Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 93 (2002)

Heft: 24-25

Artikel: Hochwasser : eine Gefahr für die Kraftwerke?

Autor: Hauenstein, Walter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855493

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Hochwasser – eine Gefahr für die Kraftwerke?

Hochwasser haben in der Schweiz und im angrenzenden Alpenraum in den letzten Jahren immer wieder zu grossen Schäden geführt. Auf die Stromproduktion von Wasserkraftwerken hatten diese Ereignisse jedoch keinen nachhaltigen Einfluss, weil die Kraftwerke selbst für Belastungen von Jahrhunderthochwassern ausgelegt sind. Ob zukünftige Klimaveränderungen zu einer grösseren Gefahr führen werden, ist noch umstritten. Sicher erscheint dagegen, dass der Schutz, den vor allem die Speicherkraftwerke vor Hochwassern bieten können, immer wichtiger wird.

Walter Hauenstein

Die 80er- und 90er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts haben der Schweiz und dem benachbarten Alpenraum einige Hochwasserereignisse mit grossen Schäden beschert. Für die 27 Jahre von 1972 bis 1999 werden für die ganze Schweiz Schadenskosten von rund 195 Mio. Fr. pro Jahr angegeben [1]. In einzelnen Jahren traten Unwetterschäden in sehr ungleichem Ausmass auf.

Die Tabelle auf der folgenden Seite gibt eine Übersicht über die in der Zeitschrift *Wasser, Energie, Luft* publizierten Schäden in den Jahren 1987–2000. Am stärksten betroffen ist der Alpenraum. In der Periode 1972 bis 1999 waren es die Kantone Tessin, Wallis und Uri. Bild 1 zeigt eine Übersicht über die Schadenskosten pro Einwohner in den einzelnen Kantonen. An der Spitze dieser Aufstellung steht der relativ bevölkerungsschwache Kanton Uri, gefolgt vom Wallis und dem Tessin.

Nebst den rein materiellen Schäden waren in der Schweiz in den 24 Jahren von 1972 bis 1996 als Folge von Hochwassern 30 Tote und weitere 26 Tote als Folge von Murgängen und Rutschungen zu beklagen [2].

Die geschilderten Unwetter beschränkten sich nicht auf die Schweiz. Oft handelte es sich um grossräumige Ereignisse. So reichten die Schäden der Hochwasser vom Juli und August 1987 von den Berner Alpen bis weit ins Tirol und Südtirol hinein. Auch der Bergsturz am Pizzo Coppetto im Veltlin vom 28. Juli 1987, bei dem über 10 Mio. m^3 Feststoffe ins Tal stürzten, ist auf Starkniederschläge zurückzuführen, welche einen grossen Teil des Alpenraums betrafen.

Auswirkungen auf die Stromproduktion

Hochwasser betreffen in erster Linie die Stromproduktion in Wasserkraftwerken, denn Kernkraftwerke, konventionelle thermische und andere Anlagen können durch die Wahl ihrer Standorte besser gegen die Einwirkungen des Wassers geschützt werden. Gefährdet durch Unwetter sind auch Übertragungsleitungen. Mit Ausnahme von Lawinenschäden sind es hier aber eher die Sekundärfolgen von starkem Wind, die Schäden verursachen.

Flusskraftwerke (Niederdruck-Laufkraftwerke) werden in die Gewässer hineingebaut. Auch bei den Speicherkraftwerken in den Alpen befinden sich wichtige Anlagenteile wie Wasserfassungen oder Stauanlagen mitten in den Gewässern. Dort müssen sie den Kräften der Hochwasser widerstehen. Da ein grosses Hochwasser jederzeit auftreten kann und im Extremfall das gesamte investierte Kapital gefährden würde, werden Wasserkraftwerke so gebaut, dass sie auch den Belastungen eines Jahrhundert- oder noch grösseren Hochwassers standhalten.

Die dazu erforderliche robuste Bauweise hat zur Folge, dass die Anlagen sehr lange genutzt werden können. Sie hat aber auch ihren Preis: Wasserkraftwerke sind kapitalintensive Anlagen. Das führt anfänglich zu hohen Gestehungskosten. Wenn aber die getätigten Investitionen entsprechend dem Alterungsprozess abgeschrieben werden können, sinken diese Gestehungskosten und führen in die betriebswirtschaftlich interessan-

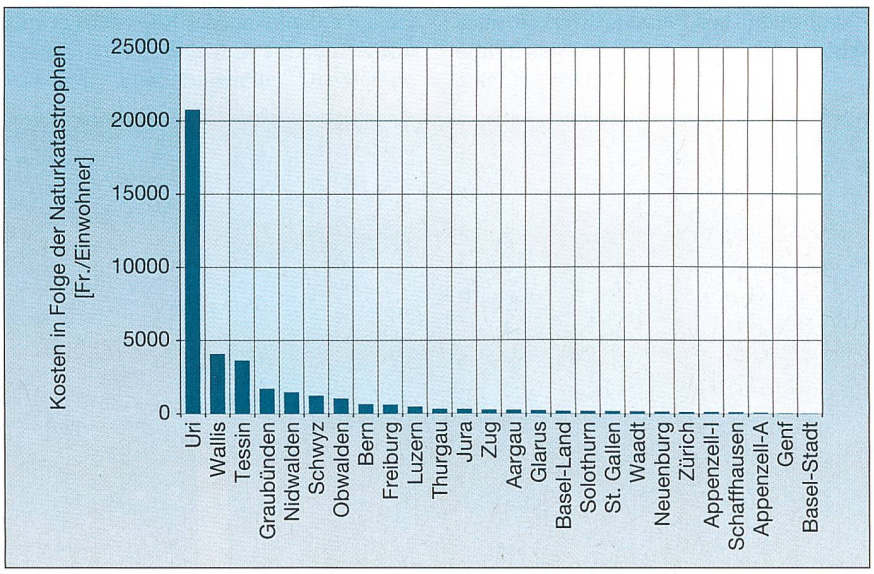


Bild 1 Schadenverteilung der Unwetterkatastrophen von 1972 bis 1996 auf die Kantone
Durchschnittswert für die Schweiz pro Jahr: 30 Fr./Einwohner

