Prof. Dr.-Ing. Peter Rißler
Leiter der Hauptabteilung Talsperrenwesen
Ruhrverband Essen

Sanierung und Anpassung von Talsperren während des Betriebs

Kurzfassung

Das Talsperrensystem des Ruhrverbands besteht nur aus wenigen großen Einheiten und ist sehr hoch ausgelastet. Die Talsperren können daher nicht entleert werden. Dies erschwert die Sanierung tiefliegender Verschlüsse sowie die Anpassung an die a.a.R.d.T. und erfordert stets maßgeschneiderte Lösungen.

Abstract

The reservoir system of the Ruhrverband (Ruhr River Association) only consists of few but large units that are highly charged. Therefore the reservoirs cannot be emptied. This renders rehabiltation works at deep outlets and for the adaptation to new standards rather difficult and demands for specific technical solutions.

1. Einleitung

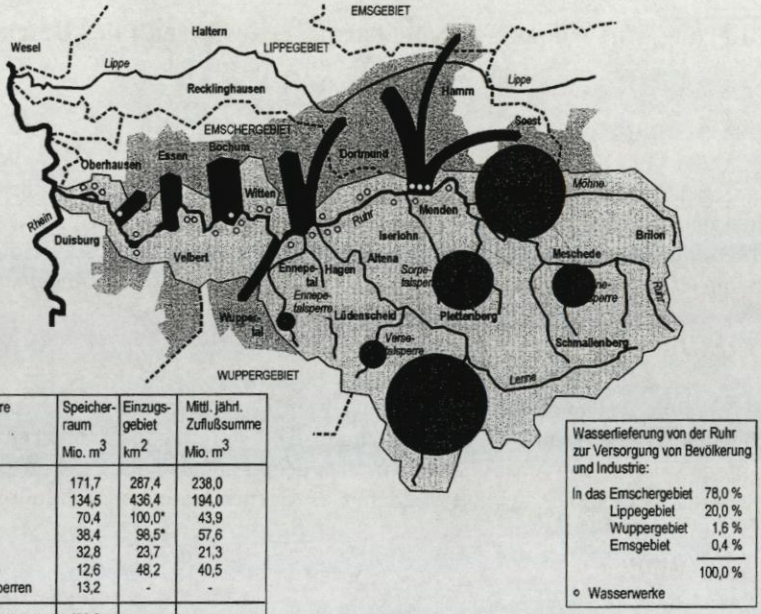
Das Talsperrensystem im Einzugsbereich der Ruhr umfaßt mit 473 Mio. m^3 Stauraum die Hälfte des nordrhein-westfälischen Stauraumes, etwa ¼ des Stauraums in den alten Bundesländern und 1/7 des Stauraums in Deutschland. Es dient primär zur Sicherstellung der Wasserversorgung im Ballungsraum zwischen Ruhr, Emscher und Lippe für 5 Mio. Einwohner.

Es darf als bekannt vorausgesetzt werden, daß die Wasserwerke in der Regel das Rohwasser aus der Ruhr und nicht direkt aus den Talsperren entnehmen. Einige Zahlen mögen die Mengensituation beleuchten.

Die natürliche Wasserführung der Ruhr kann in Trockenzeiten bis auf 4 m^3/s abfallen. „Natürlich" bedeutet hier: „unbeeinflußt von Talsperren und Wasserwerken". Die Wasserwerke entnehmen in solchen Zeiten jedoch bis 20 m^3/s und schicken 12 m^3/s über die Wasserscheide nach Norden (Bild 1). Möglich ist dies nur durch entsprechende Talsperrenzuschüsse. Zudem hat der Gesetzgeber 1990 verfügt, daß in der Ruhr stets ein gewisser Mindestabfluß eingehalten werden muß, 15 m^3/s im Unterlauf, 8,4 m^3/s im Mittellauf.

Durch diese Forderungen ist das Talsperrensystem, bereits bei voller

Verfügbarkeit, gegenwärtig zu 78 % ausgelastet.



Talsperre	Speicher-raum Mio. m^3	Einzugs-gebiet km^2	Mittl. jährl. Zuflußsumme Mio. m^3
Bigge	171,7	287,4	238,0
Möhne	134,5	436,4	194,0
Sorpe	70,4	100,0*	43,9
Henne	38,4	98,5*	57,6
Verse	32,8	23,7	21,3
Ennepe	12,6	48,2	40,5
kl. Talsperren	13,2	-	-
Gesamtstauraum	473,6		

* mit Beileitungen

Wasserlieferung von der Ruhr zur Versorgung von Bevölkerung und Industrie:

In das Emschergebiet	78,0 %
Lippegebiet	20,0 %
Wuppergebiet	1,6 %
Emsgebiet	0,4 %
	100,0 %

○ Wasserwerke

Bild 1: Talsperren im Einzugsbereich der Ruhr und Wasserexport

2. Das Talsperrensystem

Fünf Kriterien zeichnen die Sperren aus:

- Sie sind im Mittel vergleichsweise alt.
- Die gesamte Versorgung konzentriert sich auf wenige große Einheiten mit hoher Auslastung.
- Die Redundanz des Systems, d.h. die Fähigkeit, zeitweilig Ausfälle überbrücken zu können, ist außerordentlich klein.
- Einige der Sperren sind – nicht substituierbar – zusätzlich direkte Trinkwasserressourcen für die jeweilige Region.
- Keine der größeren Sperren darf ausfallen, keine kann entleert werden.

Die vier Staumauern der Ennepe-, Fürwigge-, Lister- und Möhnetalsperre wurden vor dem 1. Weltkrieg fertiggestellt und sind daher 85 bis 95 Jahre alt (Bild 2). Der Sorpedamm war seinerzeit einer der ersten großen Dämme in Deutschland. Sorpe-, Verse- und Hennedamm wurden fertiggestellt lange vor dem Gros der deutschen Staudämme. In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, daß die Möhne- und die Sorpetalsperre im Krieg bombardiert worden sind mit der Folge, daß dort in den 50er, 60er und 70er Jahren aufwendig saniert werden mußte, daß jedoch nach und nach noch Spätschäden zu beseitigen sind.

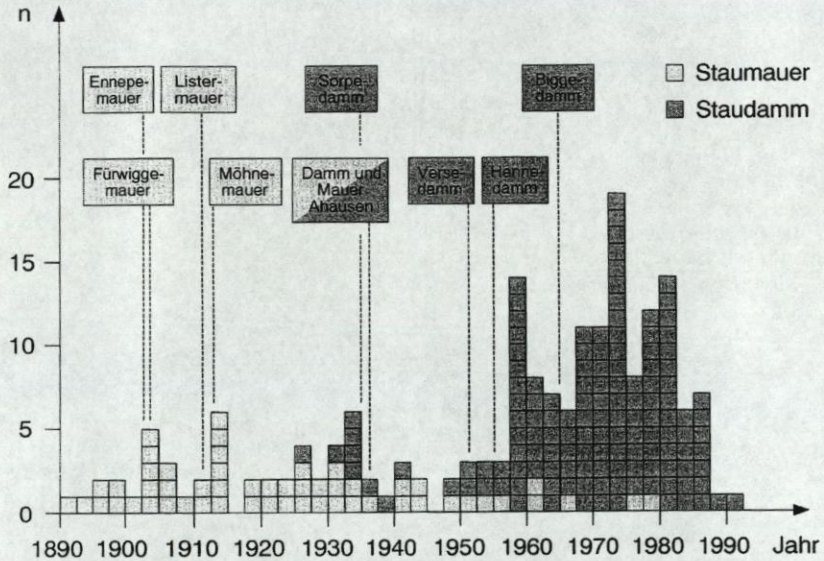


Bild 2: Fertigstellung der Talsperren des Ruhrverbands im Vergleich zur Gesamtheit der Talsperren in den alten Bundesländern

