

Versagensfälle von Staubauwerken und deren Einfluss auf die Europäische Rechtsprechung

Alexius VOGEL*

Talsperrenbrüche haben in vielen Ländern in Europa wie wohl kaum andere Ereignisse und Unfälle immer wieder die Rechtsprechung beeinflusst. Am 14.2.1852 brach zum Beispiel in Großbritannien der Bilberry Dam und verursachte den Tod von 81 Menschen in der Stadt Holmfirth. Die London News veröffentlichte am 14.2.1852 eines der wenigen, bis heute erhalten gebliebenen Bilder der Ruine, das den 20 m hohen und 94,5 m langen Erddamm nach seiner Zerstörung zeigt (Abb. 1).

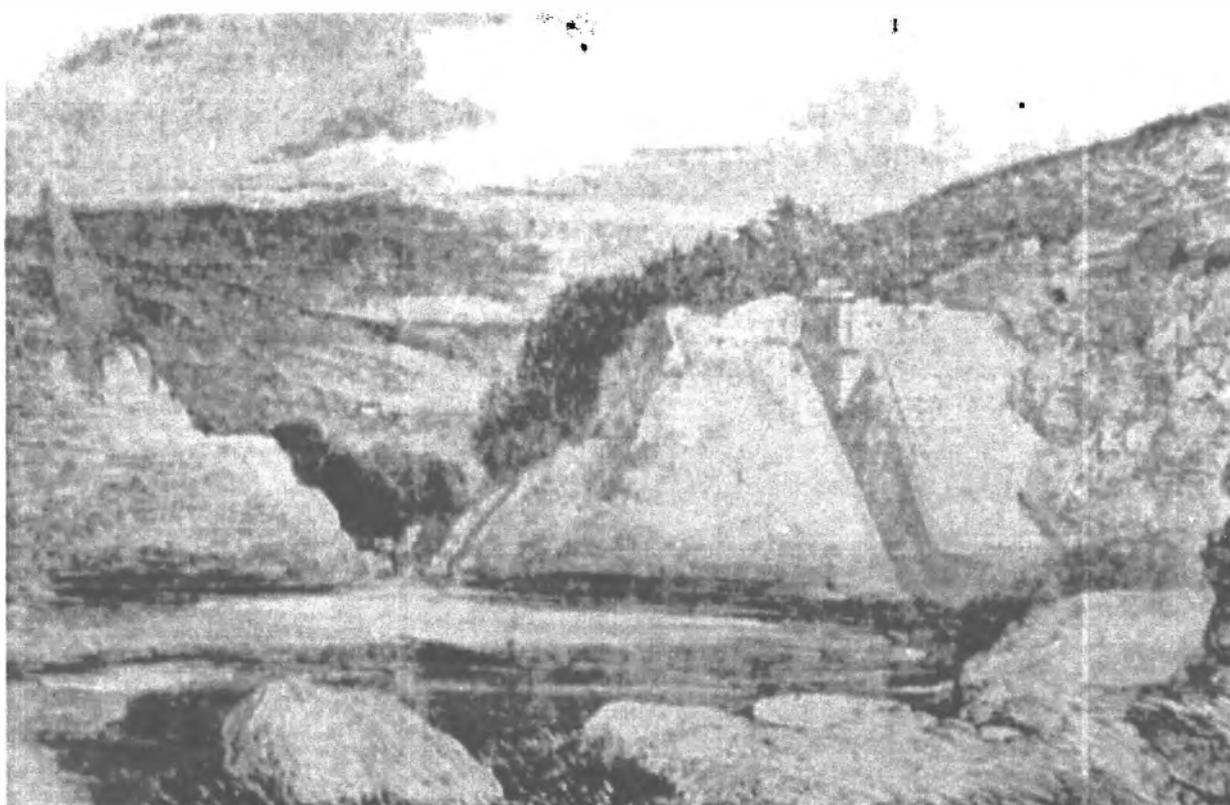


Abb. 1: Die Ruinen des 1852 zerstörten Bilberry Dammes in Großbritannien

Dieses Ereignis, welches in seinen Auswirkungen als tragisch genug anzusehen war, reichte allerdings noch nicht aus, um zum damaligen Zeitpunkt sich mit kritischen Gedanken über die Gesetzgebung in Bezug auf Talsperrenbauten zu beschäftigen, doch brach am 11.3.1864 der 29 m hohe und 382 m lange Dale Dyke Dam, dessen Flutwelle 245 Tote verursachte. Ein am Nachmittag dieses Tages beobachteter horizontaler Riss im Dammkörper, die rasche Zerstörung des Dammes und das eindeutige Bestehenbleiben des Grundablasses nach der Katastrophe (Abb. 2) scheinen klare Indizien dafür zu sein, dass der Dam nicht durch eine Sickerung längs des Grundablasses zerstört worden sein dürfte.

