

# **Kostengünstige Instandsetzung der Glörtalsperre mittels Dränagegestollen und Sanierung des luftseitigen Mauerwerks durch Spritzbeton**

Volker Bettzieche, Frank Roesler und Ulrich Moschner

## **1 Historie**

Anlass für den Bau der Glörtalsperre war die Expansion der Aktivitäten der Kleineisen- und Drahtindustrie des Sauerlandes im späten 19. Jahrhundert und deren zunehmender Bedarf an ausreichendem und sicherem Triebwasser. So wurde u.a. die Glörtalsperre auf Betreiben des Volme-Wasserverbandes geplant, um die Triebwerke der im Volmetal gelegenen Industriebetriebe mit Wasser zu versorgen. Hinzu kam ein Interesse des damaligen privatrechtlichen Ruhrtalsperrenvereins (RTV), welcher bestrebt war, für die großräumige Wassermengenvirtschaft des Ruhrgebiets Speicherraum zu schaffen oder sich an zu schaffendem Speicherraum finanziell zu beteiligen und so ein Wasserkontingent zu sichern [4].

Die Glörtalsperre wurde zwischen 1904 und 1906 nach einem Entwurf von Prof. Intze [3], dem seinerzeitigen Ordinarius für Wasserbau an der Technischen Hochschule Aachen, errichtet. Die Talsperre befand sich bis Ende 1984 im Eigentum des Volme - Wasserverbandes und wurde 1985 durch den Wasserbeschaffungsverband Lüdenscheid (WBV) übernommen. Seither diente die Talsperre nur noch als Reserve für die Trinkwasserversorgung und vornehmlich der Naherholung.

Der WBV beauftragte die Ruhr-Wasserwirtschafts-Gesellschaft mbH, Essen (RWG; 1990 als 100%-ige Tochterfirma des Ruhrverbands gegründet) im August 1997, eine gutachterliche Stellungnahme über die zukünftige Verwendung der Glörtalsperre zu erarbeiten [5]. Ziel dieses Gutachtens war es vor allem, verschiedene Konzepte zur Zukunft der Glörtalsperre zu erstellen, wozu sechs Szenarien von der Stilllegung der Talsperre bis zur "Vollsanierung" erarbeitet wurden. Im 1999 bat der WBV die RWG, ein Angebot zur Genehmigungsplanung für die Sanierung der Glörtalsperre zu erarbeiten. Ein entsprechendes Konzept zur Sanierung der Glörtalsperre mittels Dränagebohrungen [6] legte die RWG im September 1999 vor.

## 2 Sanierungskonzept

Das seitens der RWG entwickelte Sanierungskonzept beruhte auf den Erfahrungen, die der Ruhrverband bei der Sanierung seiner Talsperren gewonnen hat. Hierbei sind die Listertalsperre (Sanierung 1964-1965), die Möhnetalsperre (Sanierung 1972-1974) und insbesondere die Ennepetalsperre (Sanierung 1997-2000) hervorzuheben, die mit Hilfe von Kontrollgängen und von diesen abgeteufte Dränagebohrungen saniert wurden. Die Anwendung der auf umfangreichen Messergebnissen beruhenden Erfahrungen an der vergleichsweise langen Staumauer der Ennepetalsperre (Kronenlänge 330 m) auf die kürzere Staumauer der Glörtalsperre (Kronenlänge 168 m) ließ ein Konzept entstehen, das die Sanierung durch Dränagen mit Hilfe eines verkürzten Kontrollgangs vorsah.

Die Kernpunkte des Sanierungskonzepts waren:

- Vollsanierung der Staumauer mit dem Ziel des späteren Betriebs bis zum Vollstau
- mittels eines 45 m langen Kontroll- und Dränagestollens im Mauerinneren und
- Dränagebohrungen sowie
- die lokale Sanierung von einzelnen Schadstellen im luftseitigen Mauerwerk.

Weitere Teilmaßnahmen umfassten die Abdichtung der Mauerkrone, die Anpassung des Tosbeckens und der Grundablassorgane sowie die Ergänzung von Mess- und Kontrolleinrichtungen.

