

Erwähnenswerte Ereignisse und ausgewählte Meßergebnisse aus dem Leben einer über 90 Jahre alten Bruchsteinmauer

1 Zur Geschichte der Talsperre Tambach-Dietharz

Im Dezember 1896 fällt das Herzoglich-Sächsische Staatsministerium zu Gotha ein für die Stadt folgenschweres und formalrechtlich nicht mehr anfechtbares Urteil. Um die Wasserrechte von Mühlenbesitzern zu wahren sowie das systematische Austrocknen der Apfelstädt zu verhindern, wurde der schnell wachsenden Residenzstadt verboten, zur kapazitiven Erweiterung ihres Wasserwerkes und damit zur mittelfristigen Sicherung der Trinkwasserversorgung zusätzliche Quellen anzuschließen.

Für den weitsichtigen Leiter des damaligen Wasserwerkes, Hugo Mairich, war bereits wesentlich früher absehbar, daß es nicht zum Anschluß weiterer Quellen kommen würde. Er führte in aller Stille Untersuchungen durch, die es ermöglichten, schon im Januar 1897 der Stadtverordnetenversammlung in einer Denkschrift den Bau eines "Stauweihers" vorzuschlagen.

Der dann fast zweijährige Streit in der Bürgerschaft zwischen Gegnern des Talsperrenbaues und Befürwortern eines "Grundwasserhebewerkes" entschied sich im November 1898. Der als "langjähriger Berater der Königlich-Preussischen Staatsregierung in allen die Wasserverhältnisse betreffenden Fragen" hinzugezogene Geheimrat Professor Intze, ließ in seinem Gutachten gegenüber den städtischen Körperschaften keinen Zweifel aufkommen, daß eine "Gothaer Talsperre zu Tambach-Dietharz" die wirtschaftlichste und lang-

Technische Daten

Einzugsgebiet	2,00 km ²
Jahresabflußmenge	13,60 hm ³
Höchstes Stauziel	473,48 m ü. HN
Vollstau	473,07 m ü. HN
Stauziel	473,07 m ü. HN
Gesamtstauraum	0,83 hm ³
Stauraum	0,78 hm ³
Speicheroberfläche	0,11 km ²
Ausbaugrad (Stauraum/Jahresabfluß)	0,06
Höhe über Gründungssohle	26,50 m
Höhe über Talsohle	21,00 m
Kronenlänge	110,00 m
Krümmungshalbmesser	144,00 m
Basisbreite	19,50 m
Kronenbreite	4,50 m
Freibord	1,40 m
Mittlere jährliche Trinkwasserabgabe	3,12 hm ³
Seit 1993 Nutzung im Verbund mit der Talsperre Schmalwasser	
Garantierte Mindestwasserabgabe	45 l/s

fristig gesehen beste Lösung war, die zukünftige Wasserversorgung zu sichern.

So entstand 600 m unterhalb des Zusammenflusses von Mittelwasser und Apfelstätt die erste Trinkwassertalsperre im damaligen Thüringen. In den Jahren 1902 bis 1905 wurde auf den Konglomeraten und dem konglomeratischen Sandstein der Tambacher Schichten des Oberrotliegenden eine sandsteinverblendete Bruchsteinmauer aus Porphyr mit einem Krümmungshalbmesser von 144 m und einer Höhe von 26,50 m (Bild 1 und 2) errichtet. Dem Absperrbauwerk war ein Entnahmeturm vorgelagert, der es ermöglichte, Wasser sowohl für die Kraftleitung als auch für die Trinkwasserleitung aus verschiedenen Höhen zu entnehmen.

Sperremauer.

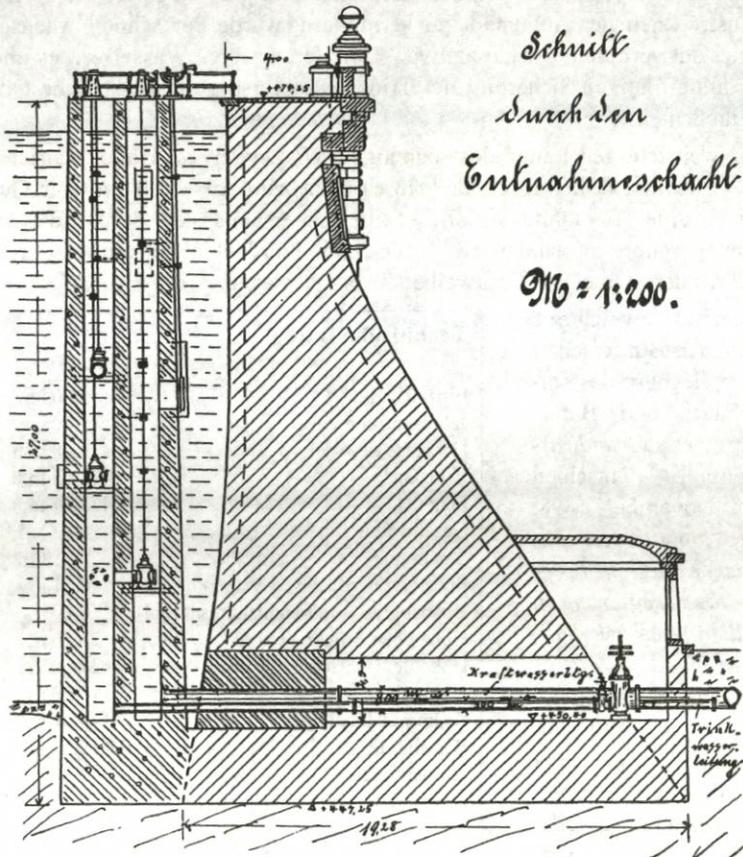


Bild 1

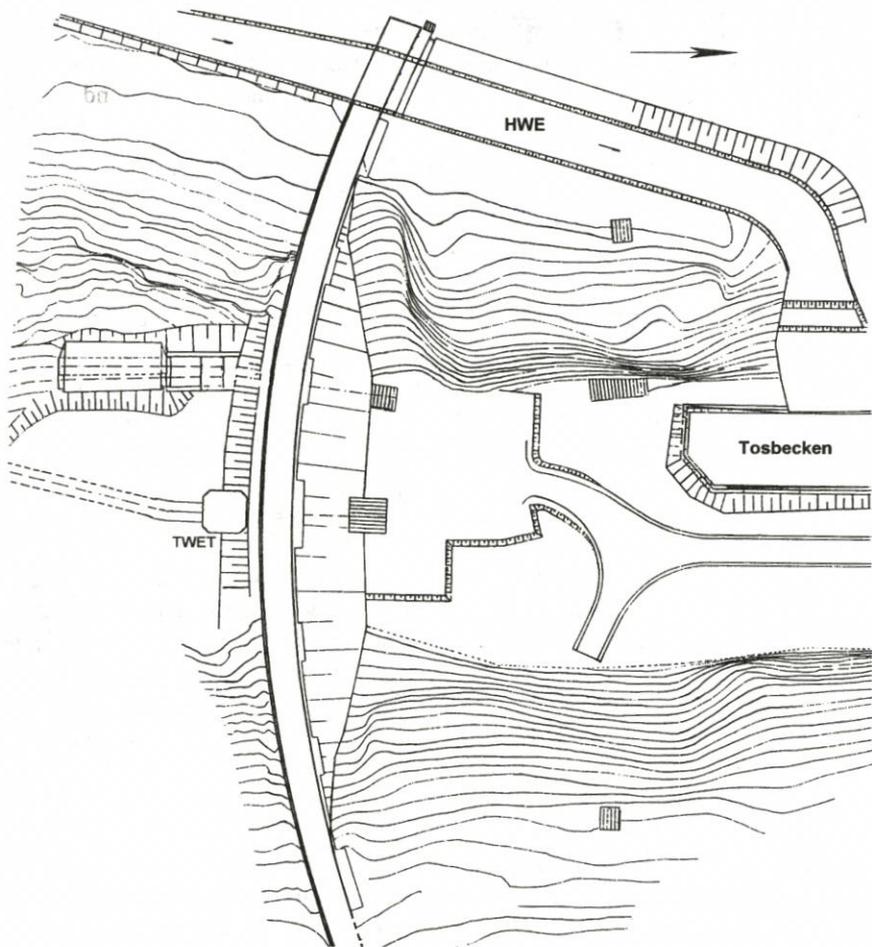


Bild 2

2 Erwähnenswerte Ereignisse und Meßergebnisse bis zum Beginn der Rekonstruktion im Jahre 1987

2.1 Der Ersteinstau

Als im Frühling 1906 der erste Einstau erfolgte, traten bei einer Stauhöhe von 5 m, begünstigt durch die nahezu horizontale Lagerung des Konglomerates, quellartige Vernässungen zunächst am linken, später auch am rechten Hang zu Tage, die abgesehen von der Standsicherheit die Wirtschaftlichkeit der Anlage in Frage stellten. Es wurden Einzelsickerwassermengen bis 215 l/s registriert.