* Dipl.Ing. Dr. Alexius VOGEL, Risk Assessment International Austria, A-1210 Wien, Puschmannng. 1/3, www.risk-assessment.at

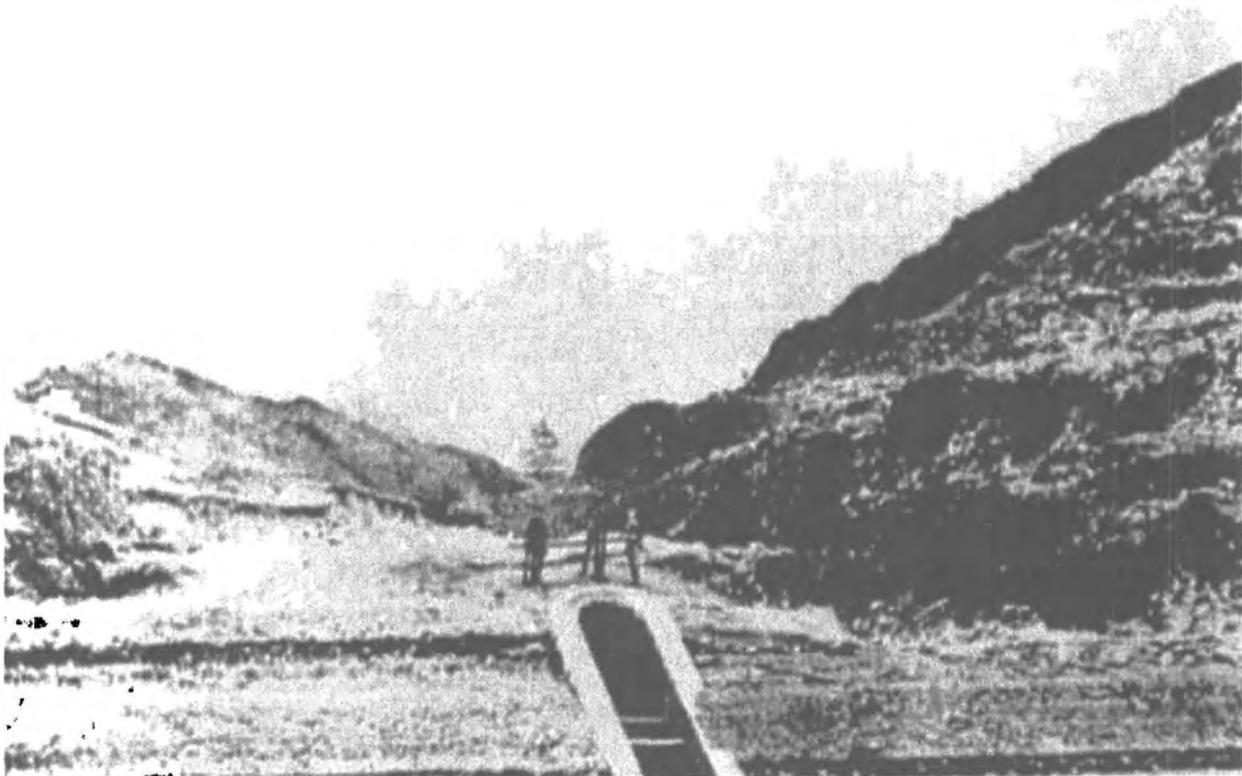


Abb. 2: Die Reste des Dale Dyke Dammes mit dem erhalten gebliebenen Grundablass

1907 wurden die Arbeiten an der 10,7 m hohen und 890 m langen Eigiau-Sperre in Nordwales begonnen. Die Arbeiten wurden 1908 unterbrochen und die aus Stampfbeton bestehende Sperre wurde dann erst 1910/11 fertig gestellt. Die Sperrfundamente sollten gemäß des Entwurfs 1,80 m tief in den tragfähigen Grund reichen, der am Sperrenort aus Gletscherablagerungen harten blauen Tons, vermengt mit Granitblöcken bestand, der von einer ca. 60 – 90 cm starken Schicht aus Torf überlagert wurde. Bedingt durch grobe Ausführungsmängel reichte das Fundament am späteren Bruchort jedoch nur 45 cm tief in den tragfähigen Grund und in der Arbeitsfuge zwischen den beiden Arbeitsphasen von 1907 und 1910/11 gab es auch keine Verbindungen zwischen den beiden Betonmonolithen.

