

*Text einer Veröffentlichung von
Hoppmann, Ch., Aberle B., Pierau B. und Prof. Wittke (1997):
"Sanierung der Diemeltalsperre"; Informationen 1996/ 97 der WSD Mitte,
Seite 106 – 112*

Die Instandsetzung der Diemeltalsperre

Bauberrat Christian Hoppmann,
Wasser- und Schiffsamt Hann. Münden

Dr.-Ing. Bernd Pierau, Dipl.-Ing. Bernd Aberle,
Professor Dr.-Ing. W. Wittke, Beratende Ingenieure für Grundbau und Felsbau GmbH (WBI)

Einleitung

Seit November 1995 laufen die Arbeiten zur Instandsetzung der Diemelstaumauer. Damit erfolgt auch die Anpassung der zweiten von der Wasser- und Schiffsverwaltung des Bundes betriebenen Talsperre an die Anforderungen der DIN 19700.

Hierzu wurde jedoch ein anderes Konzept gewählt als die Felsverankerung der Ederstaumauer.

Durch Herstellung eines Längskontrollganges in der Mauer sowie eines Injektionsschleiers mit einer dahinterliegenden Drainage in der Mauer und im Fels soll auch die volle Gebrauchsfähigkeit der Diemeltalsperre wiederhergestellt werden.

Veranlassung

Die Diemeltalsperre wurde in den Jahren zwischen 1912 und 1923 mit einer kriegsbedingten Unterbrechung von 1914 bis 1919 erbaut. Die Staumauer ist eine im Grundriß gekrümmte Gewichtstaumauer aus Diabas- Bruchsteinmauerwerk. Die Gründung erfolgte auf dem anstehenden Tonschiefer.

Die Mauer ist 42 m hoch, 194 m lang und mit einem Radius von 250 m gekrümmt. Das Stauvolumen beträgt 20,05 Mio. m³.

Die Betriebseinrichtungen bestehen aus sieben Hochwasserüberläufen auf der Mauerkrone, vier Notauslässen \varnothing 1,13 m im oberen Bereich der Mauer. (max. 60 m³/s Gesamt), einer Turbinenzuleitung \varnothing 1,50 m (max. 4,5 m³/s) und einem Grundablaß \varnothing 1,35 m (max 30m³/s).

Das Bemessungshochwasser (HQ 100) beim Bau der Mauer betrug 116 m³/s.

Die ursprüngliche Zweckbestimmung der Diemeltalsperre war die Speisung des Mittellandkanals bei gleichzeitiger Verbesserung der Niedrigwasserverhältnisse der Weser. Darüber hinaus dient die Talsperre dem Hochwasserschutz und der Energiegewinnung.

Bei Nachrechnungen Mitte der 80 Jahre wurde ermittelt, daß die Staumauer wegen des beim Bau nicht angesetzten Sohlwasserdruckes sowie der Erhöhung des Bemessungshochwassers (HQ 1000 = 160 m³/s) den heutigen Standsicherheitsanforderungen nicht mehr genügt. Das zulässige Stauziel mußte daher um 2,2 m abgesenkt und die Mauer durfte nicht mehr überströmt werden.

Daraufhin durchgeführte Vorplanungen durch erfahrene Ingenieurbüros führten zu fünf grundsätzlich möglichen Instandsetzungsvarianten zuzüglich der für die Edertalsperre ermittelten Lösungen.

Nach intensiver Abwägung wurde daraus schließlich die Variante SW, ein Sondervorschlag des Ingenieurbüros Prof. Dr.-Ing. Wittke, den weiteren Planungen zugrundegelegt. Diese sahen eine Injektion der Mauer von der Mauerkrone und von drei Zugangsstollen aus mit einer dahinterliegenden Drainage vor.

Mit Hilfe umfangreicher FE- Berechnungen erfolgte dann eine Optimierung dieser Variante mit Anordnung eines Längskontrollganges im Bereich der Gründungsfuge, einem Injektionsschleier in der Mauer und bis zu 30 m in den Fels sowie einer dahinterliegenden Drainage.