Man versuchte zunächst, dünnflüssigen Zement in einen Schacht zu gießen, der auf eine der Hauptklüfte des linken Hanges gemauert war. Die Sickerungen

verringerten sich nur kurzfristig. Der steigende Wasserspiegel zog zunehmende Sickerwassermengen insbesondere am rechten Hang nach sich. Man beschloß, eine sich zur damaligen Zeit erst entwickelnde Technologie zur Anwendung zu bringen.

Nachdem mit Hilfe von Farbtracerversuchen und Wümschelroute(!) die Wasserwegigkeit erkundet worden war, brachte man in den Jahren 1907 bis 1910 acht Bohrungen am rechten und 27 Bohrungen am linken Hang mit einer Teufe von 13 bis 30 m und einem Durchmesser von 14,5 m bis 18,5 m nieder. Diese wurden mit Zement (80 bis 1530 Sack pro Loch) ausgegossen. Die Maßnahme kostete 90 TRM. Die Sickerwassermenge konnte auf (wahrscheinlich geschätzte) 5 % reduziert werden.

Was die Ingenieure mit dieser Art der Baugrundvergütung der Standsicherheit des Absperrbauwerkes zugute kommen ließen, war wohl damals keinem so recht bewußt.

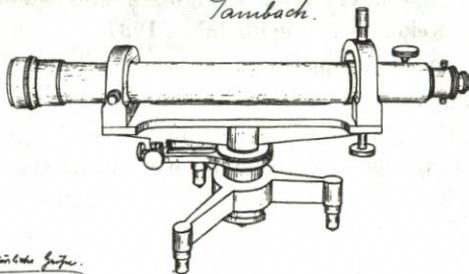
2.2 Die erste Meßeinrichtung zur Beobachtung der Bewegung des Absperrbauwerkes

Obwohl die mit dem Bau beauftragte Firma Windschild & Langelott aus Cossebaude an dem mit der örtlichen Bauleitung betrauten Ingenieur Dodillet kein gutes Haar ließ (die alten Unterlagen wissen zu berichten: *“Die Stadt hatte mit Ihm ein Abkommen, wonach er 5 % derjenigen Beträge erhalten sollte, die gegen den Kostenanschlag am Bau eingespart würden. Das bei einem solchen Verhältnis die Arbeit und unser Vermögen Not gelitten haben, bedarf wohl keiner Erläuterung. Alle unsere Vorschläge und Mahnungen sind in den Wind geschlagen worden ...“*, Langelott), zeigte dieser sich mit seinem Schreiben vom 24. April 1907 als verantwortungsbewußter Ingenieur.

Darin machte er dem Stadtrat den *“... Vorschlag zur Ausrüstung einer Einrichtung an der Staumauer ..., welche an keiner solchen Anlage fehlen sollte. Es handelt sich um eine Vorrichtung, Bewegungen an der Mauer - zwischen gefülltem und entleertem Becken - sowohl in lotrechter als in waagerechter Richtung feststellen zu können.“*

Hiernach folgte ein umfangreicher Gedankenaustausch zwischen dem mit der Aufgabe betrauten Städtischen Landmesser Hülsemann und dem Mathematisch-Mechanischen Institut F. W. Breithaupt & Sohn Kassel. In dessen Ergebnis wurden 1907 Beobach-

*Talsperren - Instrument
Tambach.*

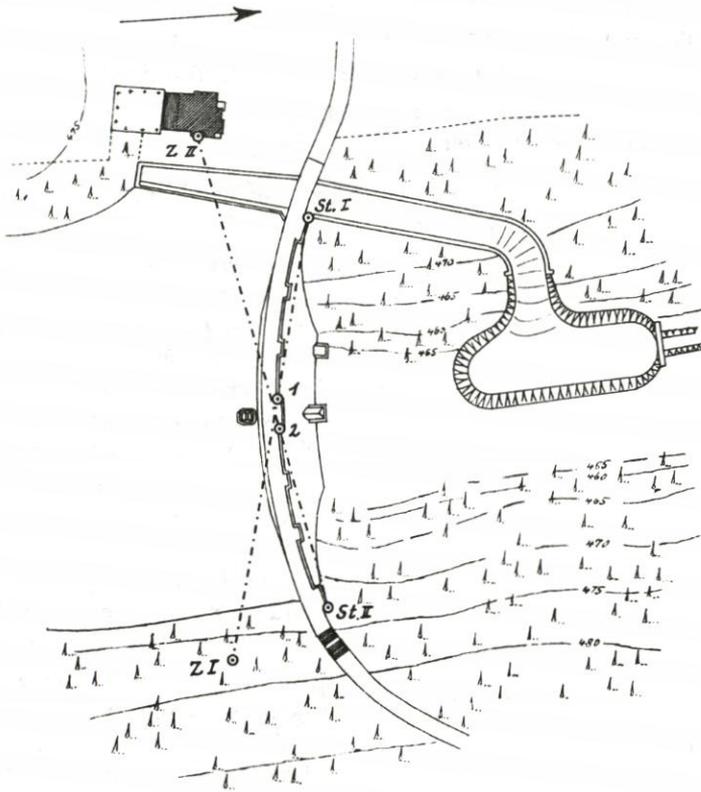


Hülsemann'sches Geod.

Bild 3

*Hülsemann
17.1.08.*

tungsinstrument (Bild 3), Messingplatten und eine sowohl horizontal als auch vertikal verstellbare Zieltafel geliefert, im darauffolgenden Frühjahr ein notwendiger Zielpfeiler errichtet und im Juni/Juli die Meßeinrichtung montiert (Bild 4).



1:1000.

Hülsemann 4.11.07.

Bild 4

Die erste Messung dieses zweidimensionalen Alignementes erfolgte am 07.07.1908. Aus nicht bekannten Gründen fanden erst ab Januar 1910 regelmäßige Messungen statt. Die bis zum März 1929 durchgeführten 116 Messungen lieferten die in Anlage 1 dargestellten Ergebnisse. An dieser Stelle soll dem Stadtvermesser Hülsemann ein Kompliment gemacht werden, denn die Meßergebnisse lassen

prinzipiell die gleichen Symptome und Bewegungen erkennen, wie die der späteren Meßepochen:

- Die jahreszeitliche Amplitude in der radialen Bewegungsrichtung wurde in Abhängigkeit von Stau und Temperatur mit 4 bis 6 mm ermittelt.
- Stauänderungen allein verursachen Bewegungen bis 3 mm.
- Die Mauerkrone unterliegt einem langfristigen Trend zur Wasserseite.
- Die jahreszeitliche Amplitude in der Vertikalen beläuft sich auf 2 - 3 mm.
- Die Mauerkrone ist tendenziellen Hebungen unterworfen, ein Hinweis auf die Auflockerung des Bruchsteinmauerwerkes.

In dem Zeitraum August 1914 bis September 1916 sind keine Messungen durchgeführt worden. Die letzte Messung fand im März 1929 statt.

Hülsemann äußerte sich im Jahr 1931 über sein Werk: *“Die 1908 an der Stau-mauer angebrachte Meßeinrichtung hat sich als unzureichend erwiesen. ... Streng genommen sind jedoch nur die Bewegungen der Brüstung gemessen worden, nicht die der Mauer, deren Bewegungen können andere Beträge erreichen.“* Sicher wies das damalige Meßsystem konstruktive Mängel auf, insbesondere weil Instrument und bewegliches Zielzeichen auf der Mauerbrüstung stationiert waren. Dieser Meinung von Hülsemann können sich die Verfasser jedoch nicht ohne weiteres anschließen.

