



Unfall bei Stauanlage



Definition

Stauanlagen sind Einrichtungen zum Aufstauen oder zur Speicherung von Wasser oder Schlamm. Als Stauanlagen gelten auch Bauwerke für den Rückhalt von Geschiebe, Eis und Schnee, sofern sie Wasser aufstauen können (Rückhaltebecken, vgl. Stauanlagengesetz StAG). Es wird unterschieden zwischen Dämmen (aufgeschüttet) und Mauern (Beton-Konstruktion).

Ein Unfall bezeichnet in diesem Zusammenhang ein Ereignis, bei welchem das gestaute Wasser nicht im geplanten Mass durch die Anlage zurückgehalten werden kann. Unterhalb der Anlage kommt es dadurch zu einem unkontrollierten Wasserabfluss oder zu einer Flutwelle. Dabei ist zu unterscheiden zwischen den Ereignistypen Überströmen, Überschwappen und Versagen des Bauwerkes. Die sichere Ableitung von natürlichen Hochwassern, auch mit kontrolliertem Überlauf der Anlage, ist hingegen kein Unfall.

Ein Überströmen erfolgt, wenn der Zufluss grösser ist als die Ableitkapazität der Entlastungs- und Ablassvorrichtungen und gleichzeitig die Retentionswirkung des Stausees erschöpft ist. Ein Überschwappen kann resultieren, wenn eine grosse Wassermenge im Stausee schlagartig verdrängt und dadurch eine Flutwelle ausgelöst wird, z. B. infolge eines Bergsturzes. Bricht die Stauanlage, wird von einem Versagen gesprochen.



Ereignisbeispiele

- Dezember 1978
Tseuzier/Wallis (Schweiz)
Anomales Verhalten und Beschädigung
- Anfang Dezember 1978 wurde festgestellt, dass sich der Bogenscheitel der Staumauer Tseuzier innerhalb Monatsfrist fünf Millimeter gegen die Wasserseite hin bewegt hatte. Üblicherweise bewegt sich dieser um diese Jahreszeit kaum, dazu liegt er jetzt ausserhalb der Umhüllende der seit 1958 durchgeführten Messungen. Ingenieure brachten das aussergewöhnliche Verhalten des Bauwerks mit einem anderen Ereignis in Verbindung: In der Gegend war mit dem Bau eines Sondierstollens für den geplanten Rawil-Autobahntunnel begonnen worden. Da sich die Mauer weiter deformierte, wurden die Vortriebsarbeiten im Stollen eingestellt. Bei näheren Untersuchungen zeigten sich meterlange Risse in der Mauer, worauf der Stausee vollständig entleert wurde. Nachdem die Risse abgedichtet und verklebt werden konnten, wurde der Stausee wieder gefüllt.
- August 1978
Palagnedra/Tessin (Schweiz)
Überströmen nach heftigem Regen
- Beim extremen Hochwasser im August 1978 entstand eine kritische Situation, als nach starken Regenfällen oberhalb des Stausees natürliche Dämme brachen und bis 2000 Kubikmeter Wasser pro Sekunde in den See einbrachten. Die nur für maximal 800 Kubikmeter pro Sekunde ausgelegte Hochwasserentlastung zwischen Mauerkrone und der darüber hinwegführenden Strasse nach Palagnedra wurde durch Treibholz verstopft. Es entstand ein Überströmen der Anlage mit anschliessender Erosion der Widerlager. Vor dem Auftreten eines Bruchrisikos klang das Hochwasser ab. In den folgenden Jahren wurde für die Strasse eine eigenständige Brücke über das Tal gebaut und die bisherige Strasse über die Staumauer zurückgebaut. Die Staumauer kann seither Hochwasser über ihre ganze Breite sicher ableiten.
- 1963
Longarone/Vajont-Tal (Italien)
Überschwappen nach Erdbeben
- Am 9. Oktober 1963 kam es zu einem katastrophalen Bergsturz: Auf 2 km Länge rutschten insgesamt 270 Mio. m³ Gestein vom Monte Toc in den Stausee. Dies entspricht fast dem doppelten Stauvolumen. Das Ereignis verursachte eine riesige Flutwelle, welche einige kleine Ortschaften am See zerstörte. Etwa 25 Millionen Kubikmeter Wasser (etwa ein Sechstel des Stauvolumens) überschwappten die Mauer und erreichten das talauswärts gelegene Städtchen Longarone. Longarone und einige umliegende Ortschaften wurden vollständig zerstört. Beinahe 2000 Menschen starben. Die Mauer selbst blieb unbeschädigt. Der Betrieb der Anlage wurde eingestellt.

