



Unfall Stauanlage



Dieses Gefährdungsdossier ist Teil
der nationalen Risikoanalyse
«Katastrophen und Notlagen Schweiz»

Definition

Stauanlagen sind Einrichtungen zum Aufstauen oder Speichern von Wasser und Schlamm sowie zum Rückbehalt von Geschiebe, Eis und Schnee. Als Stauanlagen gelten auch Bauwerke für den kurzfristigen Rückhalt von Wasser (Rückhaltebecken, vgl. Stauanlagengesetz StAG). Es wird unterschieden zwischen geschütteten Dämmen und Mauern.

Ein Unfall bezeichnet in diesem Zusammenhang ein Ereignis, bei dem die Anlage das gestaute Wasser nicht im geplanten Mass zurückhalten kann. Unterhalb der Stauanlage kommt es dadurch zu einem unkontrollierten Wasserabfluss oder zu einer Flutwelle. Dabei ist zu unterscheiden zwischen den Ereignistypen Überströmen, Überschwappen und Versagen des Bauwerks. 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.

November 2020





Ereignisbeispiele

Stattgefundene Ereignisse tragen dazu bei, eine Gefährdung besser zu verstehen. Sie veranschaulichen die Entstehung, den Ablauf und die Auswirkungen der untersuchten Gefährdung.

<p>Februar 2017 Oroville, Kalifornien (USA) Beschädigung nach starken Regenfällen</p>	<p>Im Februar 2017 erreichte der Oroville-Staudamm nach wochenlangen Regenfällen seine maximale Stauhöhe. Das überschüssige Wasser wurde über die Hochwasserentlastung abgeleitet. Infolgedessen kam es zu einer Erosion des Betons in der Schusrinne. Aus diesem Grund wurde der Notfall-Überlauf über die Dammkrone in Betrieb genommen. Diese hielt den Wassermassen jedoch nicht stand, was zu starken Erosionen am darunterliegenden Hang führte und die Stabilität der gesamten Stauanlage gefährdete. Ein Versagen des Staudamms konnte zeitweise nicht ausgeschlossen werden. Am Abend des 12. Februar wurden deshalb mehr als 180 000 Personen vorsorglich evakuiert.</p>
--	--

<p>Dezember 1978 Tsezuzier, Wallis (Schweiz) Anomales Verhalten und Beschädigung</p>	<p>Anfang Dezember 1978 wurde festgestellt, dass sich der Bogenscheitel der Staumauer Tsezuzier innerhalb Monatsfrist um 5 mm gegen die Wasserseite hinbewegt hatte. Üblicherweise bewegt sich die Staumauer um diese Jahreszeit kaum. Ingenieure brachten das aussergewöhnliche Verhalten des Bauwerks mit dem Bau eines Sondierstollens für den geplanten Rawil-Autobahntunnel in Verbindung. Da sich die Mauer immer 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.</p>
---	---

<p>1963 Longarone, Vajont-Tal (Italien) Anomales Verhalten und Beschädigung</p>	<p>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 Vajont-Stausee. Dies entspricht fast dem doppelten Stauvolumen. Das Ereignis verursachte eine riesige Flutwelle, die einige kleine Ortschaften am See zerstörte. Ungefähr 25 Mio. m³ 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 Staumauer selbst blieb unbeschädigt. Der Betrieb der Stauanlage wurde eingestellt.</p>
--	---



Einflussfaktoren

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

- Gefahrenquelle
- Topografie, Geologie und Bewuchs der Staubeckenumgebung
 - Abmessungen des Absperrbauwerkes
 - Bauform (Mauer oder Damm) und Konstruktionsweise
 - Volumen des Stauraums
 - Füllstand des Staubeckens
-

- Zeitpunkt
- Tageszeit (Tag / Nacht)
 - Jahreszeit (Füllstand)
-

- Ort / Ausdehnung
- Lage der Stauanlage
 - Topografie, Geologie und Bewuchs des betroffenen Gebietes
 - Siedlungsdichte, Infrastrukturen etc. im Überflutungsbereich
-

- Ereignisablauf
- Art der Freisetzung der Wassermassen (Überströmen, Überschwappen oder Versagen der Anlage)
 - Vorhandensein und Erkennen von Frühwarnzeichen
 - Zeitraum der Vorwarnung für Gegenmassnahmen
 - Zeitraum für Alarmierung und Evakuierung von Personen und Wertobjekten



Intensitäten von Szenarien

Abhängig von den 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 Überflutungsbereich (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 Überflutungsbereich |
|------------|---|



Szenario

Das nachfolgende Szenario basiert auf der Intensitätsstufe «gross».

