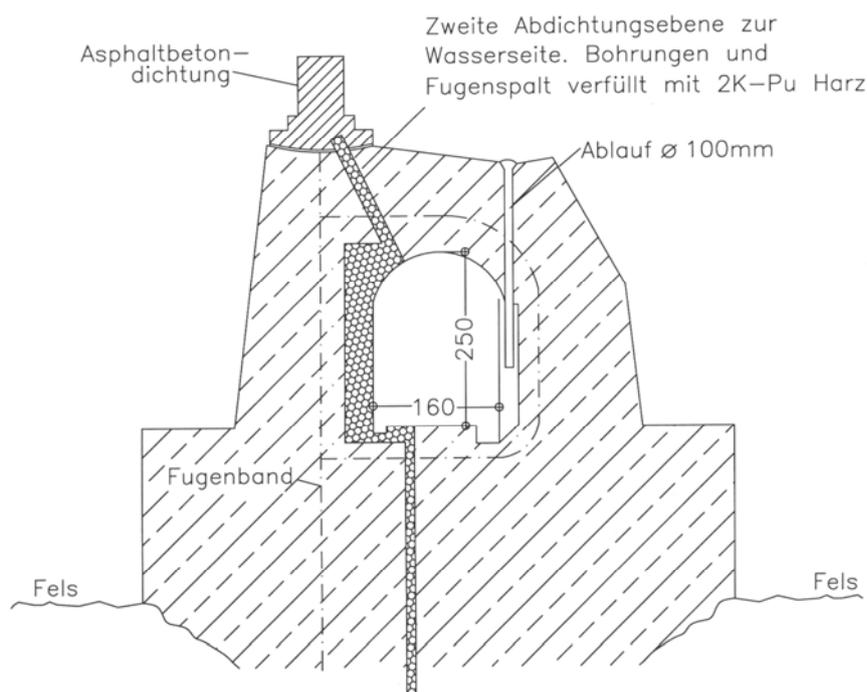


Bild 2: Querschnitt Herdmauer, zweite Abdichtungsebene

4 Abdichtung der Blockfugen

4.1. Bohrtechnik

Die Bohrarbeiten gestalteten sich schwierig, da die Fugen weder planparallel noch senkrecht ausgeführt waren. Fugenversätze von bis zu 4 cm und Richtungsänderungen traten häufig auf. Um dem Fugenverlauf folgen zu können, wurden die nach unten gerichteten Bohrungen abgestuft. Mit $d = 270$ mm ca. 0,30 – 0,60 m tief durch den oberen Beton, dann Ortung des weiteren Verlaufs bis zum Fugenband mit einer Sonde, Fortsetzung mit $d = 150$ mm ca. 0,50 – 0,90 m tief bis zum Fugenband, ab diesem Punkt wurde die Richtung erneut sondiert und mit $d = 101$ mm fortgesetzt. Nachfolgende Richtungsänderungen wurden durch erneutes Ausrichten des Bohrgerätes und Anschneiden der Bohrungen vorgenommen.

4.2. Injektionstechnik

4.2.1 Bohrungen ohne Wasserandrang

Nicht durchströmte Fugen bzw. Bohrungen wurden mit PU Harz aufsteigend verfüllt. Da der Bohrlochmund bei den nach unten gerichteten Bohrungen einen Durchmesser von $d \geq 250$ mm aufwies und teilweise unregelmäßig geformt war, wurden Deckel mit Gummidichtung und Entlüftungsventil zur Abdichtung aufgeschraubt. Das Harz wurde über eine Injektionsleitung von unten nach oben aufsteigend injiziert. Die Entlüftung wurde geschlossen, sobald dort Harz austrat. Nachfolgend wurde weiter unter Druck injiziert. Erste Erfahrungen zeigten, dass die Anordnung einer Nachinjektionsleitung für eine komplette Verfüllung der Bohrung zweckmäßig war.