Jahr	Gesamtschaden Schweiz [Mio. Fr.]	Schadensträchtigstes Ereignis Datum/Region	[Mio. Fr.]
1987	1200–1300	18. und 19. Juli / 24. und 25. August	250/800
1988	120–130	Juni	50
1989	10–12		
1990	280–310	Juli	145–170
1991	<50		
1992	55–70		
1993	900	September, Wallis	650
1994	200	19. Mai 1994, Mittelland, Jura	130
1995	70		
1996	30–34		
1997	190–200	August	140
1998	40		
1999	680–695	Mai	580
2000	725–730	Oktober	670

Tabelle Schadensbilanz der Unwetter 1987–2000 (ohne Personenopfer)

tere zweite Nutzungshälfte der Anlagen. Dem Umstand der langen Nutzungsdauer und hohen Anlagekosten trägt auch die Gesetzgebung Rechnung. Das eidgenössische Wasserrecht sieht eine Verleihung von Wasserrechten auf maximal 80 Jahre vor.

Typische Beeinträchtigungen

Auch wenn Wasserkraftwerke durch Hochwasser in der Regel nicht in ihrer Substanz bedroht sind, ergeben sich doch typische Behinderungen des Betriebs, welche im Folgenden anhand von einigen Beispielen erläutert werden.

Leistungsreduktion bei Laufkraftwerken

Vor allem bei Flusskraftwerken ohne Wasserausleitung verringert sich die Leistung der Turbinen bei Hochwasser. Dies rührt daher, dass der Wasserspiegel im Unterwasser, bedingt durch die grosse Wasserführung oder der sich bei Hochwasser stärker bemerkbar machenden Einstauwirkung eines allfälligen Unterlieger-Kraftwerks, höher liegt als normal, während die Staukote[1)] auf der Oberwasserseite konstant gehalten wird. Die nutzbare Fallhöhe wird dadurch kleiner und somit auch der Durchfluss und die nutzbare Energiemenge.

Flusskraftwerke haben deshalb ihre maximale Leistung nicht bei maximaler Wasserführung, sondern bei optimalem Zusammenspiel von Wasserführung und Fallhöhe. Durch den gegenseitigen Einstau der Kraftwerke einer Staukette oder den Bau von sogenannten Kanalkraftwerken kann der Effekt des Rückstaus gemildert werden.

Geschwemmsel an Einlaufrechen

Flusskraftwerke, zum Teil aber auch Wasserfassungen von Hochdruck-Kraftwerken sind dort, wo das Wasser vom Gewässer abgeleitet wird, mit einem Rechen ausgerüstet. Dieser verhindert, dass grosse Holzstücke oder andere im Wasser schwimmende Feststoffe in die Turbinen eindringen und dort Schäden an den Leitapparaten oder Laufrädern anrichten.

Je enger der Stababstand dieser Rechen, desto grösser die Rechenleistung, desto grösser aber auch der Fliesswiderstand für das Wasser und damit der Energieverlust beim Einströmen in die Turbinen. Deshalb folgt die Auslegung der Rechen einem Kompromiss zwischen Rechenleistung und Fliessverlusten.

Während Hochwasserereignissen ist der Anfall an Feststoffen im Wasser besonders gross. Nicht nur Erde wird durch die Niederschläge abgeschwemmt und im Wasser transportiert, auch viel Holz, Blätter und leider auch Zivilisationsmüll. Während die feinen Erdpartikel reibungslos durch den Rechen hindurchgehen, verursachen Holz und Laub oft Verstopfungen an der Oberfläche des Rechens (Bild 2). Dadurch reduziert sich die Durchflussfläche zusätzlich und es gelangt weniger Wasser zu den Turbinen. Im Extremfall verschliesst sich die Rechenoberfläche fast vollständig. Um dies zu verhindern, werden so genannte Rechenreinigungsmaschinen eingesetzt, welche automatisch die Rechenoberfläche reinigen, wenn der Fliessverlust des Wassers ein bestimmtes Mass erreicht. Bei extremem Geschwemmselanfall werden diese Maschinen durch Personal unterstützt, das insbesondere grössere Stämme manuell entfernt. Trotz zum Teil enormem Einsatz gelingt es aber nicht immer, den Betrieb störungslos aufrechtzuerhalten.

Bild 2 Geschwemmsel am Einlauf eines Flusskraftwerks

Bild 3 Geschwemmselteppich nach dem Hochwasserereignis vom 7. April 1978 in Palagnedra

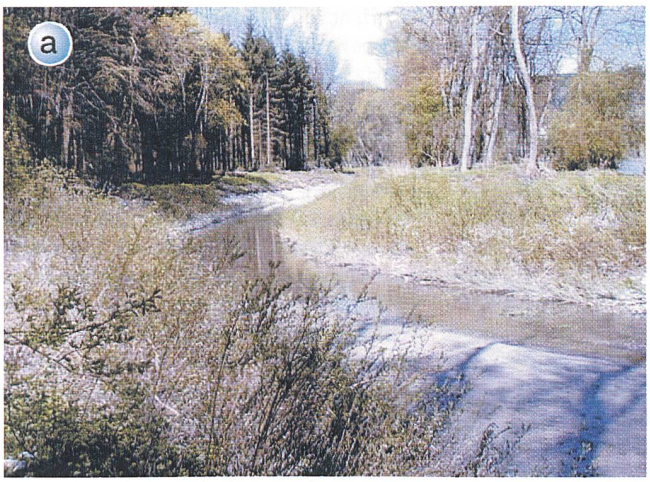


Bild 4 Eine künstlich angelegte Flutmulde im Rossgarten verschwand im Mai-Hochwasser 1999
a: Situation am 14. April 1999; b: Situation im August 1999