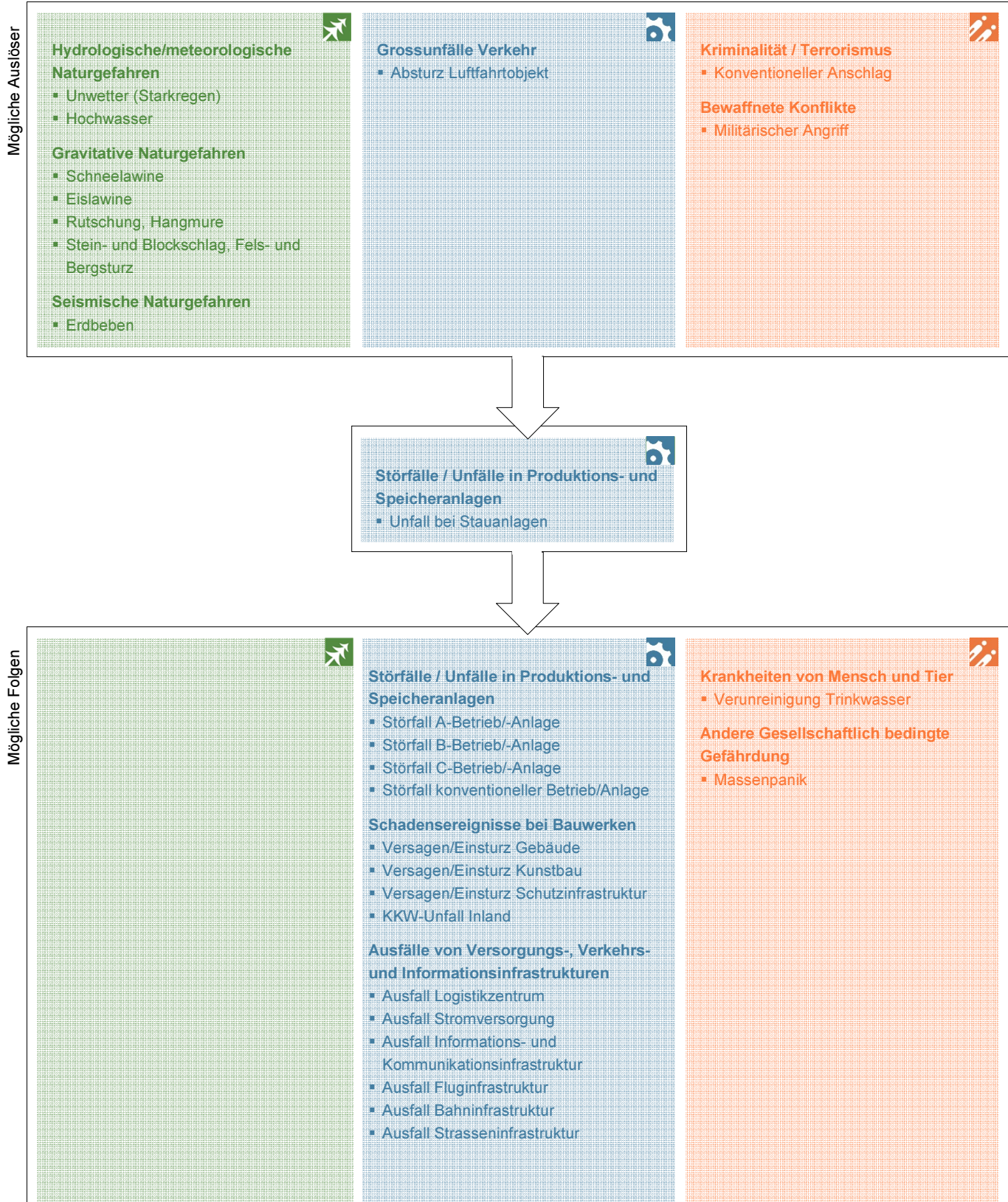
Einflussfaktoren

Diese Faktoren können Einfluss auf die Entstehung, Entwicklung und die Auswirkungen der Gefährdung haben.