Am 2.11.1925 wurde dann die Gewichtsmauer an dieser Stelle auf 9 m Länge unterspült. Durch die Untertunnelung entstand unter der Sperre eine 3 m hohe und 21 m lange Endbresche (Abb. 3), durch die sich der Stauinhalt von 4,5 hm³ Wasser in Form einer Flutwelle in den darunter gelegenen Coedty Stausee ergoss, dessen Damm dadurch überströmt und ebenfalls erodiert wurde.

Dieser Unfall war dann in Großbritannien der Anlass für den Erlass und den Beschluss der Reservoir Acts 1930, die den Bau, den Betrieb und die Erhaltung von Staubauwerken regelten. Als 1969 infolge innerer Erosion beim Lluest Wen Damm ein Bruch nur knapp verhindert werden konnte, wurden diese alten Reservoir Acts in einer neuen Fassung 1969 novelliert.

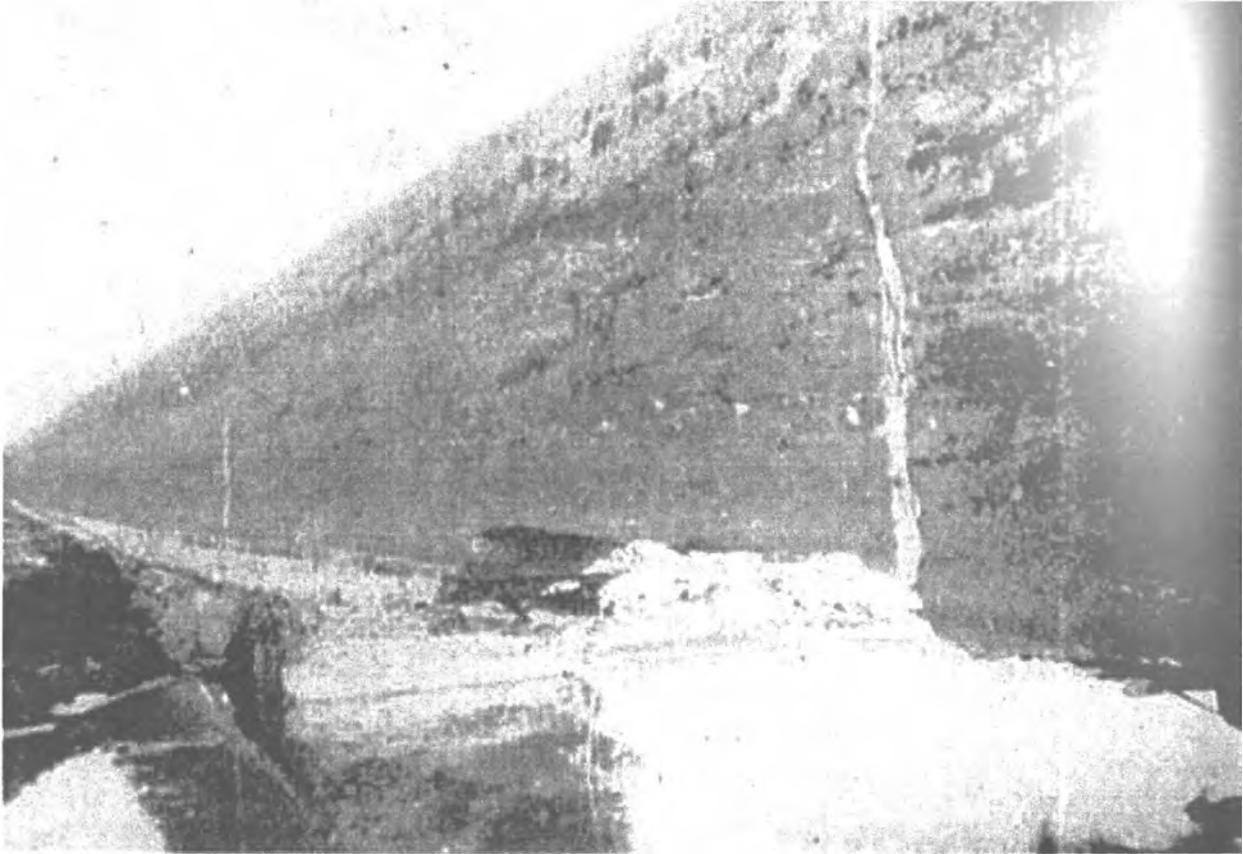


Abb. 3: Bruchstelle in der 890m langen Eigiau Gewichtsmauer

Der Bruch der St. Francis Staumauer in den USA am 12.3.1928 sollte jedoch die Welt des Talsperrenbaus gravierend verändern. Das Unglück betraf eine 63,4 m hohe und 213 m lange gekrümmte Gewichtsmauer aus Beton (Abb. 4 und 5), die in einem bis heute als einzigartig zu bezeichnenden Bruchverhalten innerhalb weniger Sekunden total zerstört wurde.