Für die Kraftwerke an der Aare unterhalb des Bielersees bis nach Kembs[2)] (F) am Rhein wurde über Jahre hinweg eine gemeinsame Geschwemmselentnahme und -entsorgung betrieben, so dass für diese Kraftwerke Zahlen zum Geschwemmselanfall vorliegen. Aus diesen Flussabschnitten werden jährlich 40 000–60 000 m^3 natürliches und zivilisatorisches Geschwemmsel entnommen und entsorgt. Vom gesamten Treibgut entfällt der grösste Anteil auf Hochwasserperioden. Bis in die 90er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts stiegen die Kosten für die Beseitigung und Entsorgung des Geschwemmsels stetig an, weil immer mehr Kraftwerke eigene Anlagen bauen und betreiben mussten. Schliesslich entstanden Kosten von rund 3,5 Mio. Fr. für alle betroffenen Kraftwerke. Bei einer gesamten Produktion von rund 7000 GWh entspricht dies jährlichen Kosten von 0,05 Rp./kWh.

Schäden an Ufern und Anlage

Bei grossen Hochwassern entstehen immer auch Schäden an Ufern und an Bauwerken. Dort, wo die Kraftwerke für den Uferunterhalt zuständig sind, entstehen durch diese Schäden Instandhaltungsaufwendungen. Eine Statistik über diese Schäden scheint nicht zu existieren. Ihre Höhe schwankt von einem Jahr zum anderen erheblich, wie das auch aus den Zahlen für die gesamten Schadenskosten aus Unwettern (Tabelle) ersichtlich ist.

Ein eindrückliches Hochwasserereignis, das zu weit schlimmeren Folgen hätte führen können, als dies tatsächlich der Fall war, war das Hochwasser vom 7. August 1978 [3]. Die Bogengewichtsmauer Palagnedra im Centovalli wurde mit einer Hochwasserentlastungsanlage konzipiert, welche nominell eine Kapazität von 450 m^3/s aufwies, deren effektive Schluckfähigkeit aber etwa den doppelten Wert erreichte. Diese Grössenordnung erreichte auch der Abfluss der Melezza am Abend des 7. August 1978 gegen 19 Uhr, was zur Folge hatte, dass der Wasserstand im Becken bis zur Fahrbahn der Strassenbrücke reichte, welche über die Hochwasserentlastung auf der Krone der Mauer führte. Wenig später ergoss sich eine Flutwelle aus Wasser und Schwemmholz in den See und liess die momentane Abflussspitze auf rund 1800 bis 2000 m^3/s ansteigen. Die Hochwasserentlastung wurde dadurch verengt, und das Wasser ergoss sich über die Mauer und beschädigte die rechtsseitig angeordnete Kernmauer erheblich. Diese Kernmauer hielt trotz erodiertem Stützkörper auf der Luftseite der Beanspruchung stand (Bild 3).

In der Folge dieses Ereignisses wurde eine systematische Untersuchung aller Talsperren der Schweiz auf ihre Hochwassersicherheit eingeleitet. Die Bemessungshochwasser wurden überprüft, und es zeigte sich bei manchen Anlagen, dass die beim Bau zu Grunde gelegten Bemessungsgrössen den aktuellen Anforderungen nicht mehr genügten. In anderen Fällen lagen genügend Reserven vor, um auch höheren Hochwasserabflüssen standzuhalten. Bei mehreren Anlagen mussten – wie in Palagnedra selbst – bauliche Anpassungen vorgenommen werden, um die Abflusskapazität der Anlage zu erhöhen. Diese Abklärungen und Umbauten dauerten bis in die 90er-Jahre. Heute sind sie grösstenteils abgeschlossen.

Nicht nur im Alpenraum und bei Speicherkraftwerken, auch an den grossen Mittellandflüssen traten Ereignisse mit grosser Schadensfolge auf, so etwa das Mai-Hochwasser 1999, das zu unzähligen Uferabbrüchen geführt hat. Im Restwasserbereich des Rheinkraftwerks Albbruck-Dogern etwa verschwand der Trennwall zwischen dem Rhein und einer kurz zuvor erstellten, etwa 300 m langen Flutmulde in den Fluten des Hochwassers und hinterliess nur noch eine Kiesbank am Ufer (Bild 4).

Die zusätzlichen Instandhaltungsarbeiten, bedingt durch Hochwasser, fallen sehr unregelmässig an. Sie sind nur schwer zu bewerten. Im Jahresdurchschnitt dürften die Kosten dafür jedoch unter 0,1 Rp./kWh liegen.

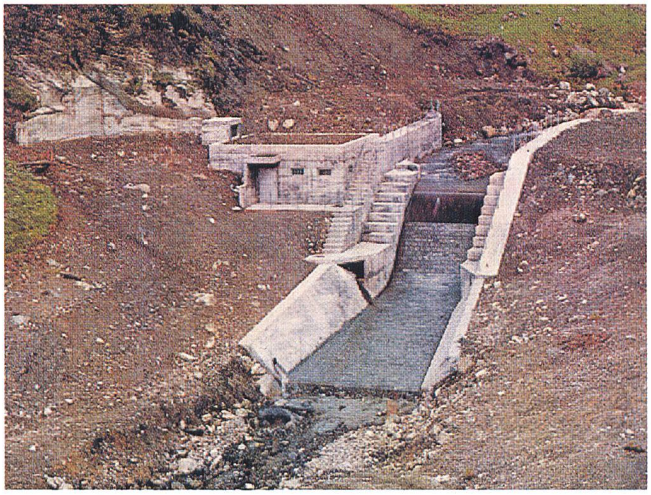


Bild 5 Typische Bachfassung im alpinen Raum

Bild 6 Luftseite der Stauanlage Ferden nach dem Lawinenniedergang vom 23. Februar 1999

Verstopfen von Wasserfassungen

Wasserfassungen im Gebirge (Bild 5) sind bei Hochwasserereignissen einem grossen Anfall von Geschiebe ausgesetzt. Um ein Verstopfen der Fliesswege zu verhindern, müssen diese Fassungen deshalb vor dem Eintrag von grossen Geschiebemengen geschützt werden. Das geschieht durch Spülungen oder Ausserbetriebnahme während solchen Ereignissen. Dadurch entstehen temporäre Betriebsausfälle, bis die Fassungen wieder in Betrieb genommen werden können.