Gefahrenquelle	<ul style="list-style-type: none">▪ Abmessungen des Absperrbauwerkes▪ Volumen des Stauraumes▪ Bauform (Mauer oder Damm, Konstruktionsweise)▪ Füllstand
Zeitpunkt	<ul style="list-style-type: none">▪ Tageszeit (Tag / Nacht)▪ Jahreszeit (Füllstand)
Ort / Ausdehnung	<ul style="list-style-type: none">▪ Lage der Stauanlage▪ Topographie des betroffenen Gebiets▪ Siedlungsdichte, Infrastrukturen etc. im Überflutungsbereich
Ereignisablauf	<ul style="list-style-type: none">▪ Art der Freisetzung der Wassermassen (Überströmen, Überschwappen, Versagen der Anlage)▪ Vorhandensein und Erkennung von Frühwarnzeichen▪ Zeitraum der Vorwarnung für Gegenmassnahmen▪ Zeitraum für Alarmierung und für Evakuierung von Personen und Wertobjekten

Abhängigkeiten

Dargestellt sind Ereignisse und Entwicklungen aus dem «Katalog möglicher Gefährdungen» des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS), die Auslöser oder Folge eines Versagens einer Stauanlage sein können.



Szenario

Intensität

In Abhängigkeit der Einflussfaktoren können sich verschiedene Ereignisse mit verschiedenen Intensitäten entwickeln. Die unten aufgeführten Szenarien stellen eine Auswahl von vielen möglichen Abläufen dar und sind keine Vorhersage. Mit diesen Szenarien werden mögliche Auswirkungen antizipiert, um sich auf die Gefährdung vorzubereiten.

1 – erheblich	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überströmen einer Stauanlage infolge Verstopfung der Hochwasserentlastung ▪ Jahreszeit: Anfang Sommer ▪ Vorwarnzeit: wenige Stunden ▪ Kleinere Dörfer im Überflutungsgebiet (einige hundert Einwohner bedroht)
2 – gross	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überschwappen einer Stauanlage infolge Felssturz in den Stausee ▪ Jahreszeit: Herbst (Stausee voll) ▪ Besiedeltes Tal im Flutungsbereich (grosses Dorf, verschiedene Landwirtschaftsbetriebe und einzelne Industriebetriebe, insgesamt wenige tausend Personen bedroht) ▪ Vorwarnzeit: wenige Tage ▪ Ereigniseintritt: tagsüber
3 – extrem	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Versagen einer Stauanlage infolge überraschend eintretender, geologischer Bewegung eines Widerlagers ▪ Keine Vorwarnzeichen, Vorwarnzeit begrenzt auf Fließdauer zwischen Stauanlage und besiedeltem Gebiet ▪ Entleerung fast des gesamten Stauvolumens innerhalb von Minuten ▪ Dicht besiedeltes Tal im Flutungsbereich betroffen

Wahl des Szenarios

Für dieses Beispiel ist das Szenario mit der Intensität «gross» gewählt worden. Dieses Szenario ist in der Schweiz grundsätzlich vorstellbar, aber doch selten zu erwarten.

Ereignis

Ausgangslage / Vorphase

Gegen Ende des Herbsts bemerkt der Anlagenbetreiber, dass ein Bereich oberhalb des Stausees sich in Bewegung gesetzt hat; ein grösseres Volumen von Erdmaterial droht, in den Stausee zu rutschen. Es ist so gross, dass sein Gleiten die Sicherheit der Talsperre und des Tales darunter bedroht. Sofort wird damit begonnen, den Stausee bis zu einem sicheren Niveau abzusenken. Dies erfordert einige Tage Zeit. Parallel dazu wird die Planung von Sicherungsmassnahmen aufgenommen. Die Bevölkerung im gefährdeten Gebiet wird von den Behörden angehalten, sich auf eine allfällige Evakuierung vorzubereiten. Entsprechende Verhaltensanweisungen werden über die Medien kommuniziert.