2.3 Die Ereignisse der Jahre 1927 bis 1929

Im Sommer 1927 verschlechterte sich scheinbar die Trinkwasserqualität. Seit der Desinfektion des Wassers mit Chlor kam das Wasser mit unangenehmem Geruch und fadem Geschmack in Gotha an.

Eine Pressekampagne gegen das “enfant terrible“ der Gothaer Wasserversorgung mit überzogenen Darstellungen von toten Tierkadavern im Stauee, Gerüchte um Thyphus-Erreger (wahrscheinlich *Salmonella typhi*), dem Freitod eines Liebes-paares sowie einem weiteren Leichenfund setzten den Verwaltungsausschuß des Wasserwerkes derart unter Druck, daß er sich genötigt sah, die Talsperre nach 1916 ein zweites Mal zu entleeren. Man fand ein sauberes Staubecken vor und begann am 18. Januar 1928 nach einer Stägigen Leerphase mit dem Wiedereinstau.

Knapp einen Monat später, der Vollstau war inzwischen erreicht, zeigten sich auf der Luftseite der Sperrmauer Vernässungen. Diese Erscheinungen traten hauptsächlich im unteren Teil des Absperrbauwerkes und in einem Bereich von 3 bis 5 m unter der Mauerkrone auf. Neben flächig vernäßten Bereichen wurden Austrittstellen mit bleistiftstarkem Strahl lokalisiert. Die daraufhin vorgenommene Absenkung des Stauspiegels auf 3 m unter Vollstau ließ insbesondere die höhergelegenen Feuchtstellen verschwinden. Eine Untersuchung der Wasserseite des Absperrbauwerkes ergab, daß der Putz, dem eigentlich eine dichtende Funktion zugeschrieben worden war, unter den sehr niedrigen Temperaturen des Winters 1927/28 (Doppelfrostperiode) enorm gelitten hatte. Die jetzt vorhandenen Schä-

den konnten nicht wie bis dahin im Rahmen kleinerer Ausbesserungen beseitigt werden. So entschloß man sich, die Wasserseite mit einem "Torkret-Putz" neu zu dichten.

Die Arbeiten dazu wurden wie folgt vorgenommen:

- Entfernen des vorhandenen Zementputzes,
- Aufstemmen der Fugen auf mindestens 10 bis 15 cm Tiefe,
- Feinreinigung durch Sandstrahlen,
- Aufbringen eines neuen Putzes oberhalb der 10 m Staumarke (Mischung 2 Teile scharfkörniger Sand, 0,6 Teile Zement, 0,4 Teile Traß).

Nach dem Entfernen der alten Putzschicht wurden "tief in die Mauer reichende Hohlräume" entdeckt und neu verfügt sowie eine Vielzahl zersprengter Steine entfernt. Am 26. November 1928 war der Vollstau wieder erreicht. Die Vernässungen 3 bis 5 m unter der Mauerkrone traten nicht wieder auf.

Leider war der über 100 TRM teuren Maßnahme kein Erfolg beschieden. Der Katastrophenwinter 1928/29, insbesondere der sehr kalte Januar, in dem die Tal-sperre nicht voll gefüllt war, wirkte mit gleicher Intensität auf die Mauer wie die vorangegangenen. Ende Februar 1929, der Beckenpegel stand am 26.02.1929 bei 17,76 m P.N., wurden bei einer Begutachtung der Wasserseite erneut Risse im Putz entdeckt.

Der größte Riß befand sich ungefähr 3 m unter der Mauerkrone, über die gesamte Länge der Mauerkrone verlaufend und mit einer Öffnungsbreite von bis zu 1,5 mm. In gleicher Höhe entdeckte man auf der Luftseite einen Riß.

Im Zeitraum 23. März bis 2. April 1929 stieg der Beckenpegel bis zum Erreichen des Vollstaues sehr schnell an (~ 5,50 m in 9 Tagen). Am 15. April 1929 wurden erneut Wasseraustritte auf der Luftseite sichtbar [Bild 5]. Gleichzeitig registrierte man eine Verdoppelung des Sickerwasseranfalls aus den Mauerdrainagen.

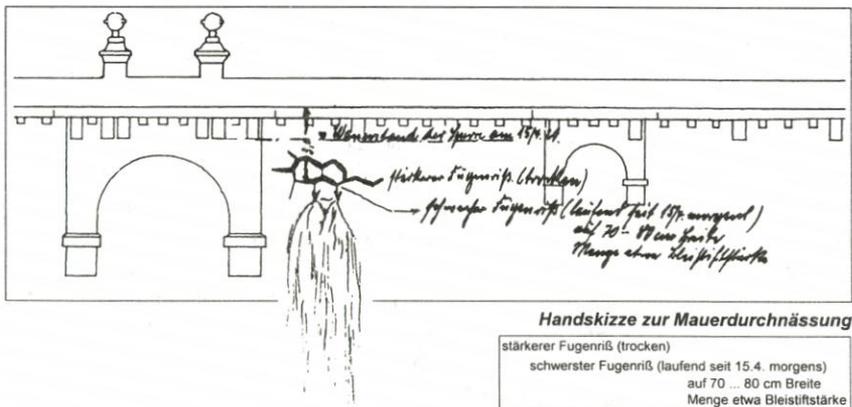


Bild 5

Wie lassen sich diese Geschehnisse der Jahre 1927 bis 1929 im Rückblick deuten?

Betrachten wir zunächst die Sperrstelle. Das Absperrbauwerk der Talsperre Tambach-Dietharz wurde in einem Trogtal errichtet, welches in der Talaue ca. 47 m breit ist, der linke und rechte Hang sich mit 70 bis 75° Neigung zur Horizontalen bis auf 15 m über Gründungssohle anschließen und das Tal sich in Höhe Mauerkrone auf 110 m aufweitet. Auf Grund der Meßergebnisse (Alignement von 1910 bis 1929; Trigonometrie ab 1934) wissen wir, daß sich zum einen die Mauerkrone und der Stützkörper tendenziell gegensätzlich bewegten und zum anderen der obere Teil des Mauerkörpers einen Verschiebungstrend in Richtung Wasserseite aufwies [siehe auch Bild 9]. Des weiteren waren immer wieder Hinweise darüber zu finden, daß das Absperrbauwerk wegen der ständigen Durchnässung eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber extremen Dauerfrostperioden bzw. Doppelfrostereignissen unterlag.

Auf Grund der Talform wirkt der untere Teil des Absperrbauwerkes (im Bereich Talaue) als reine Gewichtsstaumauer und der obere Teil mit einem Krümmungshalbmesser von 144 m eher als Gewölbe. Der Unterschied dieser beiden statischen Wirkungsweisen wird begünstigt durch die nahezu horizontal und talwärts einfallenden Schichten des Konglomerates und spiegelt sich letztlich in den gegensätzlichen Bewegungskomponenten der Bauwerksteile wider. Die im Bruchsteinmauerwerk provozierten Spannungen lösten sich in Form eines sowohl radial als auch tangential durchgehenden horizontalen Risses ca. 2,50 m bis 3,00 m unter der Mauerkrone. Das auslösende Moment bildeten die extremen Temperaturen der Winter 1927/28 und 1928/29. Im übrigen deuten die letzten Ergebnisse der Alignementmessung, denen Hülsemann kein Vertrauen schenken wollte, auf die oben beschriebenen Vorgänge hin (Anlage 1).

In den Folgejahren waren keine Zunahmen der Rißerscheinungen zu verzeichnen. Die Vernässungen, besonders im oberen Mauerbereich, verringerten sich, so daß die Forschungen nach den Auswirkungen der Rißbildung auf den Mauerkörper bis 1932 zum Erliegen kamen.