Instandsetzungsmaßnahmen - Kontrollgang, Injektionsschleier und Drainage

Wesentlicher Bestandteil der statisch erforderlichen Maßnahme ist ein ca. 150 m langer Kontrollgang im Verlauf der Sohlfuge. Er besitzt einen hufeisenförmigen Querschnitt mit 2,3 m Höhe und 1,6 m Breite im Endzustand.

Der Stollen dient in erster Linie der Abminderung des Sohlwasserdruckes.

Weitere Funktionen sind:

- Erkundung des anstehenden Felses
- Sammlung der Sickerwassermengen aus den Drainagen
- Möglichkeit zur Nachinjektion
- Zugang zu den wasserseitigen Schiebern der Grundablässe.

Um eine Verwitterung des anstehenden Tonschiefers zu verhindern, erhält der Stollen eine 30 cm starke Ortbetonauskleidung.

Wasserseitig vor dem Kontrollgang befindet sich in der Mauer und im Fels ein Injektionsschleier aus Zementsuspension zur Verringerung der Sickerwassermengen und damit zur Abminderung des Porenwasserdruckes.

Der Schleier besteht aus 46 m langen Bohrungen (\varnothing 86 mm) im mittleren Abstand von einem Meter. Die effektiven Verpreßdrücke betragen zwischen 3 und 5 bar in der Mauer und bis zu 20 bar im Fels.

Da die Funktionsfähigkeit der vorhandenen Drainage u.a. wegen der vorlaufenden Verpreßarbeiten nicht mehr gewährleistet ist, wird in Achse des Kontrollganges eine neue Drainage in der Mauer hergestellt. Bis zu 20 m in den Fels verlaufen die neuen Drainagen ca. 30° geneigt zur Luftseite. Damit wird eine Fassung des verbleibenden Sickerwassers erreicht und die Gesamtdurchströmung der Mauer minimiert. Darüber hinaus ist bei Bedarf eine örtlich gezielte Quelfassung vom Kontrollgang aus möglich.

Durch Ausführung dieser Komponenten ist die sichere Einhaltung der zulässigen Spannungen aus der gem. DIN 19700 erforderlichen Kombination von Widerlagerzuständen und Lastfällen möglich.

Wegen umfangreicher Schäden an den Stahlbetonkonstruktionen müssen darüber hinaus zum Abschluß der Gesamtmaßnahme auch die Brücken über die Mauerkrone und über dem Tosbecken erneuert werden.

Die sieben-feldrige Brücke über die Hochwasserüberfälle besteht aus einer durchlaufenden Halbfertigteilkonstruktion mit jeweils 7,19 m Spannweite. Sie wird gestalterisch der vorhandenen Brücke entsprechen, so daß kein Eingriff in den denkmalgeschützten Bestand der Anlage erfolgt. Die Brücke über das Tosbecken wird als U-förmiges Stahlbeton-Fertigteil ebenfalls an den vorhandenen Steg angepaßt.

Ausführung der Arbeiten **- Sprengvortrieb im Kontrollgang**

Mit den Ausbruchsarbeiten zur Herstellung des Kontrollganges wurde im Dezember 1995 begonnen. Insgesamt mußten in der Staumauer 1100 m³ Mauerwerk und Fels ausgebrochen werden. Aufgrund der Lage und der geringen Abmessungen des Kontrollganges konnten keine Vortriebsmaschinen zum Einsatz gebracht werden. Somit kam nur ein händischer Vortrieb mit Hydraulikmeißeln und Spaltgeräten oder ein Sprengvortrieb in Frage. Erfahrungen bei der Auffahrung von Kontrollgängen in der Urftstaumauer und in der Ederstaumauer sowie Probearbeiten vor Ort ließen beim händischen Vortrieb jedoch nur eine Vortriebsleistung von ca. 0,2 m pro Tag erwarten. Dies hätte zu einer Bauzeitenverlängerung mit entsprechenden Mehrkosten geführt.