Innerhalb eines Tages verstärken sich die Anzeichen eines bevorstehenden plötzlichen Gleitens der Rutschzone. Die Behörden entscheiden deshalb, das gefährdete Gebiet vorsorglich zu evakuieren.

Ereignisphase

Nachdem das Gebiet von den Behörden evakuiert wurde, gleitet nur wenige Stunden später die Rutschzone am frühen Nachmittag schlagartig in den Stausee.

Bei der Absturzstelle entsteht eine Flutwelle, welche sich in alle Richtungen ausbreitet. Die Welle überschwappt die Staumauer und grosse Wassermengen stürzen talabwärts; die Staumauer bleibt intakt. Im gefährdeten Gebiet wird sofort Wasseralarm und allgemeiner Alarm ausgelöst und die zurückgebliebenen Einwohner sind aufgefordert, sich umgehend an sicher geltende Orte zu begeben.

Bis die Flutwelle die ersten Siedlungen erreicht, vergehen etwa 30 Minuten. Grosse Gebiete werden überflutet. Mit zunehmender Distanz und abflachendem Gelände nimmt die Wucht der Wassermassen ab. Allerdings werden auch dort noch grosse Gebiete überschwemmt. Überall wird mitgerissenes Schwemmgut d. h. Schlamm, Bäume, Geröll, Baumaterial, etc. abgelagert.

Regenerationsphase

Zwei Stunden nach dem Überschwappen der Stauanlage ist das Wasser soweit abgelaufen, dass die enormen Schäden sichtbar werden und die Einsatzkräfte sich in das Schadensgebiet begeben können. Die Rettungs- und Aufräumarbeiten beginnen. Nach und nach treffen einzelne Vermisstmeldungen ein. Die Suche nach Personen ist allerdings schwierig. Der erhebliche Schaden kann nicht alleine mit den Rettungskräften vor Ort behoben werden. Aus diesem Grund wird Verstärkung aus dem ganzen Kanton und aus Nachbarkantonen aufgeboten. Diese müssen teilweise zuerst die Zufahrtsstrassen freilegen, bevor sie in die stark beschädigten Bereiche vordringen können.

Rund 24 Stunden nach dem Ereignis wird das gesamte Ausmass der Schäden offensichtlich und eine koordinierte Hilfe ist aufgebaut. Es wird immer noch nach vermissten Personen gesucht. Schwierigkeiten entstehen auch dadurch, dass teilweise die Gebäude der Gemeindeverwaltungen überschwemmt wurden, wodurch wichtige Akten und elektronische Daten nicht mehr verfügbar

sind.

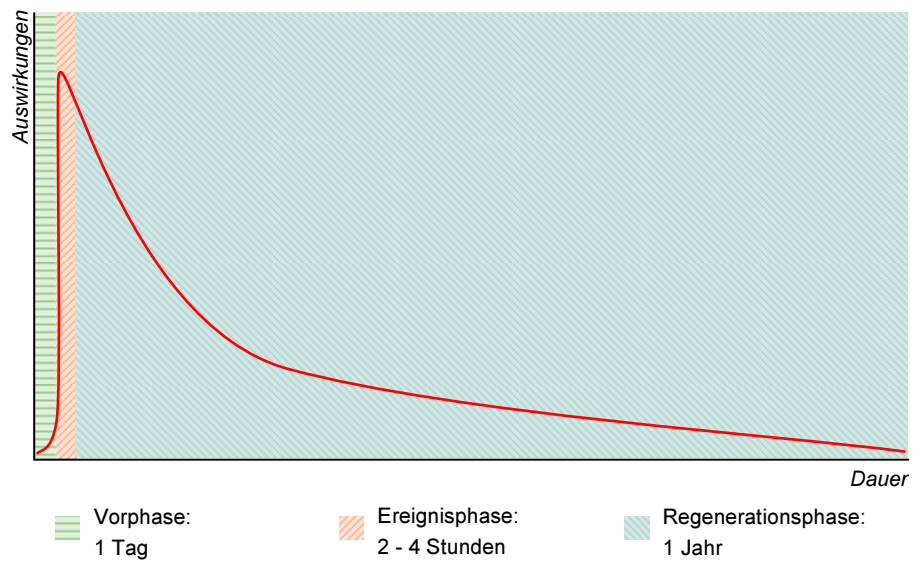
Die betroffene Stauanlage wird vollständig entleert und auf Schäden untersucht.