2.4 Die zweite Meßeinrichtung zur Beobachtung der Bewegung des Absperrbauwerkes

Nach dem im März 1929 dem zweidimensionalen Alignement das Vertrauen entzogen wurde, erarbeitete Hülsemann (inzwischen Stadtvermessungsrat) bis zum Juli des Jahres ein Konzept für eine neue Meßeinrichtung. Dieses sah vor, unterhalb der Mauer zwei Beobachtungspfeiler zu errichten und 10 Zielpunkte am Mauerkörper trigonometrisch über einen Vorwärtseinschnitt zu beobachten. Mit der vorgesehenen Anordnung von Zielpunkten in 3 Höhenhorizonten wurde einem möglichen Gleiten in der Gründungssohle größere Aufmerksamkeit zuteil. Der Betreiber der Talsperre zögerte in der sehr schwierigen wirtschaftlichen Situation in Deutschland Anfang der 30iger Jahre die notwendigen Investitionen hinaus. Erst die Auflage vom November 1933, erteilt durch das Thüringer Ministerium

des Inneren, ließ aus den obengenannten Plänen Realität werden, so daß im Juni 1934 die Bezugsmessung durchgeführt wurde (allerdings bei einer Reduzierung der Zielpunkte auf 5 Stück) (Bilder 6 und 7).

Zur Anwendung kam ein Repeating-Theodolit (Gamed) mit Heckmann-Kombinationsmikroskopen auf einem Dreifuß - ein Fabrikat der Firma F. W. Breithaupt & Sohn Kassel.

Inzwischen liegen über 60 Jahre alte Meßreihen vor (Anlagen 2 und 3), die die Ergebnisse aus den Jahren 1910 bis 1929 bestätigen, aber aus denen auch neues abzulesen war.

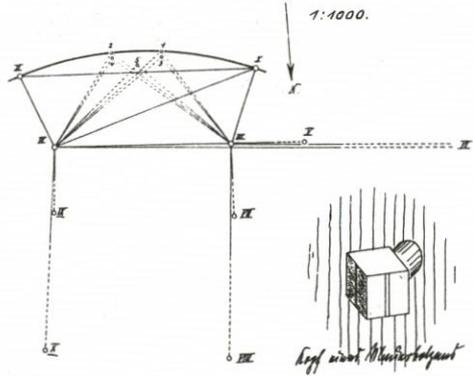


Bild 6

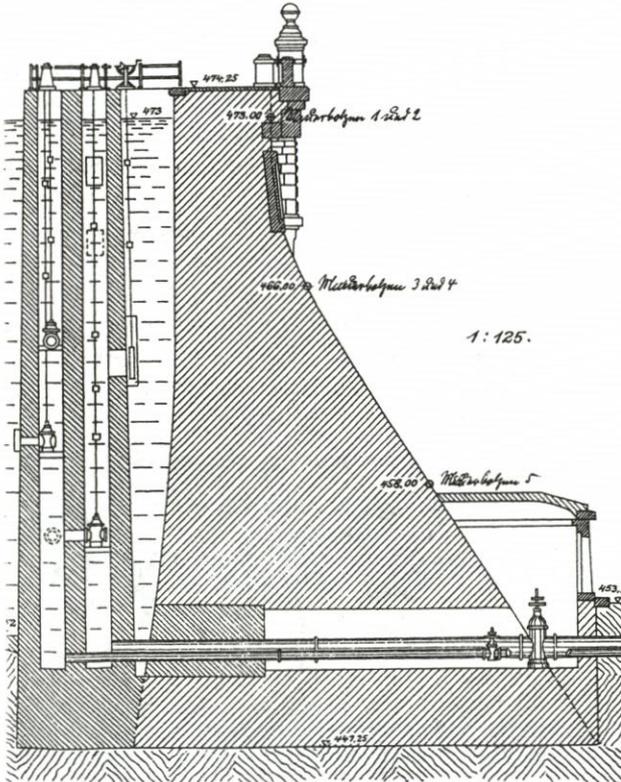


Bild 7

2.5 Die Ereignisse der Jahre 1946/47

Nachdem die Talsperre den II. Weltkrieg ohne Schäden überstanden hatte, wäre sie Anfang 1946 (ähnlich den Talsperren Möhne und Eder) beinahe doch noch ein Opfer der Wirren der Nachkriegsjahre geworden.

In den letzten Apriltagen kamen zwei russische Offiziere an die Talsperre, um Fische zu fangen. Sie kamen aber nicht mit Angel und Haken, sondern mit Sprengladungen. *“Wie Brandt (der damalige Werkaufseher, Anmerkung) schildert, hatten die Sprengungen, zu denen Sprengkörper von etwa 25 cm Länge und je 15 cm Höhe und Breite verwendet wurden, sehr schwere Wirkungen. Er selbst befand sich bei der Detonation der ersten Sprengladung mit seinen Familienangehörigen im Wärterhaus und fühlte nicht nur eine ungewöhnlich starke Erschütterung, sondern daß sich das ganze Gebäude geradezu in schaukelnde Bewegung setzte. Bei der Explosion der zweiten Sprengladung hob sich aus dem Wasserspiegel eine Wassersäule von schätzungsweise 10 m Höhe empor.“*

Die Sprengladungen, die in 10 bis 20 m Entfernung zur Sperrmauer detonierten, verursachten u.a. eine Zunahme des Sickerwasseranfalles aus der Mauerdrainage um das Dreifache. Die Prozedur wiederholte sich ein paar Tage später im Mai. (Als im November 1947 die Talsperre entleert worden war, fand man im Stauraum zahlreiche Sprengkörper und Handgranaten, die auf eine rege “Fischereitätigkeit“ schließen ließen.) Diese Sprengungen bewirkten mit großer Wahrscheinlichkeit eine weitere Schwächung des Mauerkronenbereiches.

Der folgende Winter war geprägt durch eine fast 40 Tage anhaltende Kältewelle, ohne daß in dieser Zeit die Quecksilbersäule ein einziges Mal über den Gefrierpunkt stieg. Bei Durchschnittstemperaturen im Januar 1947 von - 6,1 °C und im Februar 1947 von - 10,4 °C vergrößerte sich der Riß wasserseitig auf 5 mm (Bild 8). Leider hatten sich die Strukturen in der damaligen Wasserwirtschaft noch nicht so konsolidiert, daß an regelmäßige Messungen zu denken war. Aus diesem Grund ist dieses Frostereignis mit seinen Auswirkungen auf das Absperrbauwerk meßtechnisch nicht erfaßt. Der Riß wurde behelfsmäßig abgedichtet. An eine grundlegende Sanierung war in dieser Zeit nicht zu denken.

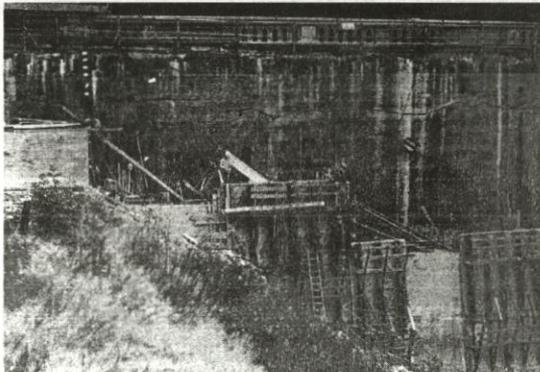


Bild 8

Die 60er Jahre waren von einem allgemeinen Willen geprägt, die Talsperre grundlegend zu sanieren. Es fanden umfangreiche Erkundungsmaßnahmen statt, aber die Entscheidung über eine Rekonstruktion wurde so lange verschoben, bis man 1971 den Vorschlägen einer Standsicherheitsstudie folgte. In dieser wurde empfohlen, keine Baumaßnahmen einzuleiten, sondern die Überwachung des Absperrbauwerkes zu intensivieren.

2.6 Das Doppelfrostereignis von Januar/Februar 1985

Vom 4. bis 17. Januar 1985 und vom 10. bis 20. Februar 1985 traten kurz nacheinander zwei extreme Frostperioden auf. Wie so oft in den vorangegangenen Jahren ließ sich an den Ergebnissen der Einfluß auf die bauliche Substanz des Absperrbauwerkes ablesen. So stieg der Sickerwasseranfall im Kraftstollen auf das 8-fache, im Grundablaßstollen auf das 2,5-fache. Analog dazu erhöhte sich der Wasserstand im Mauerkörper. In den ca. 2 m von der Wasserseite befindlichen Meßstellen (Mauerbohrungen) wurde ein Wasserstand registriert, der sich nur 3,5 bis 4,5 m unter dem Stauspiegel befand. Aber auch an der Mauerkrone ließen sich Einwirkungen des Frostes erkennen. Unabhängig voneinander wurden über das Mauerkronennivellement (Kb 3) und über die trigonometrische Höhenmessung (Mb 101, 102) Hebungen bis zu 3,5 mm beobachtet (Anlage 3).