3. Beispiele für Sanierungen und Anpassungen während des üblichen Staubetriebes

3.1 Reparatur der Keilflachschieber in der Listermauer

Die Listermauer, das Absperrbauwerk der 21,6 Mio. m^3 großen Listertalsperre, ist eine 40 m hohe Intzemauer, an deren Wasserseite in Talmitte zwei, zu einem Baukörper zusammengefaßte Schiebertürme angeordnet sind (Bild 3). Die Türme stehen über den Grundablässen und sind im Regelfall geflutet. In jedem Turm ist wasserseitig und luftseitig ein Gehäusekeilflachschieber, jeweils DN 1200, eingebaut. Wasserseitig ist, wie allgemein üblich, ein Intzekeil vorgela-

gert. Unter dem Intzekeil leiten zwei gemauerte, 1,8 m hohe Stollen das Wasser zu den Grundablässen.

Zwischen 1955 und 1965 ist die Biggetalsperre gebaut worden. Die Listertalsperre wurde als Vorsperre in das System einbezogen. Die Mauer ist seitdem durch die Biggetalsperre von der Luftseite her bis maximal 12 m unter die Krone, d.h. auf 70 % der Mauerhöhe, eingestaut (Bild 3).

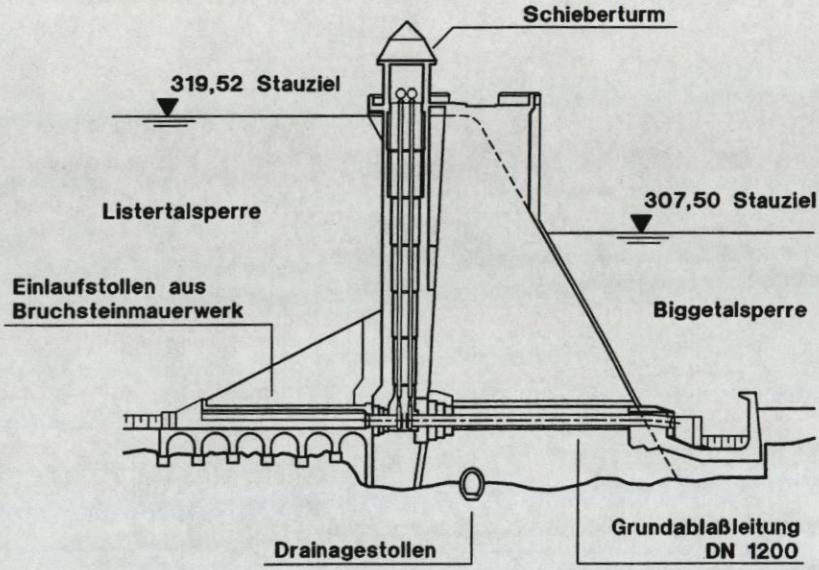


Bild 3: Querschnitt durch die Listermauer

Ende 1987, Anfang 1988, zeigten sich kurz nacheinander an allen vier Schiebern Störungen, die den Betrieb blockierten und die eine sofortige Reparatur unabdingbar machten. Die Schieber liegen 33 m unter dem Stauziel der Lister- bzw. 21 m unter dem Stauziel der Biggetalsperre. Eine Entleerung der Lister- bzw. Absenkung der Biggetalsperre um 21 m hätte das Stauvolumen des Gesamtsystems um 28 % reduziert und war von daher indiskutabel. Die Reparatur mußte daher mit Hilfe von Tauchern ohne Beeinträchtigung der Staubedingungen erfolgen.

Zunächst wurde ein Revisionsverschluß gebaut, mit dem, ähnlich einem Packer, der jeweilige Grundablaß von außen verschlossen werden konnte (Bild 4). Er besteht aus einem zylindrischen Stahlrohr, welches an den Enden durch angeschweißte Klöpperböden zu einem geschlossenen Hohlkörper ausgebildet ist. Aufblasbare Dichtungen sorgen für die notwendige Abdichtung im Grundablaß.

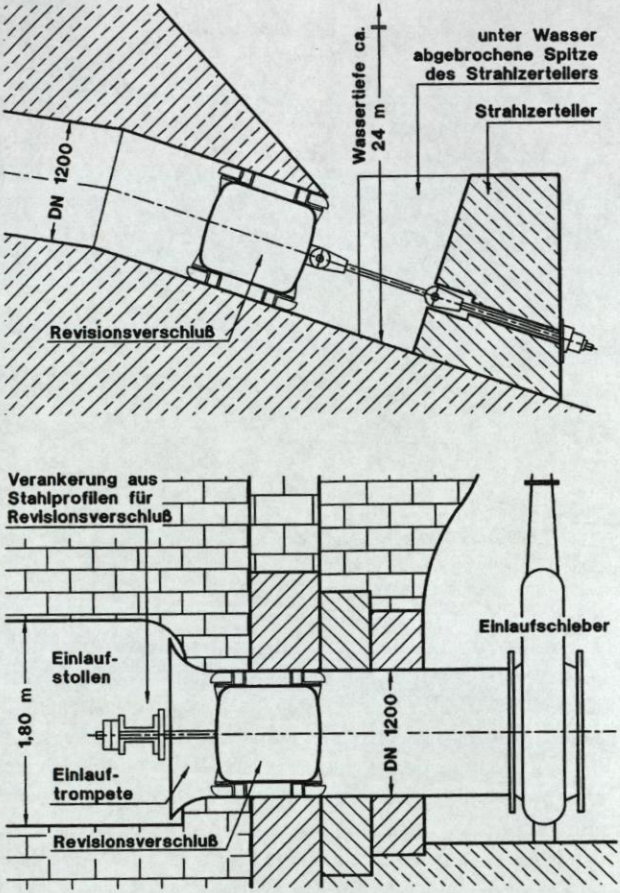


Bild 4: Einbau des Revisionsverschlusses – oben: biggeseitig, unten: listerseitig

Begonnen wurden die Arbeiten am rechten biggeseitigen Schieber. Hier ergab sich zunächst das Problem, daß das Einfahren des Revisionsverschlusses durch dem Auslauf vorgelagerte Strahlzerteiler verhindert wurde. Es galt daher zunächst, unter Wasser die Strahlzerteiler teilweise abzubrechen. Um taucheraufwendige Anpassungsarbeiten zu vermeiden, wurde zunächst auf dem Bauhof ein Holzmodell des Auslaufs gebaut (Bild 5). In diesem konnten die notwendigen Schritte im Trockenen untersucht und geübt werden.