In den folgenden zwei Wochen werden durch die technischen Betriebe und beauftragte Unternehmen die Verkehrsverbindungen und die Infrastrukturanlagen (Wasser, Elektrizität und Kommunikation) wiederhergestellt.

Ebenso werden provisorische Unterkünfte für diejenigen bereitgestellt, die Ihr Haus oder ihre Wohnung verloren haben. Wo dies möglich ist, werden die beschädigten Häuser und Wohnungen provisorisch instand gestellt. Priorität hat auch die provisorische Wiederinstandstellung der betroffenen Gemeindeverwaltungen und Schulen. Zahlreiche Gebäude und Infrastrukturanlagen müssen abgerissen und neu gebaut werden.

Zeitlicher Verlauf

Die Vorphase dauert bis zu einem Tag. Die Ereignisphase hingegen nur wenige Stunden. Die Regenerationsphase und der Wiederaufbau zerstörter Gebäude und Infrastrukturanlagen dauern über ein Jahr.



Räumliche Ausdehnung

Der Schadensraum beträgt mehrere km². Besonders nahe an der Talsperre gelegene Gebiete sind sehr stark betroffen. Weiter entfernte Gebiete sind abgeschwächt betroffen.

Auswirkungen

Personen

Der grösste Teil der Bevölkerung bringt sich nach der behördlichen Evakuationsanordnung selbst in Sicherheit und zieht vorübergehend zu Verwandten und Freunden in sichere Gebiete. Ein Teil der betroffenen Personen kann nicht bei Verwandten oder Freunden unterkommen. Für diese müssen Notunterkünfte bereitgestellt werden. Einzelne Personen können nur mit sehr viel Aufwand

dazu bewegt werden, ihr Zuhause zu verlassen. Andere verweigern dies ganz und bleiben zurück.

Von den zurückbleibenden Personen kann sich ein Teil nicht mehr rechtzeitig vor der herannahenden Flutwelle retten. Diese werden vom Wasser mitgerissen oder in den Trümmern ihrer Häuser verschüttet. Wo die Wucht der Flutwelle nicht mehr so stark ist, können sich Personen in den Obergeschosse in Sicherheit bringen. Von dort müssen sie durch die Einsatzkräfte gerettet werden. Aufgrund der schwierigen Bedingungen für die Rettungs- und Aufräumarbeiten werden ist auch dort mit Personenschäden erwartet.

Insgesamt wird die Anzahl Todesopfer auf 30 geschätzt. Es ist von 270 Verletzten auszugehen, wobei einige Dutzend schwerverletzt sind.

Mehrere Tausend Person müssen während einigen Tagen in Notunterkünften untergebracht und betreut werden.

Umwelt

Durch die enormen Wassermassen wurden unzählige Bäume, Geröll, Schlammmaterial und Trümmerteile mitgeführt und verteilt. Aus Heizöltanks tritt z. T. Öl aus, z. T. gelangen Chemikalien ins Wasser, Kläranlagen funktionieren z. T. nicht mehr und Zivilisationsmüll wird weggespült. Dies führt zu Wasserverschmutzungen in den Gewässern unterhalb des Schadensgebietes und bewirkt z. T. auch eine Verunreinigung des Trinkwassers.

Die meisten Schäden an den Ökosystemen sind aber nicht dauerhaft.