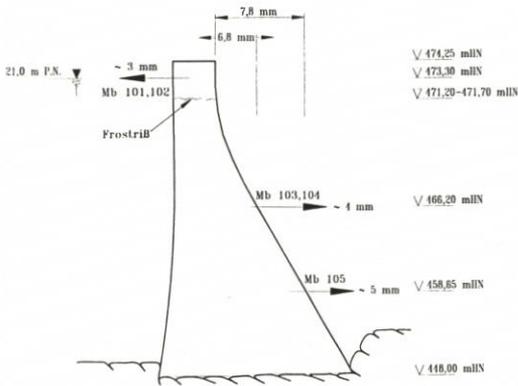


Bild 9:
Die Bewegung der
Staumauer seit 1934

Die im Abschnitt 2.3 formulierte Vermutung soll an dieser Stelle nochmals mit Meßergebnissen bestätigt werden. Die Prinzipskizze in Bild 9 verdeutlicht das Bewegungsverhalten von 1934 bis 1987. Die Mauerkrone und der Stützkörper haben sich 6 bis 7 mm voneinander entfernt. Der durchgehende Riß bildet die Bewegungsfuge.

2.7 Die Rekonstruktion der Talsperre in den Jahren 1987 bis 1990

Im Zusammenhang mit dem Bau der neuen Tambach-Dietharzer Talsperre (Talsperre Schmalwasser) begann die grundlegende Sanierung der alten Tambach-Dietharzer Talsperre.

Die Philosophie der Ertüchtigung bestand darin, den alten Mauerkörper weiterhin als Stützkörper zu benutzen, aber die ständigen Durchsickerungen desselben zu unterbinden. Nach umfangreichen Variantenuntersuchungen entschied man, der Bruchsteinmauer einen Betonmantel als Dichtungselement vorzulagern (Bild 10). Dieser Vorsatzbeton besteht aus einer Gelenkkette einzelner Felder (23 Stück), die in der Regel eine Breite von 5 m besitzen. Der Vorsatzbeton ist mit dem Mauerkörper nicht verankert. Desweiteren erhielt die Talsperre nach der Entfernung des Trinkwasserentnahmeturmes neue Armaturen und Rohrleitungen, ein Schieberhaus, einen Dichtungsschleier, ein erweitertes Kontroll- und Meßsystem, neue Zulaufpegel und ein Prozeßleitsystem. Seit dem Erreichen des Vollstaus im Jahre 1992 liefert die Talsperre, nun als Bestandteil des Fernwasserversorgungssystems Nordthüringens, erneut Rohwasser.

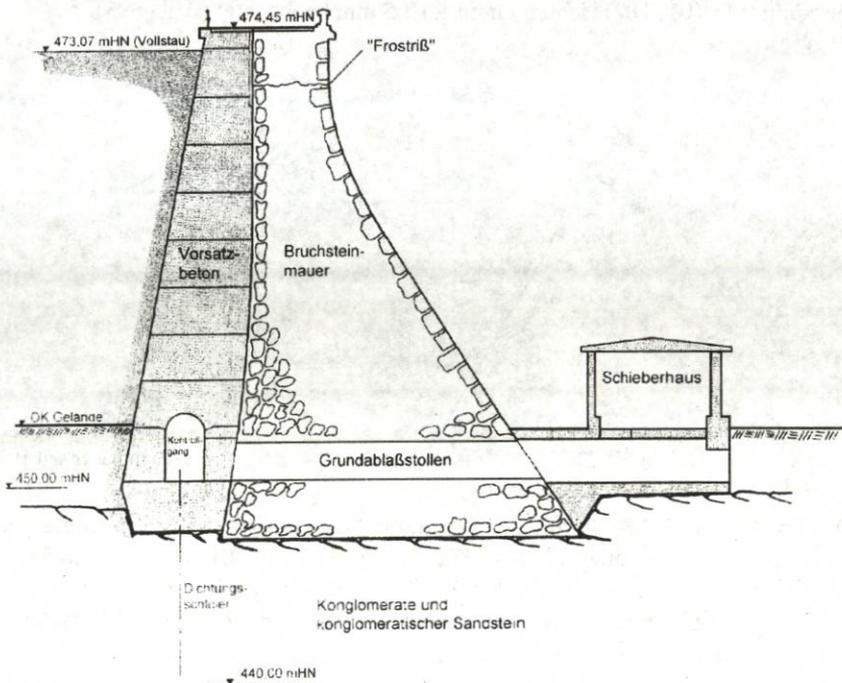


Bild 10: Prinzipskizze der rekonstruierten Talsperre

3 Ausgewählte Meßergebnisse nach der Wiederinbetriebnahme der Talsperre

Um den heutigen Anforderungen an die Überwachung von Talsperren gerecht zu werden, sind die Meßeinrichtungen erheblich erweitert worden. Zuflüsse, Wasserkörper und Absperrbauwerk werden wie folgt überwacht:

- Zuflüsse: - Gütemeßstation an 3 Zuläufen (pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit, Trübung, Sauerstoffgehalt),
 - Zeit-, mengen- oder ereignisproportionale Beprobung,
 - Mengenummessung (hydrologisches Meßnetz),
- Wasserkörper: - Tiefenprofil (unter anderem Sichttiefe, Temperatur, Trübung, Sauerstoff, pH-Wert ...),
 - biologische Parameter (u. a. Chlorophyll, Phytoplankton, Zooplankton ...),
 - physikalisch-chemische Parameter (u. a. Färbung, Eisen, Mangan, SAK, Geruch ...),
 - Nährstoffe (u.a. Gesamtphosphat, Orto-Phosphat, DOC, TOC, Nitrit, Nitrat, Ammonium, Silikat ...),
 - Bakteriologie (Koloniezahlen bei 20°C und 36°C, E-Coli, Coliforme)
 - Spurenanalytik (u. a. Pestizide, Schwermetalle ...)
- Bauwerke: - geometrisches und hydrologisches Nivellement (80 Höhenpunkte)
 - geometrisches und trigonometrisches Alinement (9 Alinementpunkte)
 - trigonometrische Lage- und Höhenbestimmung (5 Zielpunkte)
 - Pendellot und Schwimmotmessung (6 Meßstellen)
 - Fugenspaltmessung (50 Meßstellen)
 - Höhenextensometer (4 Stück)
 - Sickerwassermessung (5 ständige Messungen)
 - Sohlenwasserdruck (25 Meßstellen)
 - Kluftwasserstand (12 Meßstellen)
 - Temperatur (Wasser, Vorsatzbeton, Bruchsteinmauer)
 - Beckenpegel
- Sonstiges: - meteorologische Messungen
 - Zugangs- und Kontrollsystem (geplant)

Die Messungen und Meßverfahren an den Bauwerken sind so konzipiert, daß ein Teil der Meßstellen redundant beobachtet werden kann. Es ist damit möglich, gezielt Referenzmeßwerte zu ermitteln.

3.1 Die Durchsickerung des Mauerkörpers

Als ein wichtiger Indikator für die Durchströmung des Mauerkörpers werden auch weiterhin die Sickerwassermengen aus den Mauerdrainagen beobachtet. In den Jahren vor der Rekonstruktion wurden meist ereignisbedingte "Spitzen" bis 0,3 l/s (Kraftstollen) bzw. 0,5 l/s (Grundablaßstollen) beobachtet. Das hört sich im Augenblick nicht als unbedingt viel an, bedenkt man jedoch, daß sich diese Mengen in nur jeweils zwei Drainagesträngen (Bild 1 und 7) sammelten bzw. ereignisbedingten Steigerungsraten bis zum 50-fachen unterlagen, so relativieren sich die obengenannten Zahlen. Seit dem Wiedereinstau der Talsperre im November 1991 sind keine auch nur annähernd so großen Sickerwassermengen mehr registriert worden.