Ausgangslage / Vorphase

Ende Herbst bemerkt der Anlagenbetreiber, dass sich ein Bereich oberhalb des Stausees in Bewegung gesetzt hat; ein grösseres Volumen von Erdmaterial droht in den Stausee zu rutschen. Die Sicherheit der Talsperre und des darunterliegenden Tals ist bedroht. Sofort wird damit begonnen, den Stausee bis zu einem sicheren Niveau abzusenken, was einige Tage dauert. 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

Am frühen Nachmittag, nur wenige Stunden nach der Evakuierung des mutmasslichen Überflutungsgebietes, gleitet die Rutschzone in den Stausee.

Es entsteht eine Flutwelle, die 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 sichere Orte zu begeben.

Bis die Flutwelle die ersten Siedlungen erreicht, vergehen ca. zehn Minuten. Grosse Gebiete werden überflutet. Mit zunehmender Distanz und abflachendem Gelände nimmt die Wucht des Wassers ab. Allerdings werden auch dort noch grosse Gebiete überschwemmt. Überall lagert sich mitgerissenes Schwemmgut, d. h. Schlamm, Geröll, Bäume, Baumaterial etc., ab.

Regenerationsphase

Zwei Stunden nach dem Überschwappen der Stauanlage ist das Wasser soweit abgelaufen, dass die enormen Schäden sichtbar werden und die Einsatzkräfte sich ins Schadensgebiet begeben können. Die Rettungs- und Aufräumarbeiten beginnen. Nach und nach treffen einzelne Vermisstenmeldungen ein. Die Suche nach Personen ist allerdings schwierig. Die Rettungskräfte vor Ort können den erheblichen Schaden nicht alleine beheben. 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 stellen die technischen Betriebe sowie beauftragte Unternehmen die Verkehrsverbindungen und die Infrastrukturanlagen (Wasser, Elektrizität und Kommunikation) wieder her.

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 gesetzt. Priorität hat auch die provisorische Instandsetzung der betroffenen Gemeindeverwaltungen und Schulen. Zahlreiche Gebäude und Infrastrukturanlagen müssen abgerissen und neu gebaut werden.