Wirtschaft

Handwerks- und Industriebetriebe stellen die Arbeit ein und sichern ihre Anlagen. Ihre Wert- und Gefahrgüter transportieren sie soweit wie möglich an sichere Standorte. Mit Unterstützung der Behörden bringen die betroffenen Landwirtschaftsbetriebe ihre Tiere und Arbeitsgeräte ebenfalls in Sicherheit.

Das evakuierte Gebiet muss durch die Polizei überwacht werden, um die Sicherheit in den geräumten Gebieten aufrecht zu halten. Für die Bergungs- und Aufräumarbeiten werden zusätzliche Kräfte der Feuerwehr, Sanität, technischen Dienste, des Zivilschutzes und der Armee aufgeboten.

Durch die Länge der Regenerationsphase stellen sich logistische Herausforderungen. Die Bevölkerung in den Notunterkünften muss mit Lebensmittel und Hygieneartikeln versorgt werden.

Viele landwirtschaftliche Flächen sind von der Wassermasse sowie dem mitgerissenen Geröll- und Schlammmaterial beeinträchtigt. Die Ernte verschiedener Kulturen ist weitgehend zerstört.

Die Schäden an Gebäuden, Infrastrukturen und anderen Sachwerten betragen zusammen mit den Bewältigungskosten (Kosten für die Einsatzkräfte, für Notunterkünfte, für die Versorgung der Unterstützungsbedürftigen, temporäre Unterbringung von Nutztieren, usw.) etwa 270 Mio. CHF. Die Reduktion der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit (Logistik, Landwirtschaft, Produktion, Tourismus, usw.) liegt ebenfalls im Bereich von 270 Mio. CHF.

Gesellschaft

Rund 12 Stunden nach dem Unfall ist eine Informationsstelle eingerichtet, an welche sich die Bevölkerung für Auskünfte wenden kann.

Die Wucht der Wassermassen beschädigt und zerstört verschiedene Strassen- und Bahnverbindungen. Dies führt unter anderem zu Einschränkungen im Personen- und Güterverkehr. Versorgungsleitungen (Gas, Wasser, Strom, TV, Telefon) sind beschädigt. Die Elektrizitätsversorgung bricht örtlich zusammen, Telefonverbindungen im betroffenen Gebiet funktionieren nur teilweise. Um die Kommunikationsfähigkeit von Betroffenen und Hilfskräften nicht zu gefährden, werden die betroffenen Stationen soweit wie möglich mit Notstromaggregaten betrieben. Ebenfalls unterbrochen ist an verschiedenen Orten die Versorgung mit Trinkwasser, da Leitungen beschädigt und Wasserfassungen verschmutzt sind.

Die Instandsetzung von Eisenbahnlinien, Strassen und Brücken dauert mehrere Monate und in einigen Fällen mehr als ein Jahr. Dadurch sind viele Personen in ihrer Mobilität eingeschränkt. Auch fallen Energieversorgung, Telefon und IT aus. Die kanalisierte Trinkwasserversorgung ist zwar lokal unterbrochen, aber die im Voraus geplanten Massnahmen zur Trinkwasserversorgung in Notlagen können rasch umgesetzt werden.

Viele Schulen und Kindergärten sowie Geschäfte und Infrastrukturen sind beschädigt oder zerstört und müssen wieder Instand gestellt oder neu aufgebaut werden.