Nachfolgende Tabelle bietet einen Vergleich des Sickerwasseranfalls aus der Mauerdrainage vor und nach der Rekonstruktion:

1. durchschnittliche Sickerwassermenge bei Vollstau

	vor der Rekonstruktion	nach der Rekonstruktion
GA I wasserseitiger Strang	Σ 15 - 20 ml/s	< 1,0 ml/s (Max: 1,5 ml/s)
luftseitiger Strang		~ 4,0 ml/s (Max: 4,8 ml/s)
GA II wasserseitiger Strang	Σ 5 - 10 ml/s	< 1,0 ml/s (Max: < 1,0 ml/s)
luftseitiger Strang		~ 3,0 ml/s (Max: 5,0 ml/s)

2. Ereignisbedingte Maxima (z.B. Frostperioden; schnelle Stauspiegelanstiege)

	vor der Rekonstruktion	nach der Rekonstruktion
GA I (ehem. GA-Stollen)	500 ml/s	nicht
GA II (ehem. Kraftstollen)	264 ml/s	vorhanden

Die enormen Zunahmen der Sickerwassermengen waren häufig begleitet von der Erhöhung des Wasserstandes in der Mauer. In das Bild der heutigen geringen Sickerwassermengen ordnen sich die niedrigen Wasserstände in der Mauer sehr gut ein. Sie befinden sich derzeit nur wenig über der Gründungssohle und sind eher das Ergebnis des allgemeinen Potentialabbaues zur Luftseite als der Durchsickerung des Mauerkörpers.

Bestätigt werden diese Aussagen durch die Gesamtsickerwassermenge. Lag diese Menge vor der Generalinstandsetzung bei durchschnittlich 5 l/s (Vollstau) und Spitzen weit über 10 l/s, so reduzierte sich diese auf weniger als 2 l/s. Dem muß hinzugefügt werden, daß eine in den 30er Jahren 150 m unterhalb der Sperrmauer gebaute Sickerwasser-Rückgewinnungsanlage bei einem Einstau von 19 m mehr als 35 l/s Wasser lieferte, wobei der von der Talsperre stammende Anteil nie genau bestimmt werden konnte.

Es bleibt festzustellen, daß durch die neuen Dichtungselemente (Vorsatzbeton und Dichtungsschleier) die Sickerwasserverluste erheblich reduziert werden konnten und die Durchströmung des Mauerkörpers fast vollständig unterbunden wurde. Ein wesentliches Ziel der Generalinstandsetzung ist damit erreicht worden.

3.2 Die Bewegungen im Mauerriß

Ausgehend von den Meßwerten der trigonometrischen Lagemessung läßt sich in einem Epochenvergleich die Verschiebung von Mauerkrone und Stützkörper wie folgt rekonstruieren (siehe auch Bild 9):

Epoche	1934 bis 1943	1947 bis 1960	1962 bis 1984	1984 bis 1991	1991 bis 1997
Verschiebungen zwischen Mauerkrone (MB 101, 102) und Stützkörper (oberer Teil; MB 103, 104)	-0,3 mm	+3,0 mm	+4,8 mm	+6,8 mm	+6,5 mm
Verschiebungen zwischen Mauerkrone (MB 101, 102) und Stützkörper (unterer Teil; MB 105)	+0,4 mm	+4,4 mm	+5,8 mm	+7,8 mm	+8,3 mm

Bemerkung: + Δy bedeutet: Mauerkrone und Stützkörper bewegen sich in radialer Richtung gegensätzlich

In dem Vorsatzbeton befinden sich 6 Kontrollschächte, von denen zwei mit einigen Meßeinrichtungen bestückt worden sind (Schwimm- und Pendellot, Extensometerstrecken, Riß-, Fugenspalt- und Sickerwassermeßstellen).

Seit September 1991 wird der Riß in den oben erwähnten Kontrollschächten direkt beobachtet. Seit 5 Jahren ist keine erwähnenswerte Bewegung registriert worden, was ebenfalls den Meßwerten der trigonometrischen Höhen- und Lagemessung zu entnehmen ist. Bis Ende 1996 sind sowohl in radialer als auch in vertikaler Richtung Beträge zwischen -0,10 mm und +0,10 mm ermittelt worden.

3.3 Das gegenseitige Verhalten von Bruchsteinmauer (BSM) und Vorsatzbeton (VSB)

Eine weitere wesentliche Aufgabe der meßtechnischen Überwachung des rekonstruierten Absperrbauwerkes besteht in der Beobachtung des gegenseitigen Verhaltens von VSB und BSM. Die Fuge BSM/VSB wird auf der Mauerkrone mit 15 Meßstellen (dreidimensional), in 2 Kontrollschächten mit je 3 Meßstellen (zweidimensional) und in Höhe des Kontrollganges mit 8 Meßstellen (2 x zweidimensional, 6 x dreidimensional) beobachtet. In den Kontrollschächten 8/9 und 12/13 (Bereich Talaue) erfolgen die Messungen in 5 Höhenhorizonten (Bild 11).

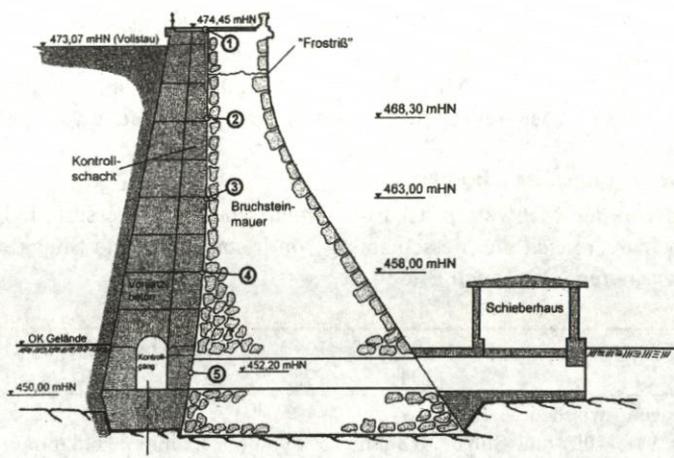


Bild 11: Anordnung der Fugenspaltmeßstellen in den Kontrollschächten

Die Ganglinien in den Bildern 12 und 13 enthalten radiale Verschiebungsbeträge (Δy) im Zeitraum 1991 - 1996. Bevor auf diese Meßergebnisse eingegangen wird, sind einige Erläuterungen zur Herstellungstechnologie notwendig. Der Vorsatzbeton wurde blockweise an das Bruchsteinmauerwerk anbetoniert, ohne daß der alte Putz aus den 30iger Jahren entfernt wurde. Durch Schwindvorgänge während des Abbindens des Betons öffnete sich die Fuge VSB/ BSM. Mit dem Einstau der Talsperre wirkte der Lasteintrag des Wasserdruckes auf den Vorsatzbeton und preßte diesen an den Stützkörper. Dieser Vorgang macht sich insbesondere in den Höhenhorizonten ②③④ (Bild 11) als Schließvorgang mit stellenweise mehr als 1 mm bemerkbar. Spätestens mit dem Erreichen des Vollstaus sind größere Bewegungen abgeklungen bzw. weisen ein asymptotisches Verhalten auf.

Desweiteren ist an den Ganglinien im Höhenhorizont ① (Mauerkrone) ein jahreszeitlich bedingtes Öffnen und Schließen der Fuge VSB/BSM erkennbar. Bis auf eine reagieren alle 15 Meßstellen der Mauerkrone in der gleichen Art und Weise. Die maximalen Öffnungsbeträge liegen bei > 2 mm. In den Fugen mit den intensivsten Bewegungen werden durchschnittliche Amplituden bis 1,2 mm ermittelt. Dieses Verhalten war in der Form nicht erwartet worden.