Abb.4: Die St. Francis Sperre in den USA wenige Tage vor ihrer Zerstörung



Abb. 5: Die St. Francis Sperre nach ihrer katastrophalen Zerstörung vom 12.3.1928

Die linke Flanke und der Sperrenfuß waren auf geschichteter Grauwacke mit geringer Scherfestigkeit gegründet, während sich im Bereich des rechten oberen Flankenbereichs ein rotes Konglomerat befand, welches viele Klüfte beinhaltete, die mit Gips und Letten gefüllt waren. Ca. 15 m über dem Talgrund stießen diese beiden Felsformationen in Form einer Berührungsebene zusammen und bildeten eine horizontal verlaufende Verwerfungszone (Abb. 6).

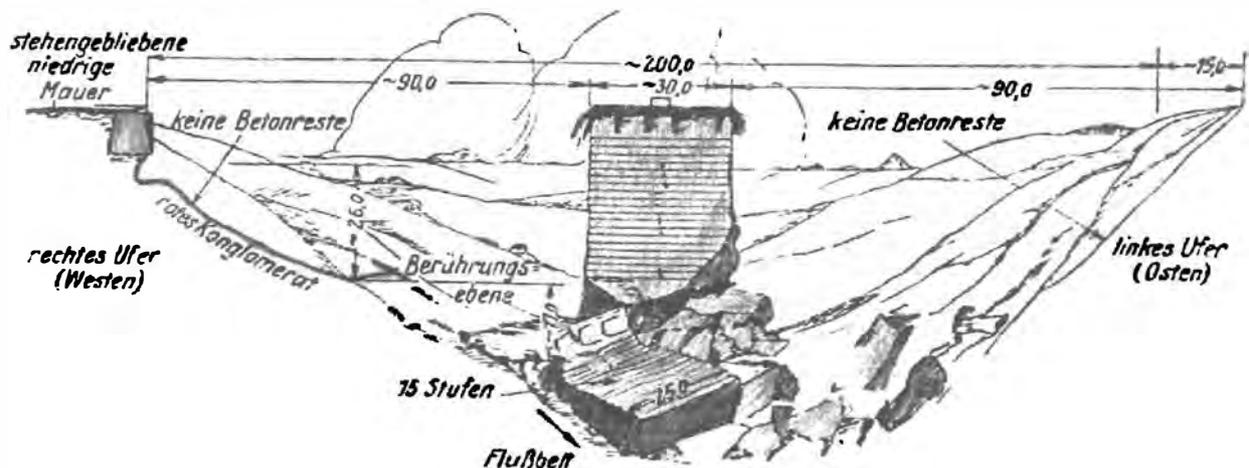


Abb. 6: Geologische Gegebenheiten des Bruchortes der St. Francis Sperre

Am 12.3.1928 wurden beide Flanken in einem einzigen Vorgang weggerissen und das Becken war in 5 Minuten komplett entleert. In der bis zu 38 m hohen Flutwelle starben insgesamt 450 Menschen.