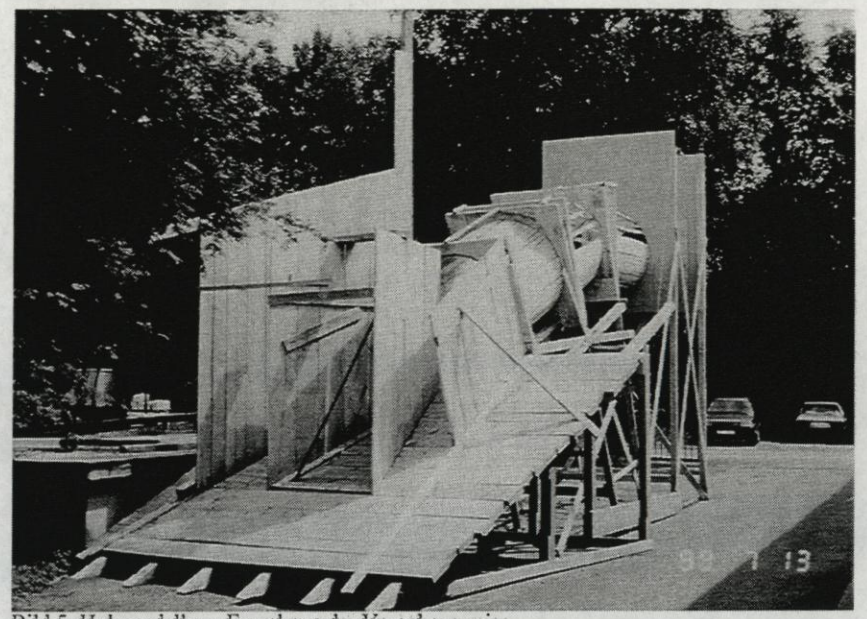


Bild 5: Holzmodell zur Erprobung der Vorgehensweise

Nachdem im jeweiligen Auslauf bzw. Einlauf der Revisionsverschluß gesetzt worden war, konnte der betreffende Turm, bei geschlossenem Schieber zur Gegenseite, entleert werden. Die Schiebergehäuse wurden geöffnet, die Schieber ausgebaut. Dabei zeigte sich, daß die Schiebergehäuse insgesamt noch verwendungsfähig waren. Dagegen wiesen die Schieberplatten gravierende Schäden auf. So waren die Führungsschienen teilweise durchgebrochen oder verbogen. Auch hatte sich in den Schieberplatten Rost tief eingefressen. Die bronzenen Dichtungsleisten zeigten deutliche Schleifspuren und waren teilweise auch lose. Es wurde daher entschieden, die Schieberplatten insgesamt zu erneuern.

3.2 Vorbeugende Sanierung der wasserseitigen Grundablaßverschlüsse an der Möhnetalsperre

Die Möhnemauer (Bild 6) besitzt vier Grundablässe DN 1400 (Bild 7). Das Wasser fließt diesen durch Stollen unter dem Intzekeil zu. Es tritt dann durch einen wasserseitig im Schieberturm angeordneten Gehäusekeilflachschieber in das Bauwerk ein und fließt durch einen offenen Flachschieber in der Rohrleitung in Richtung Luftseite. Dort befindet sich ein weiterer Schieber (Bild 8). Der Schieberturm ist – um den Druckausgleich zwischen innen und außen zu gewährleisten – im Normalbetrieb voll Wasser; die Schieber sind also unzugänglich (Bild 9).