TS Tambach-Dietharz Fugenspaltmessung Kontrollschacht 8/9

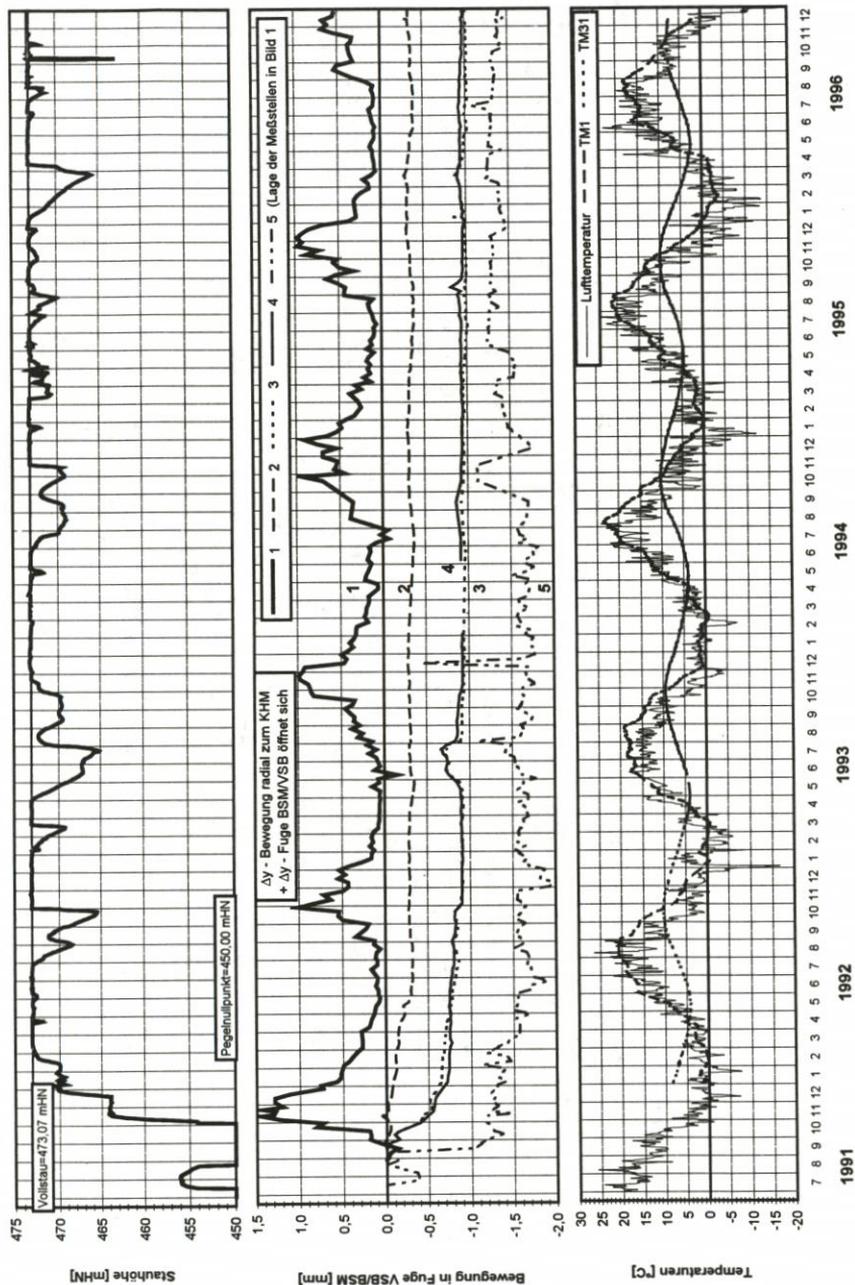


Bild 12

TS Tambach-Dietharz Fugenspaltmessung Kontrollschacht 12/13

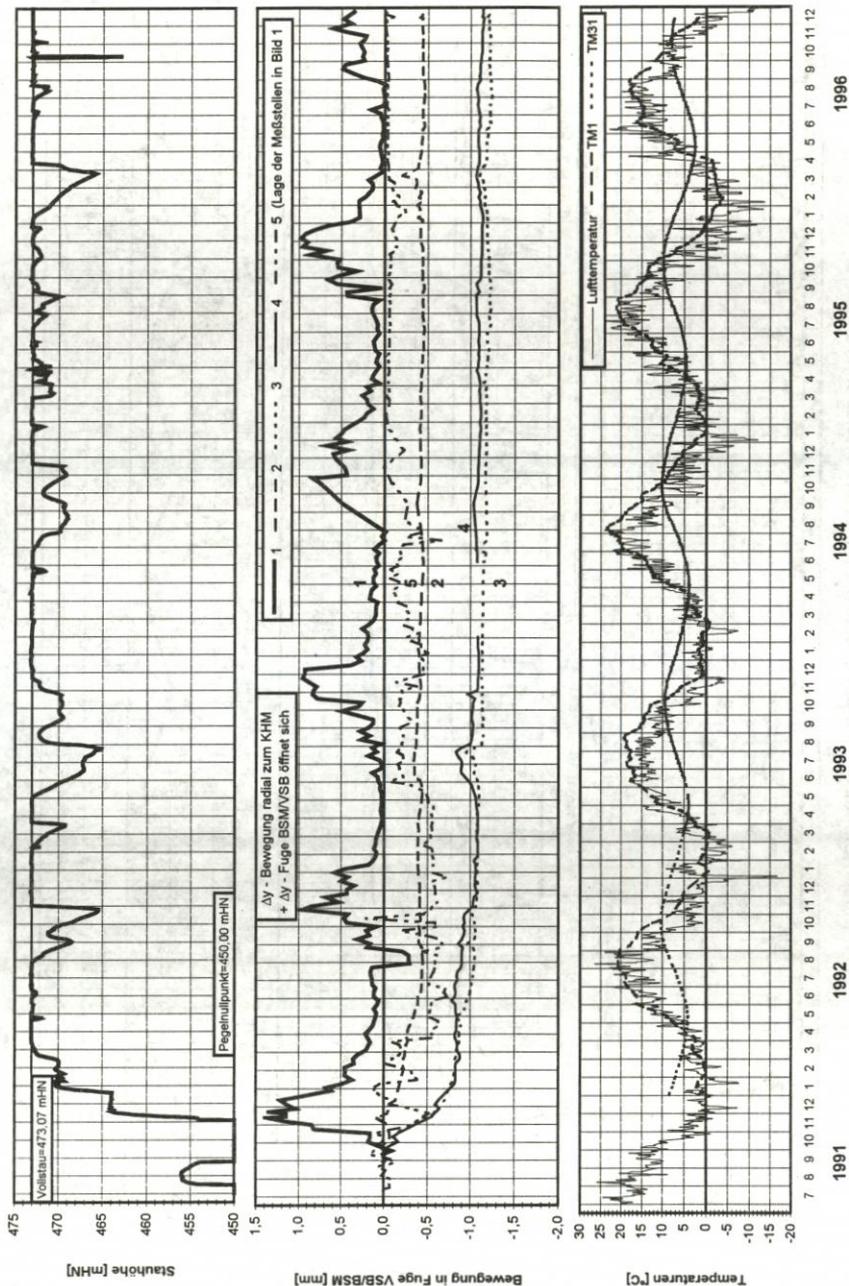


Bild 13

TS Tambach-Dietharz Extensometer Kontrollschächte 8/9 und 12/13

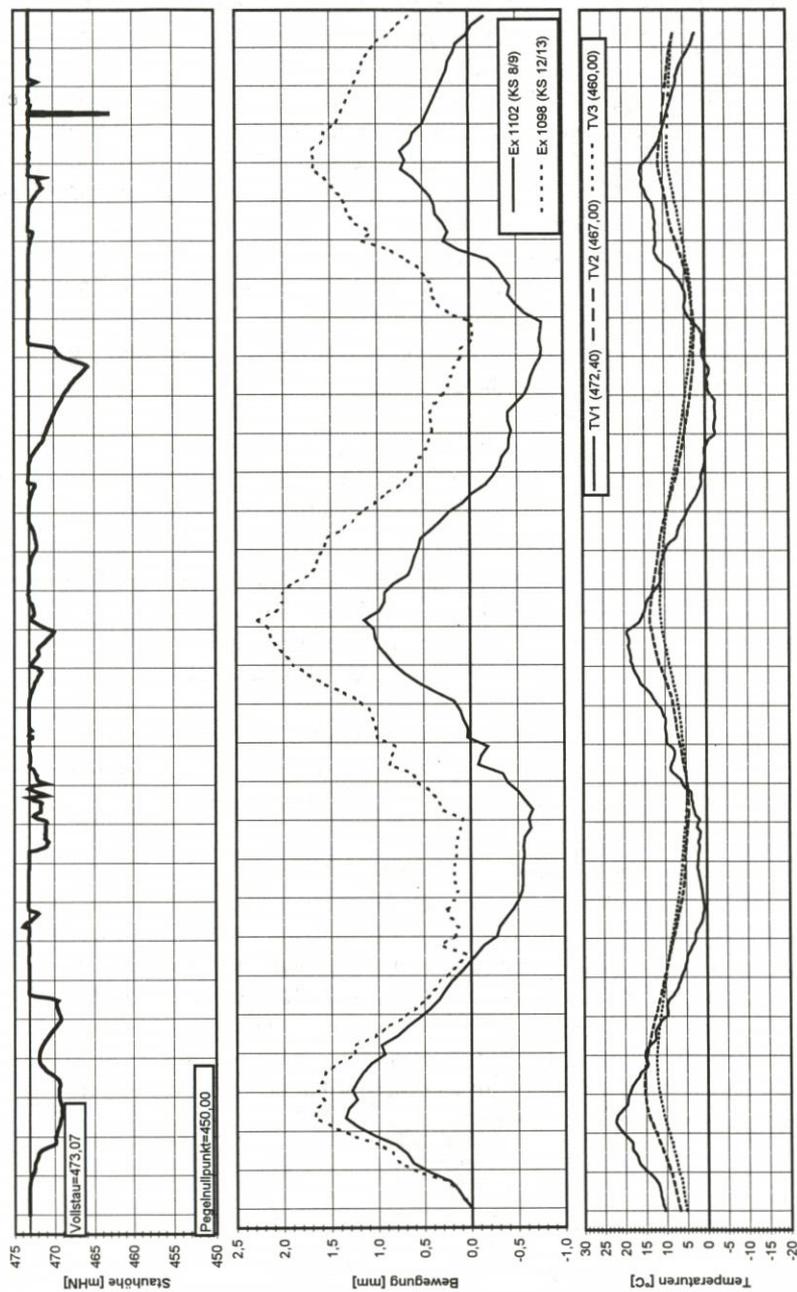


Bild 14

1996

1995

1994

Die Ursachen dieses Vorganges können wie folgt beschrieben werden. Oberhalb des Frostrisses ist die Fuge BSM/VSB mit Polystyrol versehen. Dieser Schaumstoff läßt ein Spiel zwischen Vorsatzbeton und Mauerkrone in bestimmtem Umfang zu. Die Bewegungen des Vorsatzbetons (auch die im Kronenbereich) werden durch den Stützkörper vorgegeben, nicht durch die Mauerkrone. Die Mauerkrone selbst, also der Bereich oberhalb des Frostrisses, unterliegt einem intensiveren Wärmeaustausch (vergleiche T_{M31} und T_{M1}) und beginnt sich im Herbst eher und mit größerer Geschwindigkeit zur Luftseite zu bewegen als der Stützkörper inklusive des VSB. In dieser Zeit öffnet sich die Fuge. Mit der Annäherung der Temperaturverhältnisse in den zentralen Bereichen des Stützkörpers (TM_1) und der Mauerkrone (TM_{31}) schließt sich die Fuge wieder.

Die Bewegungsgrößen in x-Richtung (tangential) und in z-Richtung (vertikal) fallen wesentlich geringer aus als die der z-Richtung. In x-Richtung ist ein leichter jahreszeitlicher Trend mit einer Amplitude von 0,2 mm eingetreten, das heißt, in dem Zeitraum von Oktober/November bis Mai/Juni bewegen sich die Felder in der Talau gegenüber der BSM zum linken Hang. In z-Richtung wurde an den meisten Meßstellen (in Höhe des Kontrollganges) beobachtet, daß sich der VSB gegenüber der BSM leicht um 0,7 mm gesetzt hat.

Trotz der sehr markanten Bewegungen in Höhe der Mauerkrone kann festgestellt werden, daß sich das Verhalten des Absperrbauwerkes mit dem seines neuen Dichtungselementes, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Wirkung von Temperatur und Wasserdruck auf die Bauwerke, im Einklang befindet.

3.4 Die temperaturbedingte vertikale Längenänderung des Vorsatzbetons

In die Kontrollschächte 8/9 und 12/13 (Bereich Talau) wurden Extensometerstrecken eingebaut, mit Hilfe derer die vertikale Längenänderung des Vorsatzbetons beobachtet wird.