Der totale Festigkeitsverlust des roten Konglomerates bei Durchfeuchtung führte zu einer totalen Durchweichung des rechten Flankenbereichs. Unter der Wirkung des vollen hydrostatischen Drucks wurde dieses Material unter der rechten Flanke schließlich hindurch gedrückt und das rechte Widerlager stürzte, seiner Aufstandsfläche beraubt, als Ganzes ein. Bedingt durch große Wirbelbildungen des ausströmenden Stauinhaltes kam es zum großflächigen Abrutschen der Grauwacke im Bereich des linken Widerlagers und zum Einsturz des linken Mauerflügels.

Beide Flankenbereiche zeigten sich nach dem Ausflussvorgang bis zu 8 m unter der ursprünglichen Gründungssohle ausgewaschen. In Bild 5 ist die Verwerfungszone im Bereich der rechten Flanke nach der Zerstörung der Sperre sehr gut erkennbar.

Dieses Bruchereignis führte dann ein Jahr später auf der World Power Konferenz in Berlin 1929 zur Gründung der Internationalen Kommission für Große Talsperren ICOLD. Jedoch erst 40 Jahre später im Jahre 1969 wurde in Istanbul eine Konferenz über die Sicherheit von Talsperren veranstaltet. 1974 erschien dann von der ICOLD das Buch „Lessons from Dam Incidents“, welches 1995 in einer Neuauflage korrigiert wurde. 179 Brüche großer Talsperren (Höhen über 15 m) werden darin aufgelistet, wobei Brüche kleiner Sperren (Höhen unter 15 m) unberücksichtigt blieben.

Die Data Station for Dam Failures DSDF-VIENNA stellt seit 1980 eigene Untersuchungen über Bruchversagen von Talsperren an und veröffentlichte 2001 unter dem Titel „Bibliography of the History of Dam Failures – BHDF“ eine elektronische Datenbank auf CD-ROM, welche Datenmaterial von 322 Brüchen von großen, 445 Brüchen von kleinen und 133 Brüchen von Abraumsperrern enthält.

Basierend auf diesem sehr umfangreichen Datenmaterial konnten nachfolgende Versagensquoten entsprechend der Ursachen und der Höhen ermittelt werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ursachen und höhenbezogene Versagensquoten von Sperrenbauwerken

Ursache	Klein	Groß	Abraum	Σ	Abkürzungen:
UN	149	23	7		UN Unbekannt
OV	145	80	50		OV Überströmen
IE	37	78	28		IE Innere Erosion
FF	28	34	4		FF Gründungsversagen
CF	26	26	15		CF Konstruktionsfehler
IS	13	19	19		IS Entlastungsversagen
SP	12	8	0		SP Durchsickerung
CR	7	11	0		CR Rissbildung
HA	7	4	0		HA Kriegseinwirkung
IP	7	1	0		IP Eisschub
SE	>>6	4	>3		SE Erdbeben
SF	6	32	7		SF Dammrutschung
AB	1	1	0		AB Aufgabe
MS	1	1	0		MS Bergsturz
Σ	>445	322	>133	>900	

Interessant ist dabei die Tatsache, dass die meisten Sperrenbrüche infolge Überströmen und Entlastungsversagen zu verzeichnen waren, gefolgt von Interner Erosion. Die Versagensquoten bei Erdbeben erscheinen ebenfalls eher niedrig, eine Tatsache, die darauf zurückzuführen ist, dass bei Erdbebenereignissen immer nur Summen angegeben werden, so z.B. beim großen Kobe-Beben in Japan, wo 1222 kleine Erddämme beschädigt wurden und 349 Damnbrüche zu verzeichnen waren.

Überströmen

Im Hinblick auf eine Abschätzung des Gefährdungspotentials einer Talsperre für etwaige Unterlieger im Falle ihres Bruches ist es von entscheidender Bedeutung, in welchem Zeitintervall ein Bruchversagen stattfindet. So hielten Dämme von Regenrückhaltebecken Überströmungen von bis zu 2 Stunden stand (Abb. 7), ehe sie brachen, während 1970 der Seco Frias Damm in Argentinien in nur lediglich 6 Minuten total zerstört wurde (Abb. 8).