Bevor das Wasser- und Schiffsamt Hann. Münden grünes Licht für den vorgeschlagenen Sprengvortrieb gab, wurde vom Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. W. Wittke mittels umfangreicher dynamischer Berechnungen nach der FE- Methode nachgewiesen, daß bei sachgemäßer Ausführung der Sprengarbeiten keine Schäden an der Mauer oder den umliegenden Gebäuden zu erwarten sind. Der praktische Nachweis der Machbarkeit erfolgte durch zwei Probesprengungen in der Mauer. Zur Überwachung dieser Sprengungen wurden jeweils 54 Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer in der Staumauer und in der näheren Umgebung installiert. Die Meßergebnisse haben gezeigt, daß die Kraft der Sprengung ausreicht, das Mauerwerk und den Fels aufzulockern, ohne daß Schäden in größerer Entfernung vom Sprengort auftreten.

Bei jeder Sprengung wurde eine Sprengladung von ca. 7 kg Ammon Gelit auf 42 Bohrlöcher verteilt. Durch zeitversetztes Zünden der einzelnen Patronen mit sogenannten Millisekundenzündern wurde gewährleistet, daß in keiner Zündstufe mehr als 400 g Sprengstoff auf einmal zur Explosion gebracht wurden.

Zu den Sicherheitsanforderungen des Amtes gehörten Vorgaben zur höchstzulässigen Sprengstoffmenge. Zusätzlich wurde eine Obergrenze für die erlaubten Schwinggeschwindigkeiten in einer Entfernung von einem halben Meter vom Sprengort festgelegt. Dies erforderte Schwingungsmessungen unmittelbar vor der Ortsbrust. Von einem Spezialunternehmen wurde jede Sprengung mit Schwingungsaufnehmern erfaßt. Insgesamt wurden 4000 Einzelmessungen durchgeführt. Die Auswertung dieser Messungen erfolgte nach jeder Sprengung auf der Baustelle. Die Anordnung der Sprengbohrungen, das Besetzen der Löcher und die Auswertung der Schwingungsmessungen wurden sorgfältig von der Fachbauüberwachung vor Ort kontrolliert und dokumentiert. Bis zum Mai 1996 wurden bei 265 Einzelsprengungen insgesamt 1540 kg Sprengstoff (Ammon Gelit II) mit 10133 Zündern zur Explosion gebracht.

- Bohr- und Einpreßarbeiten

Nach Abschluß der Sprengarbeiten konnten die Bohr- und Injektionsarbeiten für den Dichtungsschleier und die Dränagen beginnen.

Der Injektionsschleier wurde in zwei Abschnitten hergestellt. Der erste Teil bestand aus 46 m langen Bohrungen, die von der Mauerkrone aus durch das Mauerwerk und die Gründungssohle bis in den Fels abgeteuft und verpreßt wurden. Anschließend wurde in einem zweiten Abschnitt vom Kontrollgang aus der Felsuntergrund abgedichtet. Der Dichtungsschleier im Untergrund wurde zum Oberwasser hin mit 20° gegen die Vertikale geneigt ausgeführt. Mit dieser Maßnahme wurde der Abbau des Wasserdruckes im Felsuntergrund in Richtung Oberwasser verschoben, woraus eine zusätzliche Reduzierung der Auftriebskräfte unter der Mauer resultiert.

In Vorversuchen und einem Injektionsversuch vor Ort wurde das Verfahren und das Injektionsgut, ein Feinstzement mit einer Mahlfineinheit von 8000 m²/g, getestet. Die Bohrungen

wurden mit einem Im-Loch-Hammer mit einem Durchmesser von 86 mm abgeteuft. Anschließend wurden die Bohrlöcher mit Einfachpackern nach oben abgedichtet und in 5 m langen Verpreßstufen von unten nach oben injiziert. Die Zementeinpressungen im Mauerwerk erfolgten mit einem effektiven Einpreßdruck von 5 bar. Zur Vermeidung größerer Umläufigkeiten wurde der Einpreßdruck im Bereich der Gründungssohle und in der Nähe der Mauerkrone auf 3 bar reduziert.