Die Ergebnisse der vor 3 Jahren begonnenen Messungen sind in Bild 14 dargestellt. In den Diagrammen ist ebenfalls der Temperaturverlauf in drei verschiedenen Höhenhorizonten des Vorsatzbetons enthalten. Den Ganglinien läßt sich entnehmen, daß die Mauerkrone (Vorsatzbeton wie Bruchsteinmauer) temperaturbedingten Höhenschwankungen vom Sommer zum Winter von stellenweise mehr als 2 mm unterliegt. Mit einem Hinweis auf die Meßwerte des zweidimensionalen Alignements aus den Jahren 1910 bis 1929 soll sich der Kreis unserer Ausführungen schließen. Hülsemann ermittelte vor über 60 Jahren genau die selben Ergebnisse, wenn auch auf anderem Wege.

4 Schlußbemerkungen

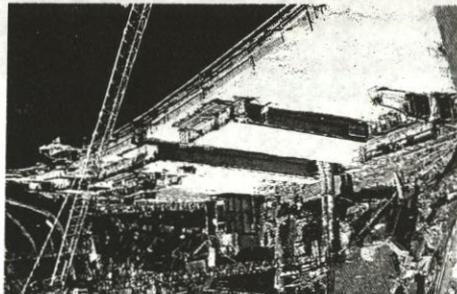
Die Talsperre Tambach-Dietharz existiert seit mehr als 90 Jahren. In dieser Zeit fanden zwei Weltkriege statt, wechselten sich Phasen von wirtschaftlicher Not mit denen des Aufschwunges ab, traten Hochwasserereignisse ein und machten ihr Frostperioden schwer zu schaffen. Trotzdem erwies sie sich in all den Jahren als ein zuverlässiger Lieferant von Wasser für die Trinkwasserversorgung und wird es auch in ihrer zweiten, sicher ebenso langen, Betriebsphase sein.

Am Beispiel der Talsperre Tambach-Dietharz haben die Verfasser den Versuch unternommen zu vermitteln, was sich in 90 Jahren alles ereignen kann. Viele der beschriebenen Ereignisse wirkten als Belastung und verursachten im extremen Fall sogar substantielle Beschädigungen an den Bauwerken.

In einer Zeit, in der scheinbar alles der Effektivität und dem wirtschaftlichen Erfolg untergeordnet wird, war uns in gleichem Maße daran gelegen, auf die Wichtigkeit der Beschäftigung mit Meßergebnissen und Ereignissen aus der Vergangenheit hinzuweisen. Denn, "wer um seine Vergangenheit nicht weiß, kennt seine Zukunft nicht". Ebenso verhält es sich mit den Talsperren und die haben eine Zukunft.

IHR PARTNER IN PLANUNGSFRAGEN

BERATUNG
GUTACHTEN - PLANUNG
BAUÜBERWACHUNG - PROJEKTSTEUERUNG



Wasserbau
Neuanlagen /
Sanierung von Talsperren,
Wasserkraftanlagen, Wehren etc.
Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Hydraulische Berechnungen
Naturnaher Gewässer Ausbau

Wasserwirtschaft
Grundwasserschutz
Siedlungswasserwirtschaft

Geologie / Hydrogeologie
Tunnelbau
Umwelttechnik
Verkehrsplanung
Ingenieurvermessung
Umweltverträglichkeits-
untersuchungen
Öko-Audit

Sanierung der Dreilägerbach-Talsperre

SPIEKERMANN GmbH & Co
BERATENDE INGENIEURE

Berlin Düsseldorf Duisburg Dresden Erfurt Frankfurt Leipzig Mannheim Stuttgart

Turnerweg 8 01097 Dresden Telefon (0351) 82822-0 Telefax (0351) 82822-80