Verpflichtung zum Uferschutz

Kraftwerkskonzessionen enthalten oft Auflagen betreffend den Unterhalt der Ufer der genutzten Gewässer. Diese Verpflichtung zum Uferschutz entlastet die öffentliche Hand bei Hochwasserschäden. Der Aufwand für den Uferunterhalt steigt mit zunehmender Hochwassertätigkeit. Wie gross er im Mittel ist, ist schwer zu sagen. Bezogen auf die Kilowattstunde dürfte es sich um einen Bruchteil eines Rappens handeln.

Lawinenschäden

Ein besonderes «Hochwasserereignis» stellt der Lawinenniedergang dar. Ein spektakulärer Schadensfall an einem Wasserkraftwerk ereignete sich 1999 in Ferden, im Wallis [4]. Ab Mitte Februar 1999 fielen im Lötschental ausserordentliche Schneemengen, welche in 9 Tagen auf 2700 m.ü.M. 3,8 m erreichten. Am 23. Februar 1999 ging in der Folge eine aussergewöhnliche Lawine auf die Stauanlage Ferden des Kraftwerks Lötschen nieder. Die Schneemassen erreichten auf der Luftseite der Mauer eine Höhe von 30 m. Sämtliche Geländer, Zugangsstege und Messpfeiler waren verschüttet, die Bedienungsgalerie an der Luftseite der Mauer zerstört (Bild 6).

Sobald es die Sicherheit für das Personal zuliess, wurde während einem Monat in einem 2-Schicht-Betrieb Schnee geräumt, um möglichst rasch ein Abflussgerinne durch den Lawinenkegel zu erstellen, damit beim Auftreten eines allfälligen Hochwassers ein möglichst freier Abfluss gewährt wäre. Am 23. und 24. Mai 1999 sprang dann die Hochwasserentlastung tatsächlich an, und es konnte ein Abfluss von 25 m^3/s durch den Lawinenkegel abgeleitet werden. Der gesamte Schaden dieses Ereignisses lag bei etwa 2,5 Mio. Fr.

Haben Hochwasser Hochkonjunktur?

Besteht ein Trend zur Zunahme der Spitzenabflüsse in den schweizerischen Flüssen? Wenn man die Zeitreihen im Bild 7 von jährlichen Abflussspitzen betrachtet, könnte man zu diesem Schluss kommen.

Trotz diesen Beispielen mit einem sichtbaren Trend zur Zunahme der Hochwasserspitzen im Laufe der vergangenen Jahre kann (bisher) kein eindeutiger Trend nachgewiesen werden. Im März 1998 erfolgte der Abschluss des «Nationalen Forschungsprogramms über Naturgefahren» (NFP 31) im Rahmen einer öffentlichen Präsentation der wichtigsten Resultate. Diese zeigen, dass schon Aussagen bezüglich durchschnittlicher Niederschläge problematisch sind. Für seltene Extremereignisse sind die Kenntnisse auch nach Fertigstellung der Forschungsarbeit noch zu unzureichend, um einigermassen gesicherte Aussagen machen zu können. Der vorläufige Kenntnisstand wurde an der Veranstaltung in folgenden drei Feststellungen zusammengefasst:

- Die Beobachtungen im Laufe des vergangenen Jahrhunderts zeigen, dass sich die Lufttemperatur in der Schweiz erhöht hat.
- Diese Erhöhung hat zur Folge, dass die Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann.
- Bezüglich der generellen Luftströmungen ist für unser Gebiet mit keinen prinzipiellen Änderungen zu rechnen.

Mit anderen Worten: Bedingt durch die wärmere Luft und die dadurch erhöhte Kapazität, Wasserdampf aufzunehmen, ist mit etwas grösseren Niederschlägen zu rechnen. Die Unsicherheiten dieser Aussage sind aber nach wie vor sehr gross [5].

Nun haben aber nicht nur die Niederschläge ihren Einfluss auf die Hochwasserbildung. Von wesentlichem Einfluss sind auch die abflussbildenden Eigenschaften der Einzugsgebiete. In diesen haben die Versiegelung der Böden durch Überbauungen und intensivierte landwirtschaftliche Nutzung sowie die konsequente Einführung des Mischsystems in der Abwasserreinigung einen massgebenden Einfluss auf die Abflussspitzen.

Wasserkraftwerke schützen vor Hochwasser

Dass zwischen Talsperren und Hochwasserschutz ein Zusammenhang besteht, ist keine neue Erkenntnis. Das Thema Hochwasser hat die schweizerische Talsperrenfachwelt in den vergangenen Jahren eingehend beschäftigt. Es ist aber nicht nur so, dass Hochwasser – wie im Falle Palagnedra – für die Talsperren und damit die Wasserkraftwerke eine ge-