Die Zementaufnahme lag im Mittel bei 20 kg Zement pro Bohrmeter. Insgesamt wurden in 490 Bohrungen mit 16.874 Bohrmetern 340 Tonnen Zement in die Mauer und in den anstehenden Fels injiziert.

Der Erfolg der Einpreßmaßnahmen konnte mit Hilfe von Wasserdurchlässigkeitsversuchen nachgewiesen werden. Zusätzlich zeigte eine Auswertung der Einpreßmengen in den Bohrungen, daß die Zementaufnahme vom Verpressen des ersten groben Verpreßrasters von 80 kg Zement pro Bohrmeter auf weniger als 10 kg Zement pro Bohrmeter bei der letzten Verpreßserie abgenommen hat.

Die Abdichtungsarbeiten in der Mauer und im Fels wurden durch 120 Drainagebohrungen auf der Luftseite des Dichtungsschleiers ergänzt. Die Drainagebohrungen in der Mauer haben einen Durchmesser von 146 mm und wurden als Kernbohrungen in Abständen von i.M. 3 m von der Mauerkrone aus abgeteuft. Die Dränagen im Felsuntergrund wurden mit dem Imlochhammer (\varnothing 86mm) unter 30° gegen die Vertikale zum Unterwasser geneigt hergestellt. Der Abstand der 20 m langen Bohrungen betrug ebenfalls i.M. 3 m. Nach Abteufen der Dränagen in der Mauer und im Fels im Mai 1997 war ein deutliches Absinken der Beobachtungspiegel im Unterwasser der Mauer zu erkennen.

- Beton und Stahlbetonarbeiten

Die abschließenden Beton und Stahlbetonarbeiten sind insbesondere durch die Lage der Arbeitsbereiche gekennzeichnet. Während sich die neue Brücke über die HW-Überfälle in ca. 30 m Höhe auf der Mauerkrone befindet, erfolgt die Auskleidung des Stollens unter sehr beengten Verhältnissen im Inneren der Staumauer. Dementsprechend werden schon die einzelnen Plattenbalken der vorhandenen Brücke mit Kranhilfe ausgehoben und seitlich zerleinert.

Die Fertigteilplatten der neuen Brücke werden ebenfalls mit einem Mobilkran auf die entsprechend mit neuen Auflagerbänken versehenen Pfeiler aufgelegt. Anschließend wird eine ca.

35 cm dicke Fahrbahnplatte im Verbund aufbetoniert. Nach Abdichtung und Herstellung der Kappen wird die Brüstung entsprechend den angrenzenden Bereichen in Natursteinmauerwerk erneuert.

Parallel zu den Brückenbauarbeiten wird der Kontrollgang mit einer 30 cm starken Ortbeton-Auskleidung versehen. Diese ist wegen örtlich möglicher Ausfälle der Drainage auf vollen Wasserdruck bemessen, wodurch sich ein hoher Bewehrungsgrad ergibt.

Die Herstellung erfolgt örtlich angepaßt in ca. 3- 5 m langen Betonierabschnitten

Zusammenfassung

In einem Zeitraum von ca. 2 Jahren erfolgt vom November 1995 bis zum Dezember 1997 die Instandsetzung der Diemelstaumauer. Bis Mitte 1998 folgt noch die Erneuerung der Maschinen und elektrotechnischen Anlagen.

Insgesamt erreicht die Maßnahme damit ein Investitionsvolumen von ca 20 Mio. DM. Der wesentliche Teil der Arbeiten wird durch die Arbeitsgemeinschaft Diemelstaumauer, bestehend aus den Firmen Oevermann, Feldhaus und Stump, ausgeführt.

Die Fachbauüberwachung der Sprengarbeiten sowie der Bohr- und Injektionsarbeiten lag beim Büro Prof. Dr.-Ing. Wittke.