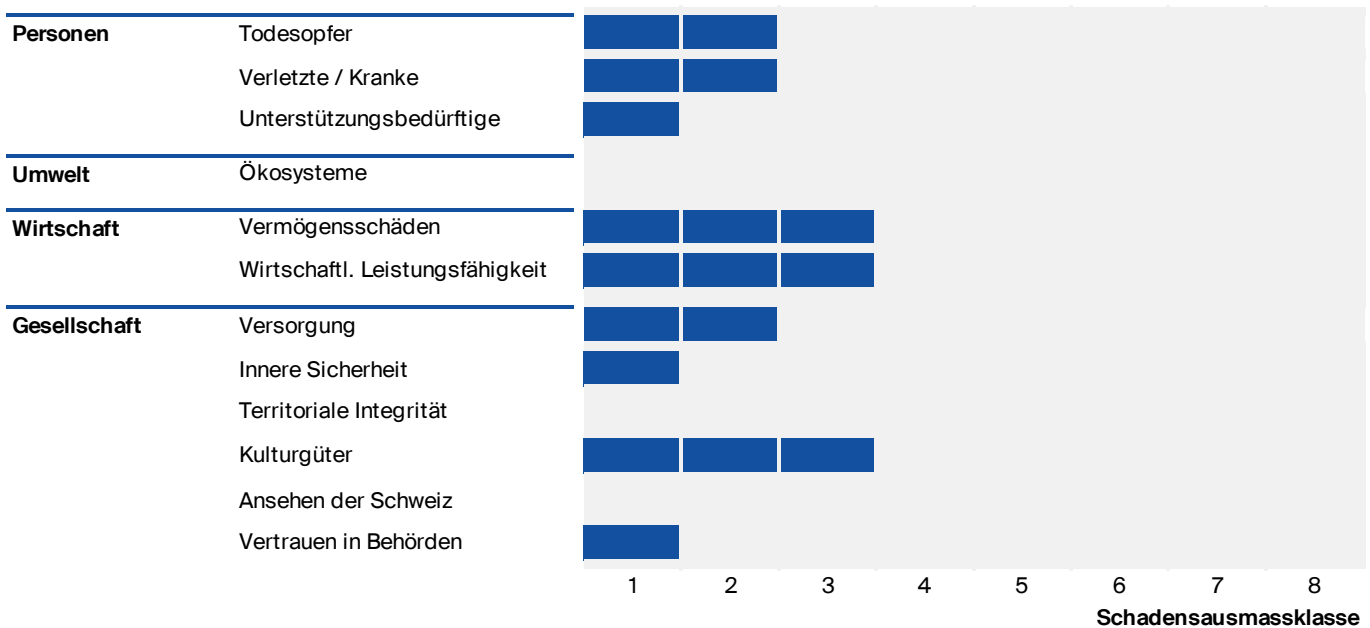
Zeitlicher Verlauf	Die Vorphase dauert bis zu einem Tag. Die Ereignisphase hingegen nur wenige Stunden. Die Regenerationsphase und der Wiederaufbau zerstörter Gebäude und Infrastrukturanlagen dauern über ein Jahr.
--------------------	--

Räumliche Ausdehnung	Der Schadensraum beträgt mehrere Quadratkilometer. Besonders nahe an der Talsperre gelegene Gebiete sind sehr stark betroffen, weiter entfernte Gebiete dementsprechend weniger.
----------------------	--



Auswirkungen

Um die Auswirkungen eines Szenarios abzuschätzen, werden zwölf Schadensindikatoren aus vier Schadensbereichen untersucht. Das erwartete Schadensausmass des beschriebenen Szenarios ist im Diagramm zusammengefasst und im nachfolgenden Text erläutert. Pro Ausmassklasse nimmt der Schaden um den Faktor drei zu.



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. Für einen Teil der Betroffenen müssen dennoch 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 unter den Trümmern ihrer Häuser begraben. Wo die Wucht der Flutwelle nicht mehr so stark ist, können sich Personen in den Obergeschossen in Sicherheit bringen. Von dort müssen sie durch die Einsatzkräfte gerettet werden. Aufgrund der schwierigen Bedingungen für die Rettungs- und Aufräumarbeiten werden auch dabei Personenschäden erwartet.

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

Mehrere Tausend Personen müssen während einiger Tage in Notunterkünften untergebracht und betreut werden.

Umwelt

Die enormen Wassermassen führen Schlamm und Geröll sowie unzählige Bäume und Trümmerteile mit sich. Aus einigen Heizöltanks tritt Öl aus, z. T. gelangen Chemikalien ins Wasser, verschiedene Kläranlagen funktionieren nicht mehr und Zivilisationsmüll wird



weggespült. Dies führt zu Verschmutzungen in den Gewässern unterhalb des Schadensgebietes und verursacht dort 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 nach Möglichkeit an sichere Standorte. Mit Unterstützung der Behörden bringen die betroffenen Landwirtschaftsbetriebe ihre Tiere und Arbeitsgeräte ebenfalls in Sicherheit.

Das evakuierte Gebiet muss von der Polizei überwacht werden, um die Sicherheit aufrechtzuerhalten. Für die Bergungs- und Aufräumarbeiten werden zusätzliche Kräfte der Feuerwehr, Sanität, der technischen Dienste, des Zivilschutzes und der Armee aufgeboden.

Die lang andauernde Regenerationsphase bringt logistische Herausforderungen mit sich. Die Bevölkerung in den Notunterkünften muss mit Lebensmitteln und Hygieneartikeln versorgt werden.