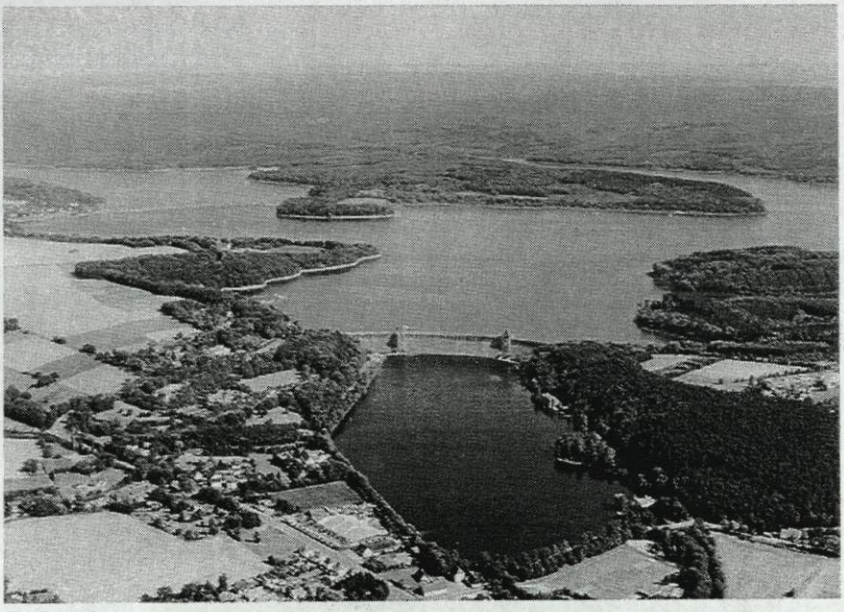


Bild 6: Möhnemauer

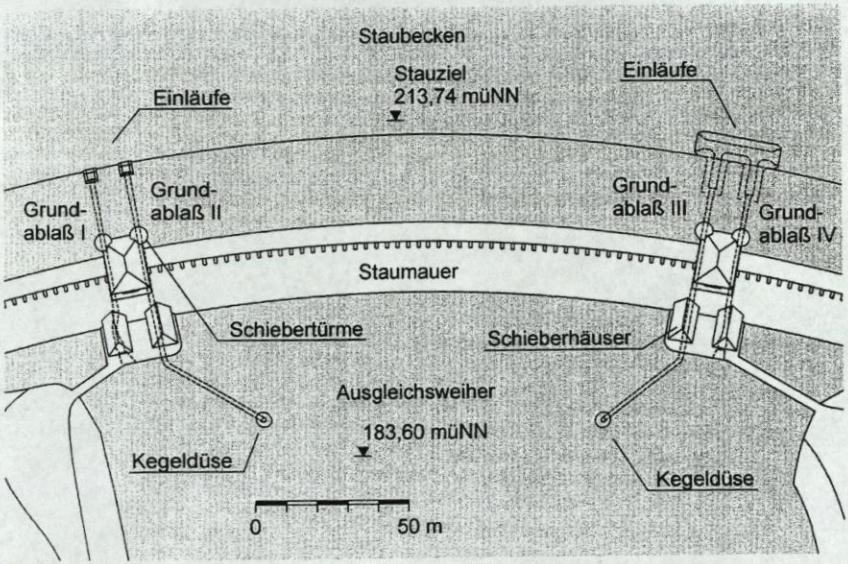


Bild 7: Möhnemauer – Lage der Grundablässe I bis IV

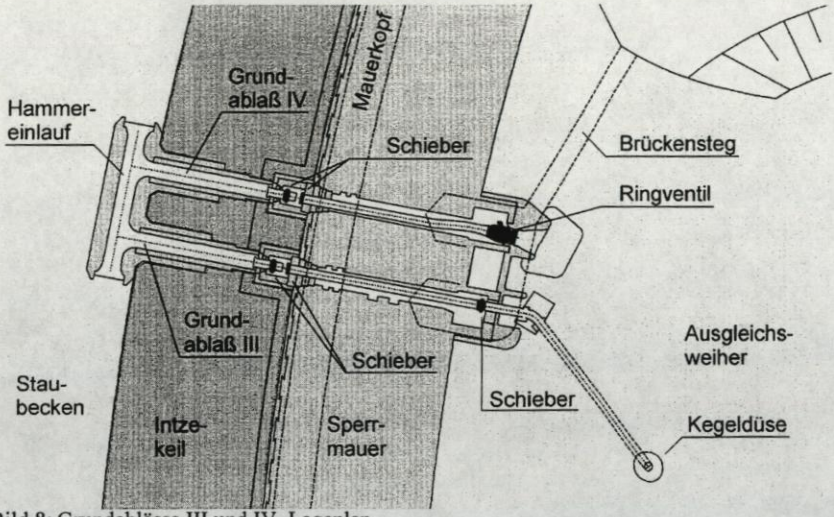


Bild 8: Grundablässe III und IV, Lageplan

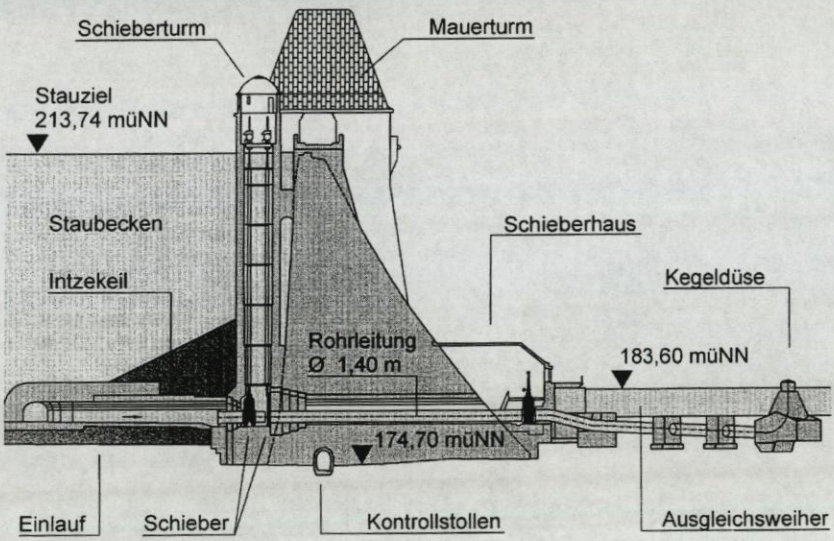


Bild 9: Querschnitt durch Mauer und Grundablaß III

Frühere Inspektionen hatten ergeben, daß die Schieber im Turm irreparabel schadhaft waren und ausgetauscht werden mußten (Bild 10) und, daß die Türme in hohem Maße undicht waren. Für die unabdingbare Sanierung erwies es sich als besonders problematisch, daß wasserseitig des Gehäuseschiebers keine weitere Verschlußmöglichkeit vorhanden war (Bild 9). Erste Untersuchungen

mit dem Ziel, in den Einlaufstollen Revisionsverschlüsse zu setzen, führten zu der Erkenntnis, daß das Mauerwerk der Stollen marode war und zu allererst einer Sanierung bedurfte.

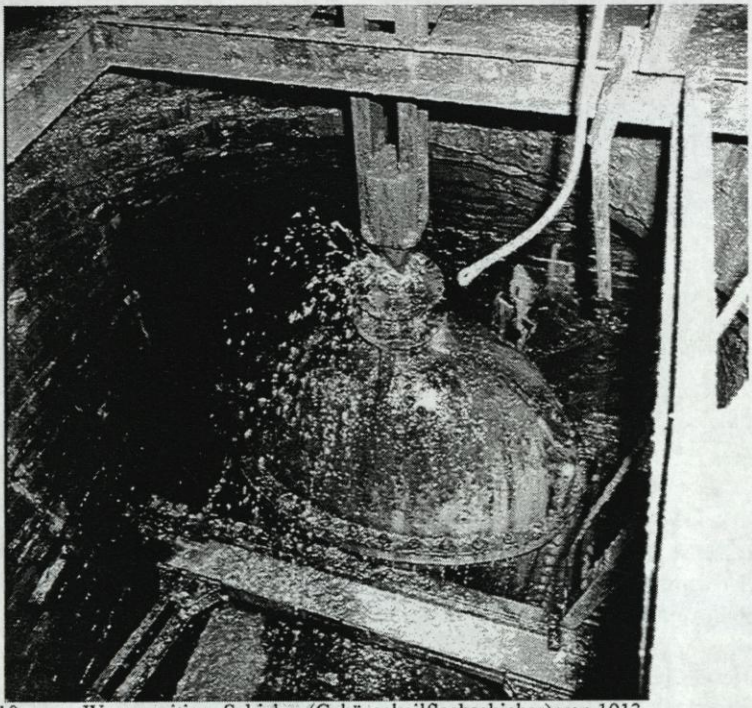


Bild 10: Wasserseitiger Schieber (Gehäusekeilflachschieber) von 1913

Es entstand daher das Konzept einer Auskleidung der Stollen mit einem Stahlrohr und der Hinterfüllung des Ringraumes mit Beton. An den wasserseitigen Enden der Stahlrohre waren Auflager für die Revisionsverschlüsse zu schaffen. Da die gesamten Arbeiten vor Ort von Tauchern zu bewerkstelligen waren, waren diese zeitaufwendig und setzten auch eine spezielle Stückelung der einzelnen Stahlbauteile voraus (Bild 11). Außerdem mußten stets zwei Grundablässe betriebsbereit bleiben.

Diese Phase ist inzwischen längst abgeschlossen. Alle vier Einlaufstollen unter dem Intzekeil sind mit Stahlrohren ausgekleidet. Die Arbeiten blieben im Zeit- und Kostenrahmen. Es sind keine Unfälle aufgetreten.

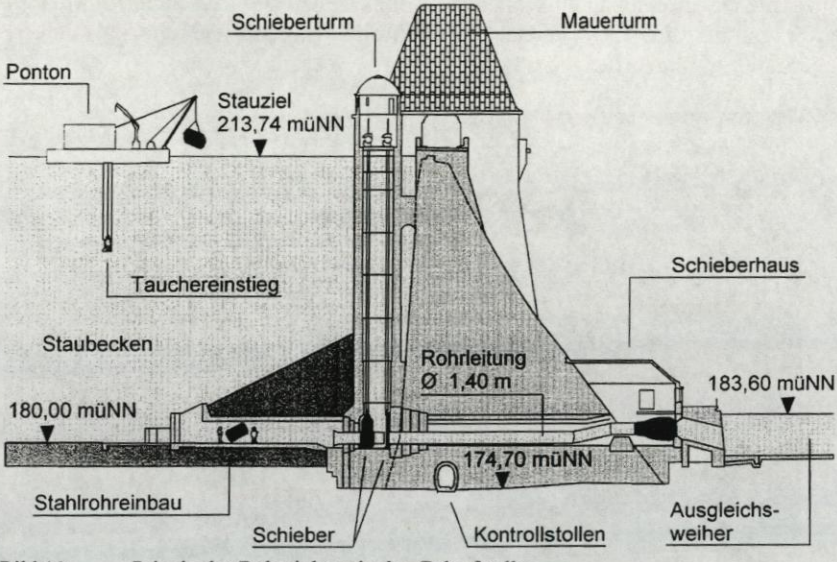


Bild 11: Prinzip des Rohreinbaus in den Zulaufstollen

Später wurden in den Türmen die Schieber ausgebaut. Zur Abdichtung wurden zylindrische GFK-Schalen eingebaut und mit Beton hinterfüllt. Die GFK-Schalen wurden im Werk auf einer „Drehbank" gewickelt, dann in Einzelstücke zertrennt, mittels Stahlaussteifungen montagetüchtig gemacht und in die Schiebertürme eingefädelt [1]. Inzwischen sind auch die neuen, hydraulisch angetriebenen Tiefschütze geliefert und montiert. Gegenwärtig werden noch die luftseitigen Rohrleitungen in den Grundablaßstollen ausgetauscht, sowie in den GA I und IV (Bild 7) die Ringventile.

Insgesamt hat die Möhnemauer nach Abschluß dieser Arbeiten eine durchgängig neue Ausstattung im Bereich der Grundablässe, welche für Jahrzehnte den Betrieb zuverlässig sicherstellen wird.