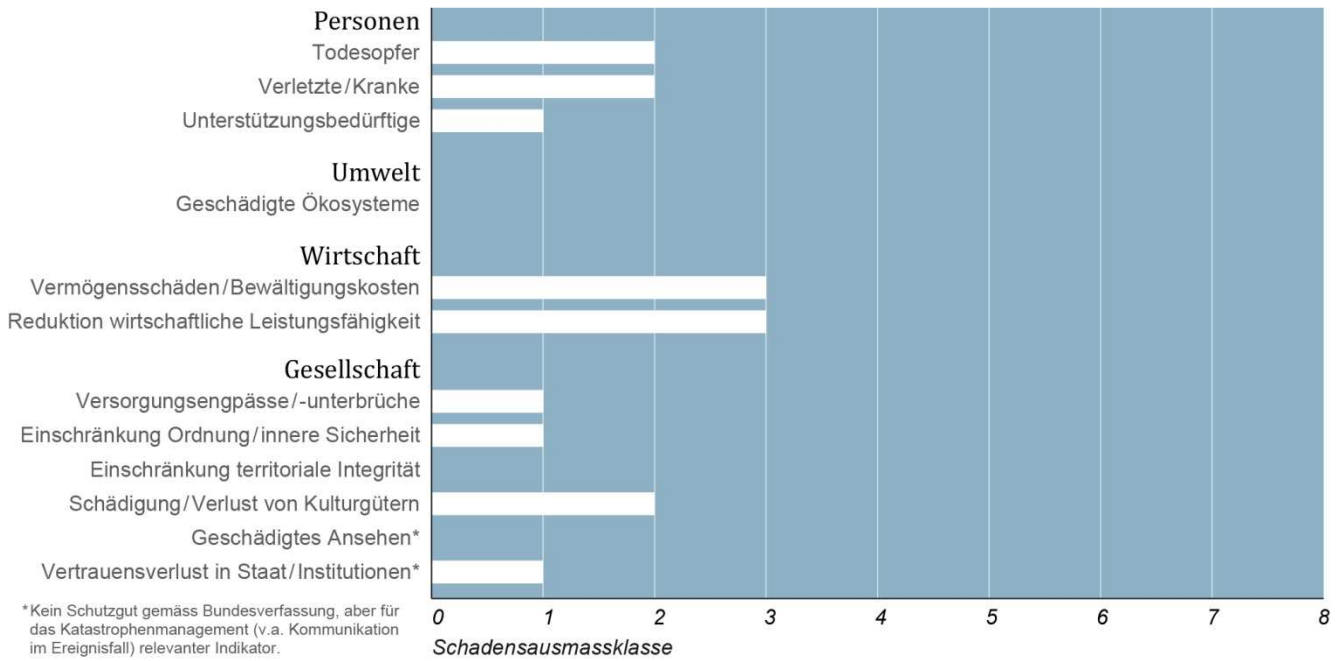
Trotz Überwachung der betroffenen Gebiete durch die Polizei, kommt es vor allem in den grösseren Siedlungen zu Diebstählen und Plünderungen in verlassenen Geschäften und Wohnquartieren.

Medien im In- und Ausland berichten über das Ereignis. Das Schockgefühl und die Unsicherheit in der Bevölkerung sind gross.

Auf politischer Ebene erfolgen einzelne Vorstösse zur Verbesserung der Sicherheit von Stauanlagen. In der Presse wird gefordert, dass die Betreiber der Stauanlage, aber auch die Verantwortlichen beim Bund und Kantonen, zur Rechenschaft gezogen werden.