Die Sanierung der Staumauer erfolgte von einem Kontrollgang aus, der oberhalb der Grundablassstollen im Mauerkörper verläuft (s. Bild 1). Von diesem Kontrollgang ausgehend entwässern Dränagefächer mit je zwei Bohrungen den darüber bzw. darunter liegenden Mauerbereich. Die Mauerflügel werden durch zwei kurze Blindstollen erreicht, mit Längen von 7 m am linken und 13 m am rechten Hang. Die Dränagen bewirken eine Reduktion der in Mauerkörper und Aufstandsfuge auftretenden Wasserdruckkräfte. Der rechnerische Sanierungserfolg wird durch die Vermeidung von Zugspannungen im Mauerkörper und in der Sohlfuge im Bemessungsfall I (gefüllte Talsperre) erreicht.

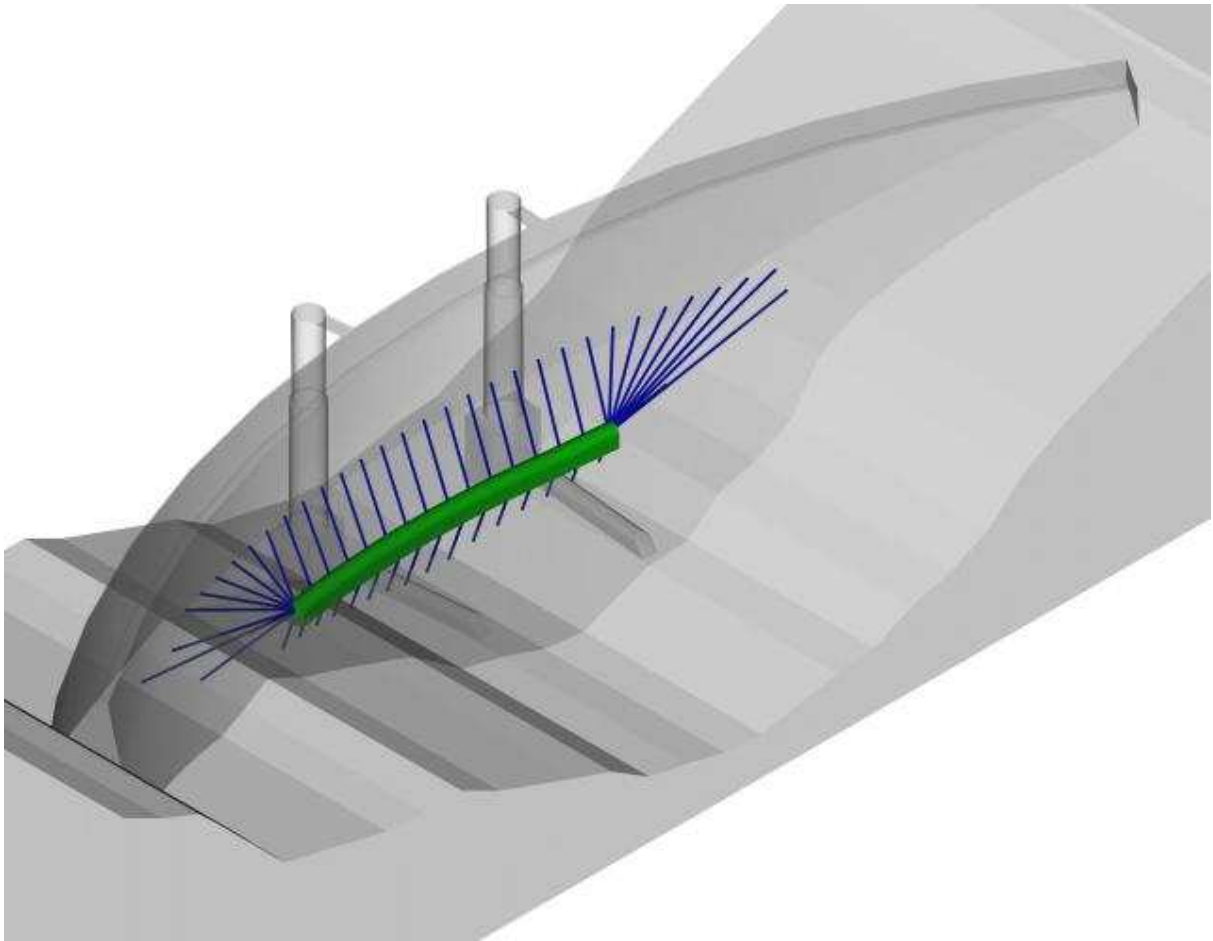


Bild 1: 3D-CAD-Modell mit Kontrollgang und Dränagen

## 2.1 Auffahrung des Kontrollstollens

Der etwa 45 m lange Kontrollgang war mit einem Ausbruchprofil von 2,20 m Breite und 3,00 m Höhe vorgesehen. Wie die statische Untersuchung zeigte, konnte der Kontrollgang mit einem Abstand von etwa 5 m zur Wasserseite oberhalb der Grundablassstollen ausgeführt werden. Vor dem Hintergrund der Erfahrungen, die RWG und Ruhrverband bei der Auffahrung von Dränagestollen in den o.g. Staumauern sammeln konnten, entschied man sich für einen sprengtechnischen Vortrieb. Im Vergleich mit den konkurrierenden Verfahren zeigt der Sprengvortrieb deutliche Vorteile bei kurzen Kontrollgängen (s. Tabelle 1).

Verfahren	TBM	händisch*)	Kernbohren	Sprengen*)
<b>Leistung pro Mannschicht</b>	1 m <sup>3</sup> / MS	0,4 m <sup>3</sup> / MS	0,2 m <sup>3</sup> / MS	0,7 m <sup>3</sup> / MS