3.3 Anpassung der Ennepetalsperre an die a.a.R.d.T.

3.3.1 Die Ennepetalsperre

Die Ennepetalsperre, deren Absperrbauwerk eine 320 m lange und 51 m hohe Gewichtsstaumauer aus Bruchsteinen ist, wurde zwischen 1902 und 1904 vom damaligen Eigentümer, dem Ennepe Wasserverband (EWV), erbaut, um den Abfluß der Ennepe zu vergleichmäßigen und dadurch den unterhalb angesiedelten Fabriken auch im Sommerhalbjahr zuverlässig Wasserkraft bereitzustel-

len. Ursprünglich war die Staumauer nur 41,4 m hoch, was einem Stauinhalt von 10,3 Mio. m^3 entsprach. Zwischen 1910 und 1912 wurde der Mauerkrone zusätzlich ein 10 m hoher Mauerblock aus Bruchsteinen (Überbau) aufgesetzt, was die Möglichkeit schaffte, die Sperre um 2,5 m höher anzustauen und einen Stauinhalt von 12,6 Mio. m^3 zu erzeugen (Bild 12).

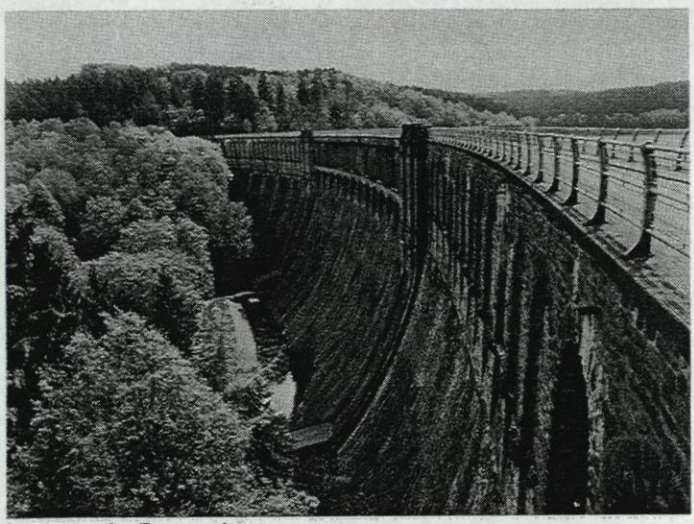


Bild 12: Staumauer der Ennepetalsperre

Die Mauer besaß ursprünglich keinen Kontroll- bzw. Drainagestollen. Drainagen waren zwar knapp hinter der Wasserseite, wie üblich bei vielen der alten Gewichtsstaumauern, in Form von vertikalen Tonrohren angeordnet, doch waren diese Ende der fünfziger Jahre bei Verpreßarbeiten – unbeabsichtigt – verpreßt worden. Eine systematische Drainage war daher in den letzten Jahren weder in der Mauer noch im Untergrund vorhanden.

Die Ennepemauer war seinerzeit, wie viele der alten Intzemauern, ohne Berücksichtigung von Poren- und Sohlenwasserdruck, also des Auftriebs, bemessen worden. Dies war Anfang der achziger Jahre für die Talsperrenaufsicht der Anlaß, das Stauziel herabzusetzen und eine sofortige Sanierung anzuordnen. Mitte 1997 hat der Ruhrverband die Talsperre mit dieser Anpassungsverpflichtung übernommen.

Obwohl ursprünglich anderen Zwecken zugedacht, dient die Ennepetalsperre seit Jahrzehnten hauptsächlich der Trinkwasserversorgung von 170 000 Einwohnern des Ennepe-Ruhr-Kreises. Sie kann daher während einer Sanierung bzw. während einer Anpassung an die a.a.R.d.T. nicht so ohne weiteres entleert

werden. Frühere Untersuchungen hatten ergeben, daß eine vorübergehende Umstellung der Wasserversorgung auf andere Quellen größenordnungsmäßig 20 Mio. DM kosten würde und von daher nur schwer realisiert hätte werden können. Der Entwurf zur Anpassung an die a.a.R.d.T. mußte diesem Umstand Rechnung tragen.

3.3.2 Anpassungs- und Sanierungskonzept

Frühere, von anderer Stelle in den frühen achtziger Jahren durchgeführte Erkundungsbohrungen hatten ergeben, daß sich das Mauerwerk in vergleichsweise gutem Zustand befindet. Da die Sperre nicht entleert werden konnte, entwickelte der Ruhrverband im Vorfeld, also bevor finanzielle und vertragliche Regelungen getroffen wurden, ein Konzept zur Anpassung bzw. zur Sanierung, arbeitete dieses so weit durch, daß seine Realisierbarkeit außer Frage stand, und legte es der Bezirksregierung zur Genehmigung und als Grundlage für einen späteren Beihilfeantrag vor.

Es sah als Kernmaßnahmen zur Schaffung ausreichender Standsicherheit einen Abbau des Auftriebs in Mauer und Untergrund vor. Dies beinhaltete,

- einen Drainagestollen nahe der Wasserseite (bei normalem Staubetrieb) aufzufahren (1),
- von dort aus Mauer und Untergrund flächig mit Injektionen abzudichten (2) und
- ebenfalls von dort aus Mauer und Untergrund durch fächerförmig angeordnete Drainagebohrungen zu entspannen bzw. zu entwässern (3).

Die dadurch angestrebte Wirkung ist in Bild 13 schematisch aus dem Vergleich der beiden Situationen „1995“ und „2000“ zu entnehmen.

Es wurde dabei, angesichts der günstigen Berichte über die Durchlässigkeit der Mauer, von vorneherein in Erwägung gezogen, auf die Abdichtungsmaßnahmen gem. Ziffer (2) u.U. ganz oder teilweise zu verzichten, doch sollte dies einer späteren Entscheidung, nach dem Auffahren des Drainagestollens, vorbehalten bleiben. Das Ziel war und ist, die Druckverhältnisse in Mauer und Untergrund so günstig zu beeinflussen, daß die Talsperre wieder auf das ursprüngliche Stauziel hochgestaut werden kann.

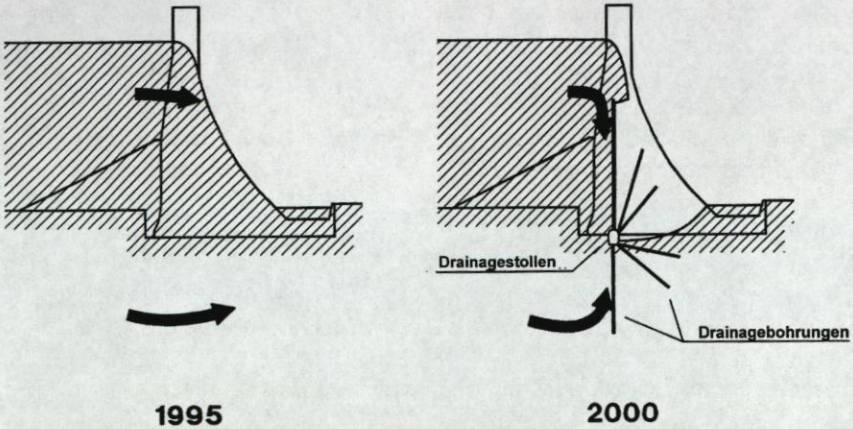


Bild 13: Konzept für die Anpassung der Ennepemauer an die a.a.R.d.T.