4.2.2. Abdichtung bei großem Wasserandrang

Der durchströmte Bereich im Bohrloch 15/16 lag direkt unterhalb des Fugenbands. Unterhalb dieser Zone wurde die Bohrung über einen Packer mit Harz injiziert. Der durchströmte Bereich darüber wurde mit Bleiwolle gestopft und oberhalb wieder Harz injiziert.

Diese Maßnahme erwirkte kurzfristig eine Reduktion des Dränabflusses am Dammfuß. Dauerhaft konnte damit jedoch keine Verbesserung erzielt werden. Testbohrungen mit $d = 20$ mm in die seitlichen Fugenbandbereiche zeigten Durchströmungen an.

Zur Abdichtung wurden Bohrungen mit $d = 66$ mm ähnlich einer überschnitten Bohrpfahlwand neben der Bohrung in der Fuge bis 10 cm unterhalb des Fugenbandes abgeteuft und mit Blei gestopft. Mit der abschließenden Injektion wurde die Fuge vollständig abgedichtet.

4.3. Ergebnisse

Insgesamt wurden 4 100 Liter PU Harz verbraucht. Die Fließgeräusche an allen Blockfugen wurden abgestellt und die Dränabflüsse auf unter 1 l/s reduziert.

5 Erneuter Anstieg der Messwerte 2006

5.1 Schadensbewertung und Ursachenanalyse

Durch hohe Niederschläge kam es Ende März/Anfang April zu einem deutlichen Anstieg der Dränabflüsse. Da die Luftseite des Damms und auch die seitlichen Hänge Niederschlagswasser zum luftseitigen Dammfuß führen, war die Zunahme zunächst nicht ungewöhnlich. Allerdings erfolgte der anschließende Rückgang des Wasseranfalls nicht entsprechend früherer Erfahrungen. Vielmehr stabilisierte sich der Abfluss bei etwa dem 10-fachen des üblichen Wertes. Ferner waren an der Herdmauerfuge 15/16 mit dem Stethoskop Fließgeräusche wahrnehmbar.

Als Ursachen für die plötzlich erhöhte Durchlässigkeit wurden folgende Möglichkeiten diskutiert:

Bei der vorhergehenden Sanierung war es aufgrund des großen Wasserandrangs zu einer grobporigen Kunststofffüllung gekommen, welcher eine Dichtwirkung nur über einen gewissen Zeitraum zugeschrieben werden kann.

Eine etwa 2,50 m unter dem Kontrollgangboden liegende, horizontale Arbeitsfuge, welche auch mit einem Fugenband gedichtet ist, führte aufgrund eines Schadens verstärkt Wasser.

Zur weiteren Untersuchung wurde eine Bohrung $d = 200$ mm bis zum Blockfugenband angeordnet. Am Bohrloch erfolgte ein starker Wasseraustritt. Unter dem Fugenband fand sich eine lückenhafte, blasige Polyurethanfüllung größerer Ausdehnung, womit die erstgenannte Vermutung gestützt wurde. Die Bohrung wurde abgestuft mit den Durchmessern $d = 131$ mm und $d = 101$ mm dem Fugenverlauf folgend bis auf den Fels in 6 m Tiefe fortgesetzt.

Zur weiteren Abklärung wurden seitlich neben der Blockfuge kleinere Bohrungen bis zur Arbeitsfuge abgeteuft. Da dort kein signifikanter Wasserandrang herrschte, wurden die weiteren Aktivitäten auf die erstgenannte Schadensmöglichkeit konzentriert.

5.2 Abdichtung der schadhaften Blockfuge

Für das Konzept war maßgebend, dass eine 2K PU-Injektion bei dem hohen Wasserandrang in der Fuge aufgrund der kurzen Erhärtungszeit zunächst die einzige Möglichkeit einer Abdichtung bot. Versuche mit anderen Harzen schlugen fehl. Für eine dauerhafte Dichtwirkung wurde wasserseitig davon eine weitere Bohrung für eine Zementinjektion vorgesehen.

Bei der Durchführung der Arbeiten erwies sich der Wasserdurchtritt als zu groß, um eine Aushärtung zuzulassen. Deshalb wurde eine wasserseitige Bohrung zur Entspannung genutzt. Aber die nachfolgenden Versuche mit PU-Harzen scheiterten.