<b>Kosten</b>	1.300 € / m <sup>3</sup>	1.800 € / m <sup>3</sup>	2.200 € / m <sup>3</sup>	1.100 € / m <sup>3</sup>
<b>Vorteile</b>	schnell	flexibel geringer Aufwand	flexibel erschütterungsarm	flexibel geringer Aufwand
<b>Nachteile</b>	unflexibel hohe Investition	Staub und Lärmbelastung für Mitarbeiter	hoher Zeitbedarf teuer	sorgfältige Überwachung erforderlich

\*) s. [1]

Tabelle 1: Vergleich der verschiedenen Vortriebsverfahren

Gegenüber der an der Ennepetalsperre eingesetzten Tunnelbohrmaschine hat der Sprengvortrieb den Vorteil, dass die gewünschte Geometrie entsprechend den statischen Erfordernissen und den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden kann. Durch profilgenaues Sprengen konnte der Kontrollgang mit nur geringen Nachprofilierungsarbeiten wirtschaftlich hergestellt werden. Die erschütterungsarme Sprengweise hielt die Erschütterungsbelastung und die Auflockerung des umliegenden Mauerwerkes in Grenzen.

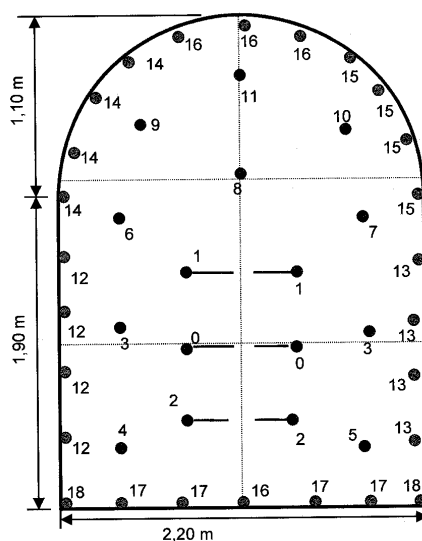


Bild 2: Sprengschema

Der Sprengvortrieb begann mit dem Aufbruch einer Kaverne über dem linken Grundablassstollen. Von hier wurde zunächst ein etwa 7 m kurzer Blindstollen in den linken Mauerflügel aufgeföhren. Zur Mauermitte hin steigt der Stollen mit etwa 5% Steigung bis zum rechten Grundablass. Der Sprengvortrieb überquerte zunächst mit geringer Deckung den rechten Grundablass und führte in einem etwa 13 m langen Blindstollen in den rechten Mauerflügel. Anschließend wurde die Deckung über dem rechten Grundablass durchgebrochen (s. Bild 3).