Zur Drainage waren Fächer von jeweils 6 Bohrungen vorgesehen, wovon drei die Mauer und drei den Untergrund entwässern sollten. Die ursprünglich vorgesehene Anordnung ist in Bild 13 angedeutet. Offen bleiben mußte zunächst der gegenseitige Abstand der Drainagefächer, weil hierfür noch keine praktischen Erfahrungen vorlagen. Bei der Möhnemauer waren seinerzeit Fächer in 3 m gegenseitigem Abstand eingebaut worden. Dort erfüllt dies nachweisbar den angestrebten Zweck, allerdings unter etwas anderen Randbedingungen. Für die Ennepemauer war für die Kostenschätzung zunächst von Fächern im Abstand von 2 m ausgegangen worden.

Es war jedoch mit der Talsperrenaufsicht vereinbart worden, dies vor Ausführung versuchsmäßig zu überprüfen. Hierzu wurde vorgesehen, nach dem Auffahren des Stollens zunächst in Talmitte ein 40 m langes (bzw. breites) Meß- und Versuchsfeld einzurichten und mit Meßeinrichtungen auszurüsten. Anhand der Meßergebnisse sollten der Umfang der Abdichtungsmaßnahmen festgelegt, die Drainagebohrungen endgültig positioniert, und erst zu diesem Zeitpunkt in einer abschließenden statischen Berechnung das Stauziel endgültig festgelegt werden.

Hinzukommen sollten noch eine Reihe von Sanierungsmaßnahmen zur langzeitlichen Verbesserung der Betriebssicherheit, jedoch ohne Einfluß auf die unmittelbare Gesamtstandsicherheit der Mauer. So waren

- an der Wasserseite die Einlaufstollen unter dem Intzekeil zu sanieren,
- die wasserseitigen Schieber sowie die Rohrleitungen zu erneuern,
- die Schiebertürme zu sanieren,

- die Trinkwasserentnahmen neu zu gestalten,
- in den Randbereichen des Überbaus zerrissene Mauerwerkspfeiler zu sanieren,
- die Mauerkrone zu sanieren,
- das Verblendmauerwerk an Luft- und Wasserseite (an letzterer soweit zugänglich) auszubessern,
- Zu- und Ablaufpegel teilweise zu erneuern,
- die Randwege zu sanieren,
- u.a.m..

Dieses Konzept ist von der Talsperrenaufsicht genehmigt worden.

Dieser Aufsatz berichtet ausschließlich über den Bau des Drainagestollens.

3.3.3 Drainagestollen

Angesichts der beim Ruhrverband von der Möhnemauer vorliegenden Erfahrungen war zunächst vorgesehen, 3,5 m von der Wasserseite entfernt, in der Sohlenfläche der Mauer, einen Stollen mit Hufeisenprofil bergmännisch herzustellen (Bild 13). Er hätte bereits beim Vortrieb gesichert und anschließend mit einer Betonschale ausgekleidet werden müssen. Die angestrebte Drainagefunktion hätte besondere Vorkehrungen hinter der Schale notwendig gemacht. Wie bei jedem Sprengvortrieb wäre das Gebirge (bzw. Mauerwerk) hinter den Hohlraumwandungen auf eine gewisse Tiefe aufgelockert worden, was angesichts der Nähe zur Wasserseite unerwünscht gewesen wäre und u.U. zusätzliche Vergütungen erforderlich gemacht hätte.

Die Talsperrenaufsicht hatte das vorgesehene Gesamtkonzept zur Sanierung zwar genehmigt, sich für das eigentliche Sprengen jedoch eigene Genehmigungen und die jederzeitige Eingriffsmöglichkeit in das Geschehen vorbehalten. Dies hätte die vertragliche Situation zwischen Bauherrn und Auftragnehmer u.U. sehr belasten können.

Aufgrund beider Randbedingungen (notwendige Sicherungs- bzw. Auskleidungsmaßnahmen und Genehmigungsvorbehalte) wurde vom Ruhrverband vorgeschlagen und von der Talsperrenaufsicht akzeptiert, den Drainagestollen nicht bergmännisch, sondern mit einer Vollschnittmaschine (TBM) aufzufahren. Zwar waren keine einschlägigen Erfahrungen bekannt, jedoch ließ das Verfahren, insbesondere was die Qualität des Stollens anbetraf, große Vorteile erwarten. So würden Fels bzw. Mauerwerk in der Umgebung des Stollens nicht aufgelockert und der Stollen könnte voraussichtlich auf Dauer weitgehend ohne Auskleidung bestehen bleiben, was seiner Funktion als

Großdrainage sehr entgegenkommen mußte. Allerdings mußte die Stollentrasse im Bereich der Hänge, um Knicke an den Hangkehlen zu vermeiden, etwas tiefer unter die Aufstandsfläche verlegt werden (Bild 14). Vorgesehen und ausgeführt wurde ein Kreisprofil mit 3,0 m Durchmesser.

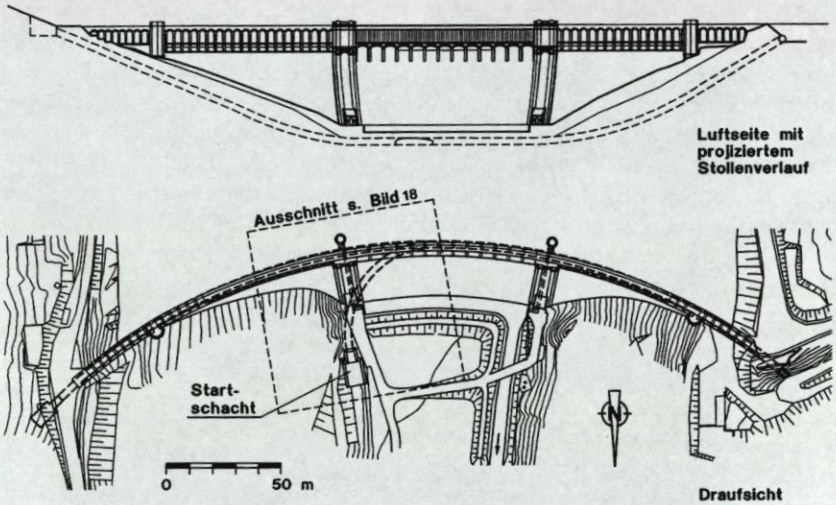


Bild 14: Lage des Drainagestollens in Grund- und Aufriß

Problematisch erschien allerdings zu Anfang,

- daß der Stollen mit R_{min} = 150 m stark gekrümmt sein mußte,
- daß an den Hängen eine steil ansteigende Raumkurve (bis 30° Neigung) bewältigt werden mußte und
- daß der an und für sich sehr kurze Stollen (ca. 370 m) für eine TBM eigentlich sehr unwirtschaftlich sein mußte.

Notwendig war also der Einsatz einer kleinen, wendigen TBM mit geringen Fixkosten, also eine solche, die nach Möglichkeit bereits abgeschrieben war. Unsere Umfragen haben ergeben, daß in erreichbarer Nähe einige Maschinen existierten, welche diese Bedingungen erfüllten.

Der Ruhrverband hat daher den Bau des Drainagestollens europaweit nichtoffen ausgeschrieben. Dabei ist bewußt nicht vorgeschrieben worden, in welcher Weise die TBM die Trasse des Drainagestollens erreicht. Dies war deshalb notwendig, weil seitens des Bauherrn keine Vorgaben hinsichtlich der TBM

gemacht werden konnten. Zugelassen worden wäre ein Start vom linken bzw. vom rechten Hang oder auch vom Tal aus. Bei letzterer Vorgehensweise mußte zusätzlich ein Zugangsstollen aufgefahren werden, um die TBM im Tal, unter der Mauer, zum Drainagestollen zu bringen.