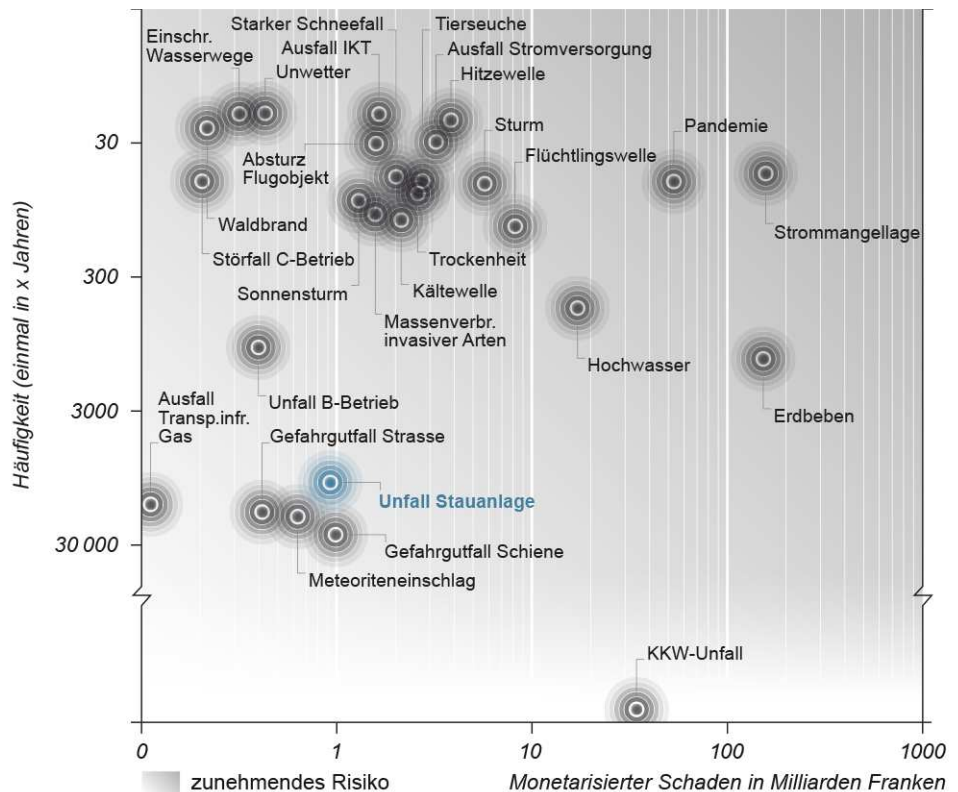
Auswirkungsdiagramm

Dargestellt ist das erwartete Ausmass pro Schadensindikator im beschriebenen Szenario. Pro Ausmassklasse nimmt der Schaden um den Faktor 3 zu.



Risikodiagramm

Dargestellt ist das Risiko des beschriebenen Szenarios zusammen mit den anderen Gefährdungsszenarien, die analysiert wurden. Je weiter rechts und oben ein Szenario liegt, desto grösser ist dessen Risiko. Mutwillig herbeigeführte Ereignisse sind den Plausibilitätsklassen zugeordnet, die anderen den Häufigkeitsklassen. Die Schäden sind aggregiert und monetarisiert dargestellt.



Grundlagen und Referenzen

Verfassung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Artikel 76, Wasser
Gesetz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stauanlagengesetz (StAG) vom 1. Oktober 2010; SR 721.101 ▪ Bundesgesetz über den Wasserbau vom 21. Juni 1991; SR 721.100 ▪ Gewässerschutzgesetz (GschG) vom 24. Januar 1991; SR 814.20 ▪ Bevölkerungs- und den Zivilschutzgesetz (BZG) vom 4. Oktober 2002; SR 520.1
Verordnung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stauanlagenverordnung (StAV) vom 17. Oktober 2012; SR 721.101.1 ▪ ABCN-Einsatzverordnung vom 20. Oktober 2010; SR 520.17 ▪ Alarmierungsverordnung (AV) vom 18. August 2010; SR 520.12 ▪ Verordnung über die Nationale Alarmzentrale (VNAZ) vom 17. Oktober 2007; SR 520.18
weitere rechtliche Grundlagen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ BWG, 2002: Sicherheit der Stauanlagen. Richtlinien des BWG. Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Biel. ▪ BWG, BABS, 2004: Richtlinien für das Notfallschutzkonzept von Stauanlagen. Bundesamt für Wasser und Geologie (BAW) und Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), Biel und Bern. ▪ BWG, BABS, 2004: Strategie im Fall eines ausserordentlichen Anstiegs des Wasserspiegels. Ergänzung zu den «Richtlinie für das Notfallschutzkonzept von Stauanlagen». Bundesamt für Wasser und Geologie (BAW) und Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), Biel und Bern.
sonstige Quellen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ BAW, 1991: Sicherheit von Stauanlagen. Bundesamt für Wasserwirtschaft (BAW). ▪ Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, 1977: Überflutungsschäden infolge von Talsperrenbrüchen. TB 645-ASK-11. Vertraulich. ▪ Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, 1978: Überlegungen zur Auftretenswahrscheinlichkeit von Talsperrenbrüchen. TB 645-ASK-14. Vertraulich. ▪ Darbre, G. R, 1998: Dam Risk Analysis. Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Biel. ▪ Schnitter, N., 1976: Statistische Sicherheit der Talsperren. Wasser, Energie, Luft, Heft 5, S. 126 – 129. ▪ International Commission of Large Dams (ICOLD): www.icold-cigb.net
Bildquelle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keystone