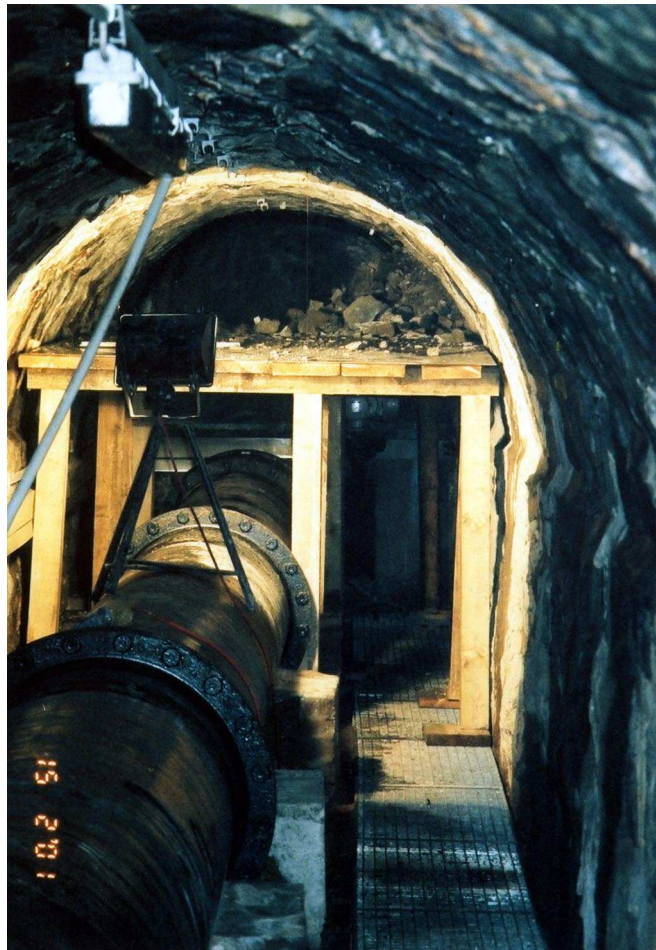


Bild 3: Durchbruch der Querung des Kontrollstollens über dem Grundablassstollen

## 2.2 Abteufen der Dränagebohrungen

Die Dränagebohrungen wurden vom Kontrollgang aus in den Mauerkörper vorgetrieben. Wie die statischen Voruntersuchungen zeigten, war es ausreichend, die Bohrungen bis zu einer Höhe von etwa 293 m ü. NN vorzutreiben. Oberhalb dieser Höhenkote ist die Mauer auch ohne Dränagen, also trotz Durchsickerung, standsicher.

Im mittleren Bereich der Mauer wurden je eine Bohrung vom Kontrollgang schräg nach oben zur Wasserseite und schräg nach unten in den wasserseitigen Sohlbereich abgeteuft. Der seitliche Abstand dieser aus 2 Bohrungen bestehenden Fächer beträgt 3 m.

Die Mauerflügel werden mit Drainagefächern entwässert, die von den Blindstollen aus vorgetrieben wurden. Einige dieser Bohrungen erreichen die Maximallänge von 25 m. Sie mussten mit einer hohen Genauigkeit ausgeführt werden. Als maximale Abweichung wurde 1% festgelegt. Dies erforderte den Einsatz einer besonders erfahrenen Bohrmannschaft.

Die Ausrichtung der Bohrungen an den Mauerflügeln erfolgte in dreidimensionaler Richtung, da die zu dränierenden Bereiche mit geraden Bohrungen im doppelt gekrümmten Mauerkörper erreicht werden mussten. Im Rahmen der Planungen mussten die Bohransatzpunkte sowie die Richtungen jeder einzelnen Bohrung genauestens angegeben werden. Diese Konstruktionsaufgabe erforderte den Einsatz eines dreidimensionalen CAD-Modells (s. Bild 1) und stellte erhöhte Anforderungen an das Vermessen und Einrichten der Bohrgeräte bei der Ausführung.