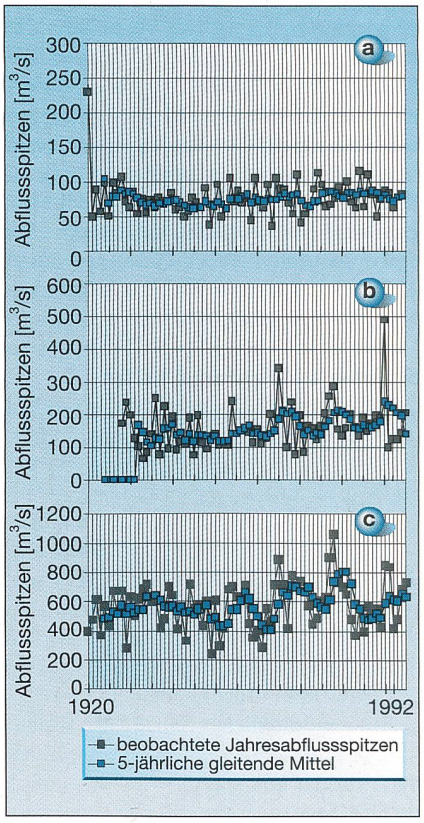


Bild 7 Jahresabflussspitzen und 5-jährliche gleitende Mittel

a: Albula bei Tiefencastel; b: Sense bei Thörishaus; c: Thur bei Andelfingen

wisse Gefährdung darstellen; oft sind es die Talsperren, welche Hochwassergefahren von den weiter unten liegenden Anlagen (Unterlieger) abhalten.

Immer wieder wurde in der Vergangenheit von den Kraftwerksgesellschaften auf die Bedeutung der Speicher zur Reduktion der Hochwasserabflüsse hingewiesen. Trotzdem wurde die Möglichkeit, die Speicher aktiv für den Hochwasserschutz zu nutzen, in der Schweiz bisher von offizieller Seite nur spärlich diskutiert. Entsprechende Szenarien wurden erstmals 1996 vorgestellt [6]:

- *Szenario ohne Änderung des bisherigen Betriebs:* Heute erhalten die betroffenen Regionen kostenlos einen nicht unbedeutenden Hochwasserschutz. Die Wirkung hängt allerdings von verschiedenen – entsprechend der Speicherbewirtschaftung eher zufälligen – Parametern ab, da der Werkbetreiber in der Regel nicht zum Hochwasserschutz verpflichtet ist.
- *Szenario mit Speicherregulierung:* In diesem Szenario würde im Speicher vor Eintreten des Hochwassers das Retentionsvolumen[3)] vergrössert. Dies setzt eine korrekte Beurteilung der Hochwassergefährdung, genügend Vorwarnzeit und eine richtige Reaktion voraus.
- *Szenario mit Schaffung von zusätzlichem Speicherraum:* An bestehenden Anlagen kann durch Erhöhung der Sperre oder dem Zukauf zusätzlichen Nutzvolumens weiterer Speicherraum für den Hochwasserschutz bereitgestellt werden.

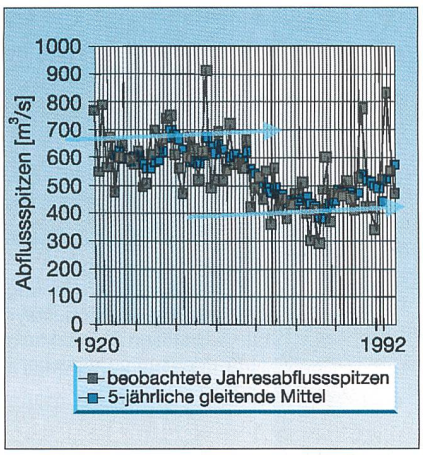


Bild 8 Jahresabflussspitzen und 5-jährliche gleitende Mittel der Rhone in Sion

Mit diesen Szenarien kam eine neue Komponente ins Spiel: Wurden bisher die Talsperren vor den Folgen der Hochwasser geschützt, sollten künftig die Talsperren zum Schutze der Unterlieger vor den Hochwasserfolgen herangezogen werden. Wie weit diese Optionen realistisch sind, muss von Fall zu Fall untersucht werden. Dabei sind folgende Fragestellungen von Bedeutung:

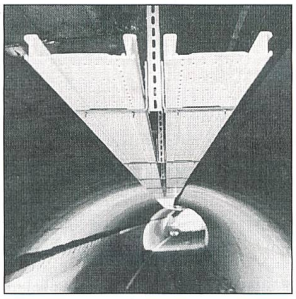
- Wie gross ist der Effekt der Retentionswirkung auf die in der Regel nicht direkt unterhalb der Speicher gelegenen stärker besiedelten Gebiete?
- Sind Speicherräume wirtschaftlich konkurrenzfähige Optionen des Hochwasserschutzes?
- Ist mit einer politischen Unterstützung eines Hochwasserschutzes durch Wasserrückhalt zu rechnen?

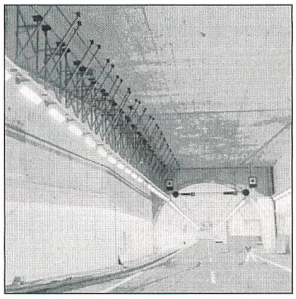
Im Folgenden wird versucht, auf diese Fragen eine Antwort zu geben.

Die Abflussminderung durch Speicherkraftwerke

Beispiel Bergell

1927 wurde das Bergell von einem Hochwasser heimgesucht. Dabei waren schwere Schäden in den Dörfern sowie im raren Kulturland zu verzeichnen. Auch das Hochwasser vom Juli 1987 traf das Bergell. Es übertraf das Ereignis von 1927 sogar an Intensität. Trotzdem waren 1987 keine katastrophalen Schäden zu verzeichnen, da das insgesamt 83,4 km² grosse Einzugsgebiet der Maira bei Vicosoprano durch die Staumauer Albigna (20,5 km²) und durch das Hochwasserrückhaltebecken Orden (zusätzliche 36,1 km²) Hochwasser geschützt war. Schätzungen zeigen, dass die Abflussspitze in Vicosoprano 1987 etwa 300 m³/s betrug und durch die beiden Staube-





LANZ Kabelbahnen aus Polyester und aus rostfreiem Stahl V4A

Das innen und aussen einsetzbare CE-konforme Schweizer Kabelträgersystem für grosse Kabellasten und maximale Wetter-, UV- und Korrosionsbeständigkeit. Brandkennziffer 5.3. Halogenfrei. Für chemische Industrie, Lebensmittelindustrie, Klär- und Kehrichtverbrennungsanlagen, Aussenanlagen, Offshore-Einrichtungen, Bahn- und Strassentunnel.