Ende August 1997 wurde der Auftrag an die Philipp Holzmann AG vergeben, welche sich einer Robbins 81-113-2 (Bild 15) der Firma Murer bedienen wollte. Diese TBM weist nur ein Paar Gripper auf und ist daher besonders wendig. Dies wird jedoch erkauft durch begrenzte Richtungsstabilität. Der Auftragnehmer (AN) hatte entschieden, von einem 10 m tiefen Startschacht aus, ca. 30 m luftseitig des rechten Grundablaßbauwerkes, zu beginnen (Bild 14). Die TBM war zu Anfang entgegen der Fließrichtung, also talaufwärts und senkrecht zur Mauerlängsrichtung positioniert. Sie sollte vom Startschacht aus einen horizontalen Viertelkreis mit 40 m Radius beschreiben, etwa in Talmitte in die Trasse des Drainagestollens einmünden und diesen zunächst bis zum linken Mauerende auffahren.

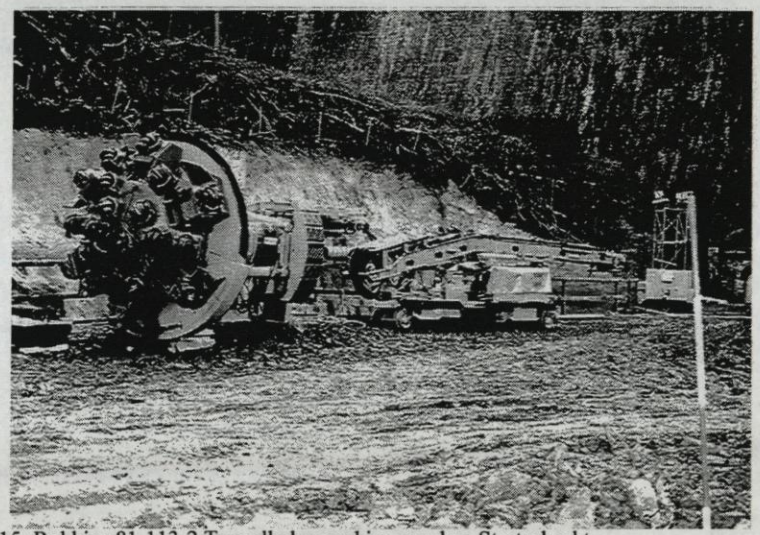


Bild 15: Robbins 81-113-2 Tunnelbohrmaschine vor dem Startschacht

Für den weiteren Vortrieb hatte sich der Unternehmer zunächst zwei Optionen offen gehalten. Eine wäre gewesen, die TBM am linken Endpunkt nach der Bergung zu drehen, den aufgefahrenen Stollenast wieder hinab zu fahren, um dann in Talmitte den Stollenast unter der rechten Mauerhälfte aufzufahren. Diese Vorgehensweise ist in Bild 16 skizziert. Der AN entschied sich jedoch für die zweite Option. Dazu wurde die TBM am linken Endpunkt geborgen und unten in der Startbaugrube wieder eingesetzt, diesmal jedoch mit dem „Heck“ in

Richtung Mauer. Von da aus wurde sie rückwärts durch den Zugangsstollen wieder bis zum Drainagestollen vorgeschoben und begann sodann, den rechten Ast des Drainagestollens aufzufahren. Vorangehen mußten allerdings außerordentlich langwierige Aufweitungsarbeiten im Verschneidungsbereich zwischen Zugangsstollen und Drainagestollen. Außerdem mußte vor dem Beginn des maschinellen Vortriebs im rechten Ast ein Stollenstummel hergestellt werden, in dem sich die TBM verspannen konnte. All diese Arbeiten erfolgten bergmännisch mit sehr vielen Abschlägen und mit sehr geringen Lademengen, begleitet von Erschütterungsmessungen.

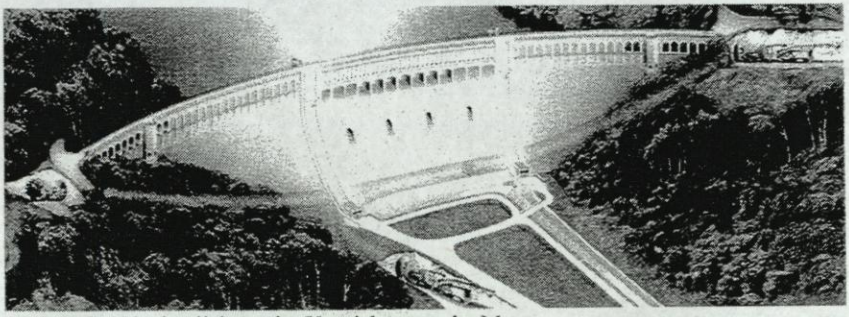


Bild 16: Zur Verdeutlichung des Vortriebs unter der Mauer

Am 24. Oktober 1997 setzte die Umweltministerin Nordrhein-Westfalens, Frau Höhn, die TBM erstmals in Bewegung. Während der ersten ca. 30 m verlief der Vortrieb, der Lernphase entsprechend, zwar nicht optimal, jedoch zügig. Es wurde eine weiche Störung schräg durchfahren, die mit betonhinterfüllten Linerplates verkleidet werden mußte, damit sich die Gripper abstützen konnten. Dann wurde das Gestein jedoch für die TBM schwer bearbeitbar. Große Kluftkörper hoher Kantenfestigkeit wurden vom Schneidrad aus der Ortsbrust gerissen und - da sie nicht zertrümmert werden konnten - zwischen Schneidrad und Ortsbrust gewälzt. In Einzelfällen verklemmten sie sich gleichzeitig an der Ortsbrust sowie am Schneidrad und blockierten die TBM. Weiterer Vortrieb war auf diese Weise nicht mehr möglich.

Der AN wies aus diesem Anlaß darauf hin, daß das Gestein mit bis zu 240 MN/m^2 einaxialer Druckfestigkeit erheblich fester sei als in den Vertragsgrundlagen beschrieben - dort war die größte einaxiale Festigkeit als die der Sandsteine angegeben mit 50 bis >150 MN/m^2 - und er lehnte den weiteren Vortrieb mit der TBM ab. Da *eine* Ursache der Probleme u.a. darin gesehen wurde, daß das Schneidrad zwischen den Diskenmeißeln große Hohlräume (sog. „Taschen", s. auch Bild 15) aufwies, in welchen sich die Kluftkörper verklemmen konnten, wurde vom AN vorgeschlagen, die Taschen durch vorgesetzte Bleche zu verkleiden (s. Bild 17 nach dem Umbau). Dazu mußte die TBM geborgen und in

ein Werk transportiert werden. Der Bauherr hat dem Vorschlag zugestimmt. Hierdurch bot sich zudem die Möglichkeit,

- die Ortsbrust zu kartieren und brauchbare Laborproben zu nehmen,
- eine horizontal vorauseilende Erkundungsbohrung vorzutreiben und
- Sprengversuche durchzuführen.

Bild 17: Mit Blechen verkleideter Bohrkopf der TBM

Letzteres war in dieser Situation angezeigt, denn nach den vorliegenden Erfahrungen wurde ein weiterer TBM-Vortrieb beim AN kritisch gesehen. Es wurden daher nacheinander, jeweils mit Einzelfreigaben durch die Talsperrenaufsicht und begleitet von Erschütterungsmessungen am rechten Grundablaß, in dessen Nähe sich die Ortsbrust zu diesem Zeitpunkt befand, drei Abschläge geschossen, welche belegten, daß dieses Verfahren - falls alles andere scheitern würde - durchaus, auch in nächster Nähe der Wasserseite, angewendet werden könnte.