### **2.3 Sanierung des luftseitigen Mauerwerks**

Aufgrund der aus der Bauzeit und den Sanierungsarbeiten Anfang der 1950er-Jahre vorhandenen Aufzeichnungen sowie zusätzlicher Beurteilung anhand einer Inaugenscheinnahme des Mauerwerks vor Aufnahme der Arbeiten wurde bereits während der Planung von einem erhöhten Anteil schadhafter und somit zu ersetzender Steine an der luftseitigen Maueroberfläche ausgegangen. Es wurde eine Schädigung von etwa 10 % der Gesamtfläche berücksichtigt. Nach Aufnahme der Arbeiten am eingerüsteten rechten Mauerflügel stellte sich allerdings heraus, dass dieser Ansatz übertroffen würde. Anfangs wurde dabei ein insgesamt noch vertretbarer Anteil erwartet und das beschädigte Mauerwerk bis auf eine Auflagertiefe von 20 - 25 cm ausgebrochen, um das Einsetzen neuer Steine zu ermöglichen. Mit fortschreitender Bearbeitung der Flächen und den dabei vom Gerüst aus möglich gewordenen detaillierteren Untersuchungen über die Bausubstanz konnte jedoch selbst eine Schädigungsrate von über 40 % nicht mehr ausgeschlossen werden. Als Schadensursache können die schiefrige Steinstruktur in Verbindung mit Witterungseinflüssen und Pflanzenbewuchs auf der Oberfläche angesehen werden.

Somit stand fest, dass der vollständige Austausch aller beschädigten Steine zu unverhältnismäßig hohen Kosten geführt hätte. Fortan wurde der Abbruch der verwitterten Steine auf die tatsächliche Schädigungstiefe von in der Regel 5 - 15 cm beschränkt. Die so vorbereitete Bruchsteinoberfläche eignete sich für die baubegleitend erarbeitete Alternative, die Oberfläche des luftseitigen Mauerwerks der Glörstaumauer technisch einwandfrei durch den lokalen Auftrag von Spritzbeton wieder herzustellen. Aufgrund der angetroffenen

flächigen Schädigung mit relativ geringer Tiefe bestanden die Vorteile der Spritzbetonlösung einerseits in geringeren Kosten und andererseits in der Minimierung der Ausbruchtiefe, weil die Auflagerbildung für Ersatzsteine entfallen konnte. Bei diesen Argumenten traten die anfangs vereinzelt geäußerten Bedenken bezüglich einer möglichen Beeinträchtigung des optischen Erscheinungsbildes in den Hintergrund, zumal im weiteren Verlauf eine Gesamtschädigung von rund 50 % ermittelt wurde.

Das Sanierungskonzept sah vor, anstatt einer vollflächigen Vorsatzschale ausschließlich das ausgebrochene Volumen der schadhafte Grauwacke durch Spritzbeton zu ersetzen. Die Ausbruchflächen hatten im Mittel eine Größe von 1 m<sup>2</sup>, wobei einzelne Flächen sich auch über bis zu 10 m<sup>2</sup> erstreckten. Bei der technischen Umsetzung mussten die in der DIN 19700 formulierten Anforderungen an eine Staumauer hinsichtlich Verformungsfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit der Luftseite ebenso berücksichtigt werden wie eine ausreichende Verankerung des Spritzbetons, der in die durch das Entfernen von schadhaftem Mauerwerk in der Staumauer entstandenen Fehlstellen eingebracht wurde (Zu den techn. Einzelheiten s. [7]). Zur optischen Angleichung beider Baustoffe wurde der Spritzbeton abschließend mit einem auf der Oberfläche angedeuteten Fugenbild versehen. (s. Bild 4).



Bild 4: Maueroberfläche nach Spritzbetonsanierung (Gerüst noch nicht abgebaut)

## 5 Zusammenfassung

Die rechnerische Standsicherheit der Glörstaumauer war wie bei nahezu allen Intze-Staumauern nach 100 Jahren Betriebszeit nicht mehr gegeben. Das seitens der RWG entwickelte Sanierungskonzept sah eine Dränierung der Staumauer durch einen Kontroll- und Dränagestollen und Dränagebohrungen vor. Zusätzlich sollte die luftseitige Maueroberfläche durch den Austausch einiger schadhafter Bruchsteine und anschließender Neuverfugung saniert werden.