- Bahnen von bis zu 10 m Länge erlauben grosse Abhängedistanzen und rasche Montage.
- Statisch gut ausgebildete Stützen und Konsolen ermöglichen platzsparende, vibrationsresistente Trassenführung an Wänden, Decken, Steigzonen (ACS schockgeprüft 3 bar).

Eigenproduktion – ISO 9001-zertifiziert – sichert sofortige Lieferung, auch bei Sondermassen. Rufen Sie uns an:

lanz oensingen ag Tel. 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24

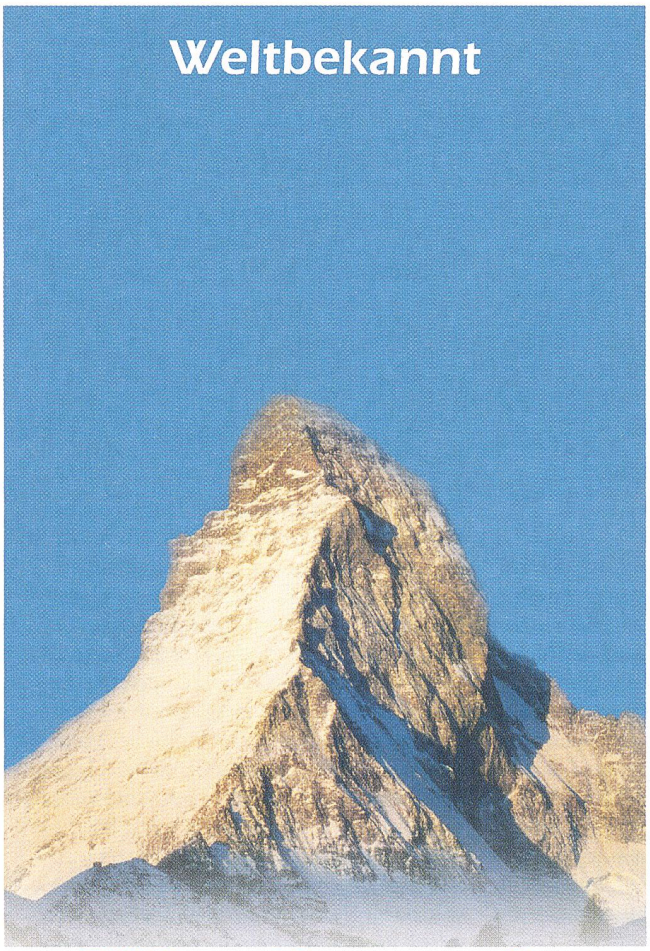
☐ **Die LANZ Kabelbahnen aus Polyester und aus rostfreiem Stahl** interessieren mich! Bitte senden Sie Unterlagen

☐ Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

KT 03

Name/Adresse/Tel. _____

lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen • Telefon ++41/62 388 21 21



Pfiffner-Messwandler auf allen Kontinenten

Spitzentechnik seit 75 Jahren

PFIFFNER

true values

Pfiffner Messwandler AG CH-5042 Hirschthal
Tel. +41 62 739 28 28 Fax +41 62 739 28 10
E-mail: sales@pmw.ch Internet: www.pmw.ch

Schutz* und Engineering in Hoch– und Mittelspannungsanlagen *ist Vertrauenssache

Dienstleistungen

Projektleitungen
Studien / Berechnungen
Prüfen von Schutzsystemen
Erstellen Schutzkonzepte
Messen gemäss der NISV

Connecting Europe

NSE protect it....

Schutz und Steuerung

Überstromschutz / Überlastschutz
Gerichteter Erdschlussschutz
Grafischer Störschreiber
Modulares Schutz- und Steuerungskonzept
Stromwandlergespeiste Schutzsysteme
Kurzschlussanzeiger

NSE

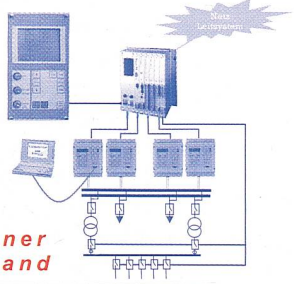
www.nse.ch

Kompaktes und Modulares Sekundärsystem

schützen
steuern
messen
visualisieren
kommunizieren

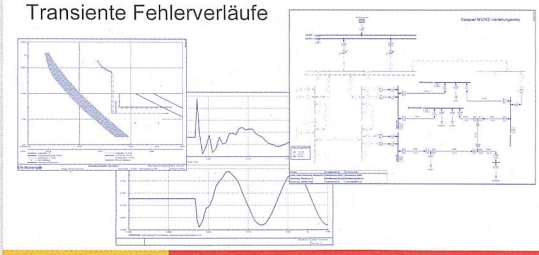
modular aufbauen

alles aus einer Hand



Simulationsprogramme

Grafische Erfassung von elektrischen Netzen
Lastfluss, Kurz- und Erdschluss
Koordinieren von Schutzrelais
Transiente Fehlerverläufe



Verlangen Sie unsere Dokumentation

NSE GmbH
Bremgarterstrasse 54
5610 Wohlen AG
Tel: 056 621 92 92
Fax: 056 621 92 82
Mail: info@nse.ch

Kompetenz in Text und Bild

Suchen Sie eine Fachperson, die Ihre Drucksachen gestaltet und realisiert?