Abb. 7: Der Damm des Regenrückhaltebeckens von Tauberbischofsheim



Abb. 8: Der binnen Minuten zerstörte Seco Frias Damm in Argentinien

Am 29. Juli 1991 ereignete sich in Rumänien die Zerstörung der Belci Dammes. Infolge des Ausfalls der örtlichen Stromversorgung und des Nichtvorhandenseins von Notstrombatterien konnten die Entlastungsorgane nicht geöffnet werden und der 18,5 m hohe und 422 m lange Erddamm wurde innerhalb kurzer Zeit nach ca. 20 Minuten Überströmung zerstört.



Abb. 9: Die linke Flanke des Belci Dammes nach der Überströmung

Die linke Flanke der Sperre zeigte Spuren von hoher Bruchdynamik. Die Erklärung für das hohe Maß dieser Bruchdynamik zeigte sich an dem gerade noch erhalten gebliebenen rechten Dammflügel und auf einem kurzen Bereich des Dammkörpers zwischen der Initial- und Endbresche (Abb. 9). Wie man erkennen kann, sind Teile des luftseitigen Stützkörpers im Ganzen längs der horizontalen Knicklinie zwischen der Dammkrone und der geneigten Stützzone regelrecht abgeschert, talwärts verschoben und schließlich erodiert worden. Ursache dieses, die Dynamik des Bruchablaufes beschleunigenden, Verhaltens war eine Kabelkүнette, die auf der Dammkrone für Kabel der Kronenbeleuchtung errichtet worden war, und deren Verfüllung sehr rasch ausgewaschen wurde. In dem dadurch längs der Dammkrone gleichsam ausgewaschenen Kanal muss es im Moment der Überströmung zur Bildung einer regelrechten Wirbelwalze quer zur Dammachse gekommen sein, welche die schlagartige Ausbildung der Endbresche erklärlich macht.

Innere Erosion

Innere Erosion ist meistens ein äußerst langsam ablaufender Prozess, sodass die Auswaschung von Dammmaterial innerhalb des Dammkörper selbst oder aus dessen Kern selbst bei Feldbeobachtungen nur sehr schwer erkennbar ist. Bei alten Dämmen und Abraumsperrern ohne Sickermesseinrichtungen ist es daher besonders schwer ein aktuelles Risiko in Bezug auf innere Erosion zu ermitteln.

Deshalb ist es in der Geschichte des Talsperrenbaus auch vorgekommen, dass Bauwerke zerstört wurden, die viele Jahre lang in Betrieb gestanden sind. So brach 1986 der 26,8 m hohe Kantalai Damm auf Sri Lanka nachdem er 1400 Jahre lang in Betrieb gestanden war (Abb. 10).



Abb. 10: Bruchstelle des 1400 Jahre alten Dammes von Kantalai auf Sri Lanka



Abb. 11: Der wenige Tage nach seinem Einstau zerstörte Schlesinger Damm

Als anderes Extrem können jedoch auch Brüche infolge innerer Erosion auftreten, welche als Kurzzeitereignisse bezeichnet werden können, wenn nämlich Dammbauwerke innerhalb weniger Tage oder Wochen nach ihrer Inbetriebnahme zerstört werden. So wurde in Österreich der Schlesinger Damm in Niederösterreich nur wenige Tage nach seinem ersten Einstau zerstört (Abb. 11).

Brüche von Abraumsperren

1985 ereigneten sich in Italien die Brüche zweier untereinander liegender Dämme von Absatzbecken eines Bergbaubetriebes. Die obere Sperre war sogar teilweise auf den Schlammablagerungen der unteren gegründet. Bei deren sukzessiver Erhöhung, erhöhten sich auch die inneren Porenwasserdrücke und es kam in weitere Folge zu Sickerungen innerhalb des Dammkörpers. Nachdem der Drainageauslauf zusätzlich blockiert war, kam es im Juli 1985 zum schlagartigen Bruch des oberen Dammes. Die austretende Schlammflut zerstörte auch die darunter liegende zweite Sperre und beide Stauinhalte ergossen sich in das Stava Tal, wobei 269 Menschen den Tod fanden (Abb. 12).



Abb. 12: Bruchquerschnitt des Abraumdammes von Stava

Die 28 m hohe und 3 km lange Abraumsperre Aznalcollar (Los Frailes) in Spanien bestand im Wesentlichen aus einem Stein- und Erddamm mit einer wasserseitigen Dichtung und einer dahinterliegenden Filterzone. Um Umläufigkeiten durch eine 10 m starke Schicht aus Flussalluvionen zu vermeiden, wurde ein Bentonitdichtungsschirm errichtet. Die darunter liegende Zone bestand aus einem schluffigen Ton, der auch als andalusischer blauer Mergel bezeichnet wird, mit niedriger Trockendichte und festen Eigenschaften, jedoch mit Tendenzen von Spannungsermüdung.