Die Auffahrung des Kontrollstollens erfolgte im Sprengvortrieb, die geometrisch komplizierten Dränagebohrungen wurden mittels eines CAD-Systems geplant und mit besonderer Sorgfalt ausgeführt.

Bei der Sanierung des Mauerwerks auf der Luftseite der Glörtalsperre wurde während der Ausführung ein nicht zu erwartender und außergewöhnlich hoher Anteil an verwitterten und in der Tiefe geschädigten Steinen vorgefunden. Aus wirtschaftlichen Gründen wurde eine dem Austausch der Bruchsteine technisch gleichwertige Lösung mit dem Einsatz von Spritzbeton gefunden. Auch optisch fand die Lösung das Wohlgefallen des Auftraggebers (s. Bild 5).

In der Gegenüberstellung der Sanierungskosten der Glörtalsperre und vergleichbarer Talsperren in Nordrhein-Westfalen in Tabelle 2 wird deutlich, dass nicht nur eine technisch zufriedenstellende, sondern auch eine kostengünstige Lösung gefunden wurde.

Talsperre	Inbetriebnahme	Mauervolumen [1000 m³]	Stauinhalt [1000 m³]	Vortrieb des Kontrollstollens durch ...	Kosten zu Mauervolumen [€ / m³]	Kosten zu Stauinhalt [€ / 1000 m³]
<b>Glör</b>	1904	35	2100	Sprengen	63 €	1,05 €
<b>Ennepe</b>	1904/12	106	12600	TBM	189 €	1,59 €
<b>Dreiläger</b>	1912	85	4280	Betonvorsatzschale	177 €	3,50 €
<b>Brucher</b>	1913	27	3300		334 €	2,73 €
<b>Fuelbecke</b>	1896	17	700		350 €	8,57 €
<b>Jubach</b>	1906	27	1050		291 €	7,62 €
<b>Hasper</b>	1904	59	2050		304 €	8,78 €

Tabelle 2: Vergleich der Sanierungskosten einiger Staumauern in Nordrhein-Westfalen





Bild 5: Luftseitige Maueroberfläche nach vollständiger Sanierung

### Literatur

- [1] Aberle, B. & Hellmann, H. 2000, Sprengen in Gewichtsstaumauern unter Vollstau, Procceding des 12ten Bohr- und sprengtechnischen Kolloquiums, Clausthal
- [2] Talsperrenbuch für die Glörtalsperre (gebunden), div. Dokumente datiert vom 1893 bis 1948
- [3] Prof. O. Intze: Entwurf einer Thalsperre im Glörbachthale oberhalb Dahlerbrücke für einen Stauinhalt von 2 Mill. cbm.; Aachen, 15.12.1900; aus [2]

- [4] Vertrag zwischen dem Ruhrtalsperrenverein, Essen, und der Genossenschaft zur Erbauung zweier Talsperren im Gloer- und Jubachtal bei Dahlerbrück und Volme; aus [2]
- [5] RWG: Untersuchung und Bewertung unterschiedlicher Konzepte zur Zukunft der Glörtalsperre; Essen, Oktober 1997
- [6] RWG: Konzept für die Sanierung der Glörtalsperre mittels Drainagebohrungen; September 1999
- [7] F. Roesler, U. Moschner, M. Berning; Sanierung des luftseitigen Mauerwerks der Glörstaumauer; Wasserwirtschaft; Dezember 2004

**Anschrift der Verfasser:**

Dr.-Ing. Volker Bettzieche, Ruhr-Wasserwirtschafts-Gesellschaft mbH, Kronprinzenstr. 37, 45128 Essen, [vbe@ruhrverband.de](mailto:vbe@ruhrverband.de)

Dipl.-Ing. Frank Roesler, Ruhr-Wasserwirtschafts-Gesellschaft mbH, Kronprinzenstr. 37, 45128 Essen, [fre@ruhrverband.de](mailto:fre@ruhrverband.de)

Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Wirt. Ing. (FH) Ulrich Moschner, Ruhr-Wasserwirtschafts-Gesellschaft mbH, Kronprinzenstr. 37, 45128 Essen, [umo@ruhrverband.de](mailto:umo@ruhrverband.de)