Die Anordnung einer dritten Bohrung (Bild 3) in der Fuge führte zu folgendem System:

- Die wasserseitige Bohrung wird wie zuvor zur Entlastung genutzt.
- Die mittlere Bohrung wird mit Bleiwolle gestopft und führt zu einer zusätzlichen Reduzierung des durch die Fuge dringenden Wassers.
- Die luftseitige Bohrung wird mit einem 2K-PU-Material injiziert.

Anschließend wurde die wasserseitige Bohrung mit einem Deckel verschlossen, durch welchen ein Manschettenrohr geführt war. Die abschnittsweise Injektion mit unterschiedlich feinem Zement führte zu einer zufrieden stellenden Abdichtung der Blockfuge.

5.3 Messergebnisse nach der Abdichtung

Die Sicker- und Dränwasserabflüsse nach erfolgter Abdichtung erreichen wieder die übliche Größenordnung. Dieser bei Vollstau erzielte Erfolg ist beispielgebend für den Fall dass zu einem späteren Zeitpunkt an anderer Stelle ein erhöhter Durchfluss an einer Hermauerfuge auftreten sollte.

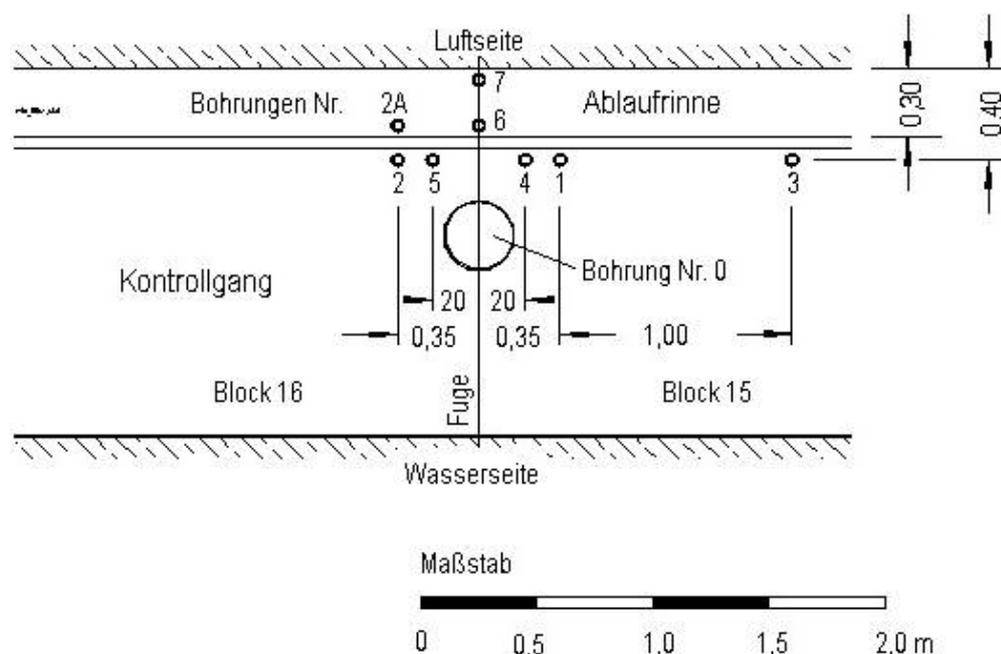


Bild 3: Anordnung der Bohrungen, Injektion 2006

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr.- Ing. Lothar Scheuer
Aggerverband
Sonnenstraße 40
51645 Gummersbach
lothar.scheuer@aggerverband.de

Dipl.-Ing. (FH) Helge Klopsch
Aggerverband
Sonnenstraße 40
51645 Gummersbach
helge.klopsch@aggerverband.de

Prof. Dr.- Ing. Ekkehard Heinemann
Fachhochschule Köln
Betzdorfer Straße 2
50679 Köln
ekkehard.heinemann@fh-koeln.de