Briefschaften Logos Broschüren
Bücher Illustrationen Hauszeitungen

Pia Thür

Visuelle Gestaltung

Hardturmstrasse 261, 8005 Zürich
Tel 01-563 86 76 Fax 01-563 86 86
piathuer@dplanet.ch

cken um rund 150–200 m^3/s – also um rund einen Drittel – reduziert wurde. Für 1927 liegen keine Messungen vor [7].

Beispiel Wallis

Eine eingehendere Untersuchung der Abflussminderung durch die Speicherseen der Wasserkraftwerke wird für die Hochwasserereignisse im Wallis von 1987 und 1993 in [6] gegeben. Die Autoren kommen zum Schluss, dass die maximalen Abflussspitzen der Rhone in Sion reduziert worden sind:

- 1987 von natürlicherweise 1045 m^3/s um 270 m^3/s auf 775 m^3/s (Reduktion um 26%);
- 1993 von natürlicherweise 1054 m^3/s um 224 m^3/s auf 830 m^3/s (Reduktion um 21%).

Schliesslich ergab die Analyse der Hochwasser 2000 [8] für die Rhone in Sion eine Reduktion der Abflussspitze von 120 m^3/s. Aber auch in den seitlichen Zuflüssen wurden die maximalen Abflüsse durch die Retentionswirkung der Speicher reduziert, so an der Vispa in Visp um rund 57 m^3/s und an der Drance in Martigny um etwa 100 m^3/s.

Die Retentionswirkung der Speicher im Rhonetal kann auch anhand der historischen Hochwasserabflussmessungen veranschaulicht werden. In Bild 8 sind die jährlichen Abflussspitzen respektive deren 5-jährlichen gleitenden Mittel der Rhone in Sion dargestellt. Man erkennt deutlich eine Abnahme ab der Mitte der 50er-Jahre, d.h. nach Inbetriebnahme der Mehrheit der grossen Speicherseen.

Selbstverständlich sind diese Abschätzungen alles andere als systematisch. Sie zeigen aber dennoch, dass tatsächlich ein grosses Potenzial an Abflussminderung auch in weiterer Entfernung der Speicher vorhanden ist. Schätzungen beziffern den externen Nutzen auf Grund des Hochwasserschutzes der Speicherkraftwerke auf rund 5,4 Mio. Fr. pro Jahr [9].

Andere Naturgefahren

Hochwasser sind die häufigsten Naturgefahren, welche Kraftwerke bedrohen können, aber es sind nicht die einzigen. Unter den Naturgefahren mit möglichen Auswirkungen auf die Wasserkraftnutzung sind auch Bergstürze und Erdbeben zu nennen.

Im Jahre 1996 ereignete sich im obersten Teil des Linthtales im Kanton Glarus ein Bergsturz, der mehrere Hunderttausend Kubikmeter Fels zu Tal stürzen liess. Diese verriegelten die Talsohle unmittelbar unterhalb des Ausgleichsbeckens Hintersand der Kraftwerke Linth-Limmern. Die Anlagen selbst kamen nicht direkt zu Schaden, doch war zu befürchten, dass die Umgebung des Ausgleichsbeckens durch den gestauten Bach überflutet würde und dadurch sekundäre Schäden entstehen würden. Um diesem Aufstaurisiko zu begegnen, wurde ein Umleitstollen gebaut.

Wasserkraftanlagen und insbesondere Talsperren werden auch immer wieder von Erdbeben betroffen. Es ist nicht bekannt, dass Todesopfer durch das Versagen einer sorgfältig erstellten und überwachten Stauanlage zu beklagen gewesen wären. Dies, obwohl Stauanlagen in den bekannten Erdbebenzonen im Ausland zum Teil schweren Erdbeben ausgesetzt waren. Diese relativ gute Erdbebenresistenz ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass Stauanlagen Bauwerke sind, die im Gegensatz zu Brücken und Häusern für die Aufnahme von horizontalen Lastwirkungen (Wasserdruck) ausgelegt sind.

Die Schweiz ist in der glücklichen Lage, sich nicht in einer der starken Erdbebenzonen unserer Erde zu befinden. Dennoch muss dem Problem Erdbeben gerade auch bei Stauanlagen Beachtung geschenkt werden. Der Erdbebenfall wird deshalb künftig vermehrt in die Sicherheitsbetrachtungen von Talsperren mit einbezogen werden.

Schlussfolgerungen

Hochwasserereignisse beeinflussen die Sicherheit der Stromproduktion von Wasserkraftwerken in der Schweiz und ihren Nachbarländern nicht nachhaltig. Dennoch ist mit gewissen Betriebsbeeinträchtigungen und Schäden zu rechnen, die zu einem Mehraufwand des Betriebes führen. Ob in Zukunft mit einer Zunahme dieser Beeinträchtigungen zu rechnen ist, steht nicht fest. Noch sind sich die Experten uneinig über die Auswirkungen der Temperaturerhöhung. Die Wasserkraftwerke sind nicht nur gegen Hochwasser relativ gut geschützt, sie schützen ihrerseits mit ihren Speicherbecken und gesicherten Ufern die Unterlieger vor Überflutungen. Weitere Naturgefahren wie Hangrutsche, Bergstürze oder Erdbeben können die Wasserkraftnutzung ebenfalls beeinträchtigen. Die Beeinträchtigungen sind aber weniger bedeutend, als diejenigen durch Hochwasser.

Referenzen

[1] *Chr. Hegg et al:* Unwetterschäden in der Schweiz im Jahre 1999. Wasser, Energie, Luft, Heft 3/4, 2000

[2] *G. Röthlisberger:* Hochwasser – Schadenskosten. Wasser, Energie, Luft, Heft 3/4, 1997

[3] *O. Martini:* Die Hochwasserkatastrophe 1978 am Ausgleichsbecken Palagnedra.