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

Die Kosten für die Behebung von Schäden an Gebäuden, Infrastrukturen und anderen Sachwerten betragen zusammen mit den Bewältigungskosten (Kosten für die Einsatzkräfte, Notunterkünfte, 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 zwölf Stunden nach dem Unfall ist für die Bevölkerung eine Informationsstelle eingerichtet.

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, IT, Telefon, TV) sind beschädigt. Die Elektrizitätsversorgung bricht örtlich zusammen, Telefonverbindungen im betroffenen Gebiet funktionieren nur noch teilweise. Um die Kommunikationsfähigkeit von Betroffenen und Hilfskräften aufrechtzuerhalten, werden die entsprechenden 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. Die 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. Der Schock und die Unsicherheit in der Bevölkerung sind gross.

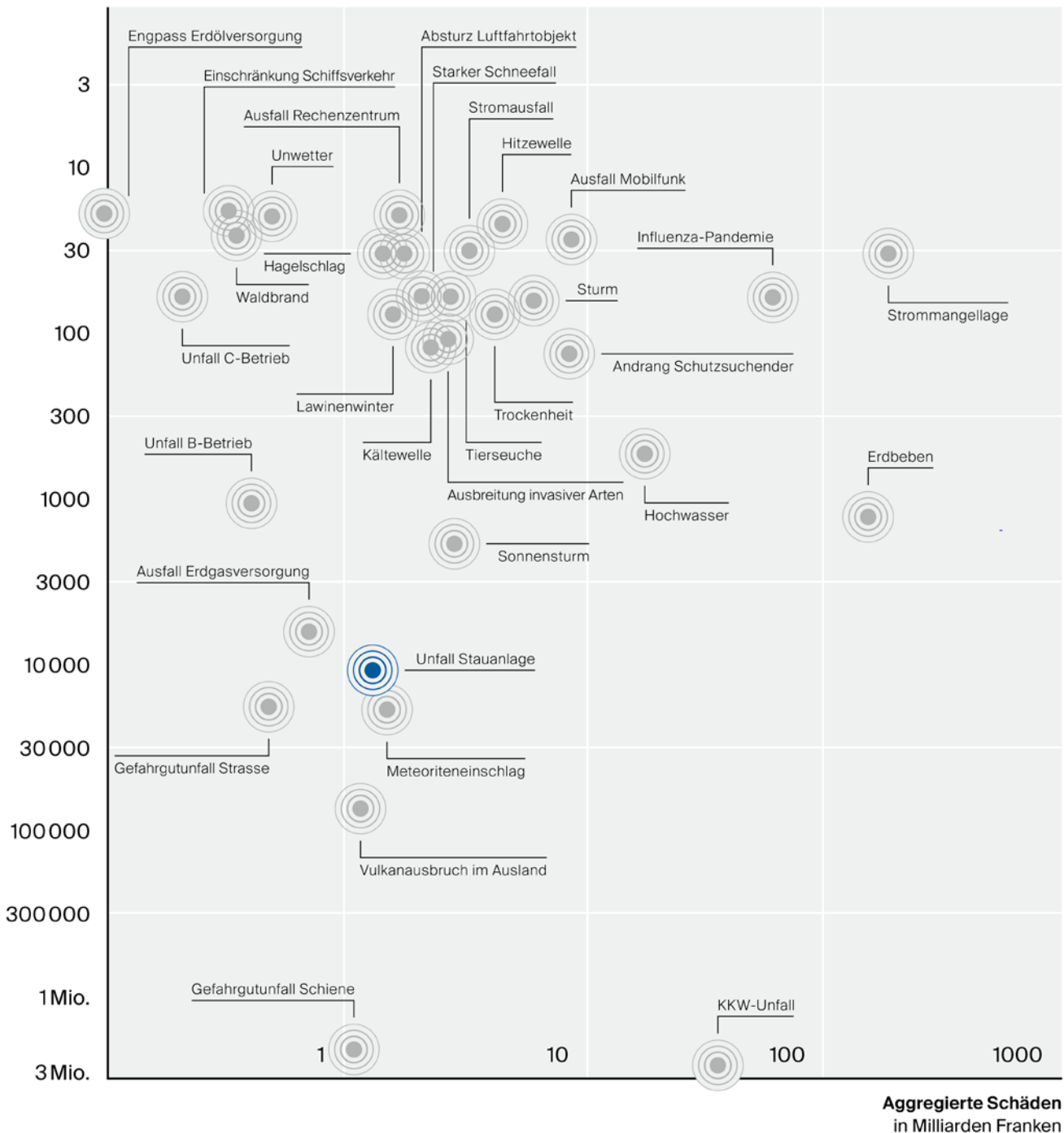
Auf politischer Ebene erfolgen einzelne Vorstösse zur Verbesserung der Sicherheit von Stauanlagen. Die Presse fordert, die Betreiber der Stauanlage, aber auch die Verantwortlichen beim Bund und Kantonen, zur Rechenschaft zu ziehen.