Am 23. Dezember 1997 lag das Ergebnis der mineralogischen Untersuchungen vor. Der überaus harte „Sandstein" hatte sich als Diabas erwiesen und die horizontale Erkundungsbohrung ließ erkennen, daß es sich um einen ca. 3 m

mächtigen Gang handelte, der im Streichen ca. 45 Grad gegen die Tallängsrichtung gedreht war (und somit den Zugangsstollen in der zweiten Hälfte bis zur Einmündung in den eigentlichen Drainagestollen in Längsrichtung durchziehen würde, s. Bild 18) und der vertikal einfiel. Dies wurde dem AN mitgeteilt und es wurde ihm freigestellt, den Diabasgang entweder mit der inzwischen umgebauten TBM oder bergmännisch zu durchörtern. Der AN entschied sich für den Sprengvortrieb und so wurde der stark gekrümmte Zugangsstollen bis nahe zu seinem Ende gesprengt und mit Spritzbeton gesichert. Im Mittel wurden dabei 2 Abschläge je 20 Std.-Tag erreicht bei einer Leistung von ca. 1,5 m je AT.

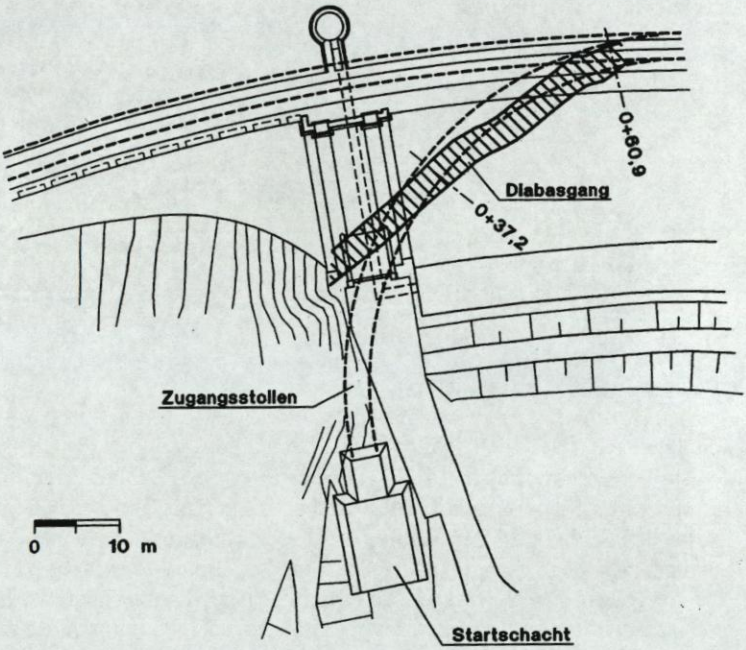


Bild 18: Lage des Diabasganges zum Zugangsstollen

Mit dem Erreichen der Trasse des eigentlichen Drainagestollens wurde der Vortrieb wieder mit der TBM fortgesetzt. Läßt man einige Maschinenausfälle in dieser Zeit außer Betracht, so wurden bei 20 Std. Arbeitszeit im Mittel 4,5 m/AT erreicht, mit einer Spitzenleistung von ca. 14 m. Am 14. Mai 1998 durchstieß die TBM am linken Hang planmäßig die Geländeoberfläche (Bild 19). Hier wurde sie zerlegt und im Tal wiederum in den Startschacht eingeführt, diesmal jedoch mit dem Heck voran. Sie wurde nun bis zur Einmündung in den Drainagestollen vorgezogen und begann am 29. Juni mit dem Auffahren des rechten

Abschnittes. Am 18. August, nach ca. 7 Wochen und nach einer mittleren Tagesleistung von 6,7 m und einer Höchstleistung von 20 m/AT, erreichte sie den Zielschacht am rechten Ende der Mauer.

Bild 19: Bergung der TBM am linken Hang

Insgesamt läßt sich feststellen, daß die TBM einen weitgehend glatten, kreisförmigen Stollen erzeugt hat (Bild 20), der auf 90 % der Gesamtlänge unausgekleidet und ohne Sicherung auf Dauer stehen kann. Im Talbereich liegt die obere Hälfte des Stollens in der Mauer. Da dieser Teil praktisch ohne Verbau steht, ergeben sich hervorragende Einblicke in das „Innenleben" des vor 100 Jahren ausgeführten Mauerwerks. Die Qualität des Mauerwerks derartiger Bauwerke ist im letzten Jahrzehnt oftmals Gegenstand lebhafter Diskussionen gewesen. Daher kann dem an diesen Fragen interessierten Fachmann die Besichtigung dieses Großaufschlusses durchaus empfohlen werden.

Bemerkenswert ist ferner die im Stollen, nach Beendigung des Stollenvortriebs, jedoch vor dem Bohren der Drainagen, anfallende Sickerwassermenge. Bei bis zum gegenwärtigen Stauziel gefüllter Sperre werden bei Trockenwetter ca. 4 l/s gemessen, was mit den Prognosen bestens korrespondiert. Ruhrverband und Talsperrenaufsicht sind sich daher einig, daß auf großräumige Abdichtungsmaßnahmen verzichtet werden kann.

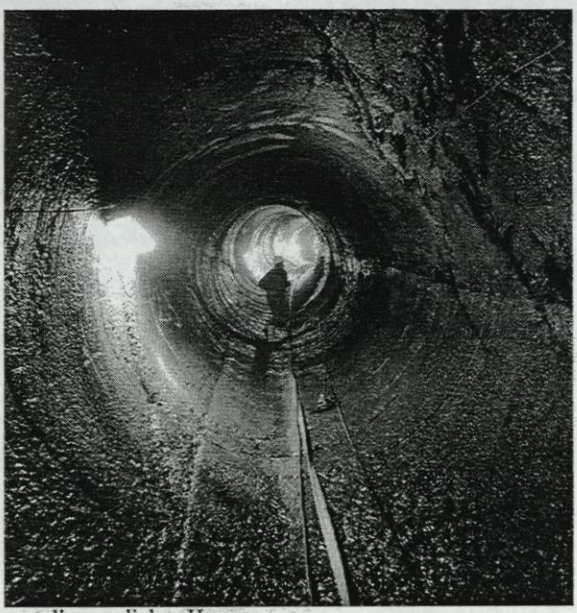


Bild 20: Drainagestollen am linken Hang

4. Schlußbemerkung

Beim Ruhrverband sind in den letzten 10 Jahren bei Planung und Durchführung vergleichsweiser komplexer Bauvorhaben beachtliche Erfahrungen gesammelt worden. Sie ergänzen das bereits aus früheren Jahrzehnten vorliegende knowhow. Es bewährt sich, diese Spezialkenntnisse im eigenen Hause verfügbar zu halten, weil es nur dadurch möglich ist, im Einzelfall Lösungen zu finden, welche angesichts der hohen wasserwirtschaftlichen Anforderungen an das Talsperrensystem auch wirtschaftlich vertretbar sind.

5. Literaturverzeichnis

[1] Rißler, P.: Ertüchtigung von Talsperren. Zeitschrift für Städte- und Umwelthygiene, 1/97 (gleichzeitig Sonderheft 1997 des Instituts zur Förderung der Wassergüte- und Wassermengenwirtschaft e.V.)

Prof. Dr.-Ing. Peter Rißler
RUHRVERBAND
Hauptabteilung Talsperrenwesen
45128 Essen, Kronprinzenstr. 37
E-mail: pri@ruhrverband.de