[4] *R. Bremen et al:* Wiederinstandsetzung der Staumauer Ferden. Wasser, Energie, Luft, Heft 11/12, 1999

[5] *D. Vischer:* Naturgefahren in der Schweiz – Entwicklungen im Zeichen der Klimaänderung. SIA, Nr. 47, 1997

[6] *R. Biedermann et al:* Hochwasserschutz im Kanton Wallis, Speicherkraftwerke und Hochwasserschutz. Wasser, Energie, Luft, Heft 10, 1996

[7] *R. Bischof, J, Vichr:* Die Hochwasserkatastrophe fand im Bergell nicht statt. Wasser, Energie, Luft, 11/12, 1987

[8] Bundesamt für Wasser und Geologie: Hochwasser 2000 – Les crues 2000. Berichte des Bundesamt für Wasser und Geologie, Serie Wasser Nr. 2, Bern, 2002

[9] *Hauenstein et al:* Externe Effekte der Wasserkraftnutzung in der Schweiz. Verbandsschrift Nr. 60, SWV, Baden, 1999

Adresse des Autors

Dr. Walter Hauenstein, Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, 5401 Baden, w.hauenstein@swv.ch

[1] Kote: Geländepunkt, dessen Höhenlage genau vermessen ist.

[2] Kembs: Ortschaft zwischen Basel und Mulhouse

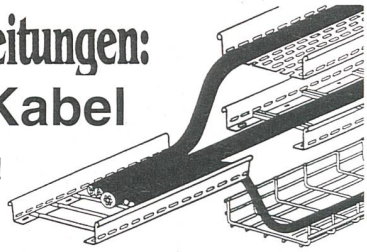
[3] Retention: Zurückhaltung von auszuscheidenden Stoffen

Les inondations menacent-elles les centrales électriques?

Ces dernières années, les inondations ont provoqué de fréquents et importants dégâts en Suisse et dans toute la région alpine. Ces événements n'ont cependant pas d'influence durable sur la production d'électricité étant donné que les centrales sont conçues pour résister même aux inondations du siècle. Néanmoins, les crues peuvent réduire la production des centrales hydroélectriques et provoquer certains dommages. Certaines entraves sont présentées à titre d'exemple. Quant à savoir si le potentiel de risque augmentera avec de futures changements climatiques, c'est là un point qui reste contesté. Mais ce qui est plus actuel que le danger des crues pour les centrales hydroélectriques est la protection contre les inondations qu'offrent surtout les centrales à accumulation dans les Alpes.

Statt **Gitterbahnen** und **Kabelpritschen** und **Kabelbahnen** und **Steigleitungen:**

Lanz Multibahn – eine Bahn für alle Kabel



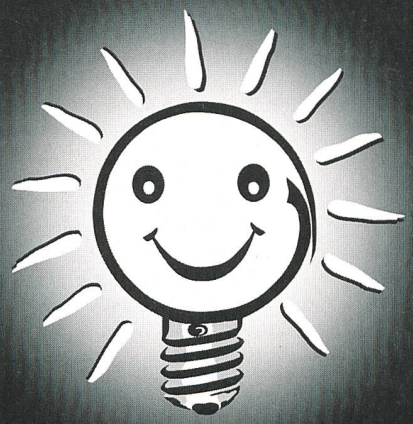
- Lanz Multibahnen vereinfachen Planung, Ausmass und Abrechnung!
- Sie verringern den Dispositions-, Lager- und Montageaufwand!
- Sie schaffen Kundennutzen: Beste Kabelbelüftung.
- Jederzeitige Umnutzung. Kostengünstig. CE- und SN SEV 1000/3-konform.

Verlangen Sie Beratung, Offerte und preisgünstige Lieferung vom Elektro-Grossisten und

lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen • Tel. ++41 062/388 21 21

KT 01

Damit Ihre Sicherheit gewährleistet ist.



Innovativ in Technik und Design

ALMAT®
Notlichtsysteme

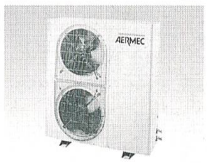
ALMAT AG • 8317 Tagelswangen
Tel. 052 355 33 55 • Fax 052 355 33 66 • www.almat.ch

Einstecken und los! Bis 400A kein Problem dank unseren mehrpoligen Hochstrom-Steckkontakten.

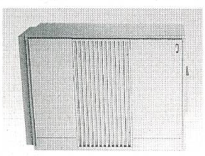
ANSON liefert leistungsfähige • Klimageräte • Klimaschränke • Kaltwassersätze:

Klimatruhen
für Büros, Sitzungs- und Schulungsräume etc. Individuell regelbar. 230 V ab 940 W. **Speziell für innenliegende Räume. Fragen Sie an!**

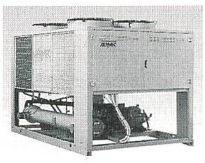
ANSON-„Split“
superleise Klimageräte für Büros, EDV, Läden, Labors, Wohn- und Schlafräume. 230V ab 775 W. **Preisgünstig ab Lager.**



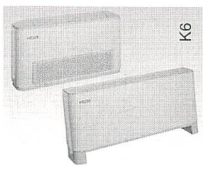
Klimaschränke ANSON-Aermec luftgekühlt
9–40 kW. Modernste Konzeption. X-tausendfach bewährt. – **Offerte überzeugt!**



Klimaschränke ANSON-Aermec wassergekühlt
10–90 kW. Geringer Energieverbauch. X-tausendfach bewährt. Fragen Sie an!



Kaltwassersätze ANSON-Aermec luft- oder wassergekühlt
Modernste Technologie. 5 Baureihen 6–80 kW. **Kurzfristig lieferbar:**



Fan Coils ANSON
Superleise Gebläsekonvektoren. Formschönes Design. Für Kühlung und Heizung, 2,7–25 kW. Preisgünstig von

K6

Offerte verlangen: ANSON 01/461 11 11
Friesenbergstrasse 108
8055 Zürich Fax 01/461 31 11