Im Bereich der maximalen Höhe auf 50-100 m Länge bildete sich schließlich in einem Bereich, wo der benachbarte Fluss Agrio auch dem Dammkörper am nächsten kam, eine Tiefen-Gleitfläche ca. 14 m unter dem Aufstandshorizont aus, längs welcher der Damm samt Gründung ca. 60 m luftseitig wegglikt. Die Dammkrone setzte sich daraufhin um ca. 2 m und die Sperre wurde in diesem Bereich überflutet und schließlich erodiert (Abb. 13).



Abb. 13: Das zerstörte Absetzbecken von Aznalcollar in Spanien

Rund 7 Mio. m³ hochgiftiger Abraum flossen durch die gebildete Bresche und bewirkten weiträumige Umweltvergiftungen in einem nahegelegenen Naturpark.

Das ausschlagende Ereignis, welches zu einer Reaktion auf europäischer Ebene führte, war die Zerstörung des Dammes von Baia Mare am 30.1.2000, wobei ca. 100.000 m³ hochgiftigen Zyanid-Schlammes in die Theiss und weiter in die Donau gelangten. Der Gifteintrag war auch noch 14 Tage später im Delta der Donau am Schwarzen Meer, ca. 2000 km unterhalb der Sperre messbar (Abb. 14).

Ein weiterer Bruch ca. 3 Wochen später im nahe gelegenen Baia Borsa führte zu einem Umdenken innerhalb der europäischen Rechtssprechung. So wurde eine Bruchursachenuntersuchung auf europäischer Ebene initiiert und ein eigenes Europäisches Task Force Komitee für die Untersuchung von Brüchen von Abraumsperren gegründet.

Dennoch konnte nicht verhindert werden, dass am 9.11.2000 der Aitik Damm in Schweden infolge innerer Erosion zerstört wurde, wobei wieder ein Speicherbecken einer Minengesellschaft betroffen war (Abb. 15).



Abb. 14: Bruchstelle des Dammes Baia Mare, 3 Tage nach dem Ereignis



Abb. 15: Der infolge innerer Erosion zerstörte Aitik Damm in Schweden

Europäische Entscheidungen

Noch im selben Jahr wurde daraufhin die Entscheidung der Europäischen Kommission COM(2000)593 verabschiedet, die „dringende Verbesserungen beim Schutz der Öffentlichkeit“ forderte, mit dem stillen Hinweis auf die in Europa erfolgten katastrophalen Brüche von Abraumsperrern.

Eine weitere Mitteilung der Europäischen Kommission COM(2000)664 erschien ebenfalls noch im Jahr 2000 auf Grund des Task Force Reports über Baia Mare, welche die Sicherheit im Bergbau betraf und die genauen Untersuchungen neuerer Unglücke im Bergbau mit Schlussfolgerungen forderte.

Schließlich erfolgte auch noch eine Anpassung der Altrichtlinie 96/82/EC aus dem Jahre 1982, welche besser unter dem Namen Seveso II – Richtlinie bekannt sein dürfte, welche auf Unglücksfälle wie in Baia Mare ausgedehnt wurde.

Zukunftsaspekte

In Europa war am 21.1.2001 der letzte Sperrenbruch zu verzeichnen, als in Spanien der Torrico-Damm brach. In Syrien brach im Juni 2002 der Zeyzoun Staudamm, wobei mehrere Mio. m³ Wasser austraten.



Abb. 16: Der 2002 gebrochene Zeyzoun Staudamm in Syrien

Untersuchungen von Sperrenbrüchen wird auch in Zukunft höchste Bedeutung zukommen. Neue Gefahrenpotentiale ergeben sich nicht zuletzt durch den Klimawandel in der Jetztzeit und bewirken auch ein Umdenken innerhalb der Europäischen Gemeinschaft. Neue europäische Regelungen werden notwendig werden, um ein einheitliches Sicherheitsniveau bei allen in Europa bestehenden Staubaauwerken zu erreichen.