Risiko

Das Risiko des beschriebenen Szenarios ist zusammen mit den anderen analysierten Szenarien in einer Risikomatrix dargestellt. In der Risikomatrix ist die Eintrittswahrscheinlichkeit als Häufigkeit (1-mal in x Jahren) auf der y-Achse (logarithmische Skala) und das Schadensausmass aggregiert und monetarisiert in CHF auf der x-Achse (ebenfalls logarithmische Skala) eingetragen. Das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmass stellt das Risiko eines Szenarios dar. Je weiter rechts und oben in der Matrix ein Szenario liegt, desto grösser ist dessen Risiko.

Häufigkeit
einmal in x Jahren





Rechtliche Grundlagen

Verfassung	<ul style="list-style-type: none">– Artikel 76 (Wasser) der Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999; SR 101.
Gesetz	<ul style="list-style-type: none">– Bundesgesetz über den Bevölkerungsschutz und den Zivilschutz (Bevölkerungs- und Zivilschutzgesetz, BZG) vom 20. Dezember 2019; SR 520.1.– Bundesgesetz über den Wasserbau vom 21. Juni 1991; SR 721.100.– Bundesgesetz über die Stauanlagen (Stauanlagengesetz, StAG) vom 1. Oktober 2010; SR 721.101.– Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GschG) vom 24. Januar 1991; SR 814.20.
Verordnung	<ul style="list-style-type: none">– Verordnung über die Warnung, die Alarmierung und das Sicherheitsfunknetz der Schweiz (Alarmierungs- und Sicherheitsfunkverordnung, VWAS) vom 18. August 2010; SR 520.12.– Verordnung über den Bundesstab Bevölkerungsschutz (VBSTB) vom 2. März 2018; SR 520.17.– Verordnung über die Nationale Alarmzentrale (VNAZ) vom 17. Oktober 2007; SR 520.18.– Stauanlagenverordnung (StAV) vom 17. Oktober 2012; SR 721.101.1.
Weitere rechtliche Grundlagen	<ul style="list-style-type: none">– Bundesamt für Energie (BFE) (2015–2018): Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen. Version 2.0. BFE, Bern.– Bundesamt für Energie (BFE) (2015): Notfallstrategie im Fall eines ausserordentlichen Anstiegs des Wasserspiegels. Version 2.0. BFE, Bern.– Bundesamt für Wasser und Geologie (BAW) und Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2004): Richtlinien für das Notfallschutzkonzept von Stauanlagen. BAW / BABS, Biel / Bern.



Weiterführende Informationen

Zur Gefährdung

- Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2015): Leitfaden Schutz kritischer Infrastrukturen. BABS, Bern.
- Darbre, G. R (1998): Dam Risk Analysis. BWG, Biel.
- Schnitter, N. (1976): Statistische Sicherheit der Talsperren. Wasser, Energie, Luft, Heft 5.

Zur nationalen Risikoanalyse

- Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2020): Bericht zur nationalen Risikoanalyse. Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020. BABS, Bern
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2020): Methode zur nationalen Risikoanalyse. Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020. Version 2.0. BABS, Bern.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2020): Welche Risiken gefährden die Schweiz? Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020. BABS, Bern.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2019): Katalog der Gefährdungen. Katastrophen und Notlagen Schweiz. 2. Auflage. BABS, Bern.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS

Guisanplatz 1B
CH-3003 Bern
risk-ch@babs.admin.ch
www.bevoelkerungsschutz.ch
www.risk-ch.ch