

Durch den Bau eines Sondierstollens hat sich eine Verformung der Zeuzier-Staumauer ergeben, so dass zunächst eine Wasserabsenkung und anschließend Injektionen erforderlich waren.

Auch Wasserkraft birgt Risiken

Um die Sicherheit von Stauanlagen beurteilen zu können, müssen zunächst die Gefahren genau analysiert werden. Dies ist eine zentrale Aufgabe der Sektion Talsperren beim Bundesamt für Energie. Mit entsprechenden Forschungsaktivitäten werden die Probleme untersucht und Lösungen entwickelt.

von Jürg Wellstein, Fachjournalist SFJ

Erdbeben in Norditalien, Felssturz im Tessin. Aktuelle Gefahren, die auch Stauanlagen treffen können. Sind die Talsperren in der Schweiz sicher? Welche Auswirkungen haben solche Naturerscheinungen auf die Wasserkraftwerke? Mit diesen Fragen befasst sich die Sektion Talsperren beim Bundesamt für Energie (BFE). Sie ist für die Sicherheit der Stauanlagen und deren Absperrwerke zuständig, also Einrichtungen zum Aufstauen oder zur Speicherung von Wasser sowie Einrichtungen für den Rückhalt von Geschiebe, Eis oder Schnee. Die grösseren Stauanlagen dienen in der Schweiz hauptsächlich zur Stromerzeugung.

Sektion für die Sicherheit

Das Bundesamt für Energie unterscheidet die Aspekte Produktion und Sicherheit. Für den letzteren Bereich ist die Sektion Talsperren zuständig. Es geht primär um die sicherheitstechnische Beurteilung der 204 Anlagen, die insgesamt 225 Staudämme aufweisen. Für die Sicherheit der kleinen Anlagen – rund 1'000 Bauwerke – sind die Kantone zuständig, wobei die Sektion Talsperren eine Oberaufsicht ausübt. Die Sektion behandelt nur Sicherheitsfragen, hierbei sind die drei Säulen der konstruktiven Sicherheit, der Überwachung und der Notfallplanung zu nennen. Daraus folgernd werden entsprechende Forschungsaktivitäten veranlasst.

Georges Darbre, Leiter der Sektion und seit über 20 Jahren beim Bund im Bereich der Talsperren tätig, verweist auf die Vielfalt der Anlagen. Es bestehen enorme Unterschiede bei Abmessungen, Speichervolumen, Bauart und Zweck der einzelnen Bauwerke. Diese Vielfalt macht es notwendig, bei der Erarbeitung der Sicherheitsbeurteilungen jeweils massgeschneidert vorzugehen. Werden bei der Sicherheitsbeurteilung Mängel erkannt,



Georges Darbre: „Die Sicherheit von Stauanlagen umfasst unterschiedliche Aspekte: von Betonzuschlagsstoffen bis zum lokalen Klima.“



Stauanlagen der Schweiz, deren Sicherheit von der Sektion Talsperren bei BFE überwacht wird.

die jedoch keine akute Gefährdung darstellen, besteht die Herausforderung in der Anordnung von Massnahmen, die verhältnismässig sind. Als sofortige Massnahme kann eine Betriebseinschränkung von der Sektion angeordnet werden.

Lebensdauer und Gefahren

Der Stellenwert der Wasserkraft ist in der Schweiz hoch. Die vor einem Jahr eingeleiteten Schritte zur Abkehr von der Atomkraft hat die Wasserkraft erneut bestätigt. Unabhängig davon sind bereits seit einigen Jahren vermehrt Projekte im Gange, mit denen die Produktionsbedingungen für Wasserstrom verbessert werden sollen, aber auch eine Erneuerung nach 50 Jahren Betrieb eingeleitet wird. Denn viele Anlagen stammen aus den Jahren zwischen 1950 und 1970 – als Talsperren-Boom herrschte.

Wie alt können Stauanlagen werden? Für welche Dauer wurden sie ausgelegt?

Georges Darbre: Die Konzessionen sind typischerweise auf 80 Jahre festgelegt, danach folgt der „Heimfall“ an Kanton oder Gemeinde. Dies ist von zentraler wirtschaftlicher Bedeutung, hat jedoch kaum Einfluss auf die Lebensdauer der Anlage und deren Produktionskapazität. Die baulichen Anlagenteile sind für 100 und mehr Jahre ausgelegt, Turbinen und weitere elektromechanische Teile benötigen allerdings eine periodische Erneuerung.

Was muss bei einer allfälligen Stilllegung und einem Rückbau beachtet werden?

Es darf keinen Wasserrückhalt mehr geben, es braucht also mindestens einen Dammschnitt bzw. einen offenen Grundablass oder einen kompletten Rückbau. Im Hinblick auf den Forschungsbedarf zur Sicher-

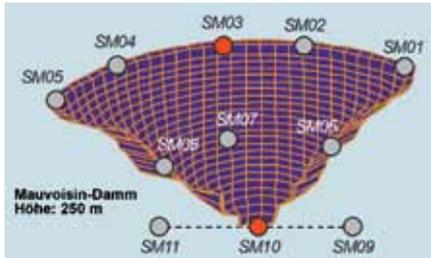
heitsüberwachung von Talsperren müssen zunächst mögliche Gefahren identifiziert werden. Im Vordergrund stehen die natürlichen Einwirkungen von Hochwasser und Erdbeben. Bei der erstgenannten Gefahr muss gewährleistet sein, dass ein maximal mögliches Hochwasser abgeführt werden kann, ohne sicherheitskritischen Schaden an der Anlage zu erzeugen oder die Stabilität des Bauwerks zu beeinträchtigen. Dafür braucht es eine Kombination von freiem Volumen im Staubecken und von Hochwasseröffnungen an der Sperre. Bei Schüttdämmen soll vermieden werden, dass Wasser über die Dammkrone fliesst, ausser der Damm wurde entsprechend gestaltet.

Was wären die Folgen eines solchen Ereignisses?

Es könnte zu einer Erosion der luftseitigen Dammböschung kommen, die bis zum Dambruch führen kann. Eine Stabilitätsminderung bei den seitlichen Widerlagern, wie dies beim Tessiner Stauwehr Palagnedra im Jahr 1978 drohte, ist ebenfalls eine mögliche Folge.

Bestehen Prognosemodelle, mit welchen heute eine potenzielle Hochwasser-Gefahr abgeschätzt werden kann?

Ja, zu witterungsbedingtem Hochwasser wurden in den vergangenen Jahren an der EPFL umfangreiche Studien durchgeführt. Niederschlagsmodelle bildeten die Grundlage, um in bestimmten Einzugsgebieten von Stauanlagen den Mengenzufluss im Stausee zu berechnen. An der ETH Zürich befasste man sich beispielsweise mit dem Problem der Sedimentablagerung in den Stauanlagen. Dies betrifft nicht nur den Stausee, sondern auch die Abflussöffnungen sowie die Verbindungstunnel. Damit wird das Speichervolumen verrin-



Erdbeben-Messung am Staudamm.

gert und die Energieproduktion eingeschränkt. Ziel der Forschungsarbeiten ist die Definition von Auslegungs- und Gestaltungskriterien, um sowohl Sedimentsablagerungen als auch daraus folgende Abrasionsschäden zu vermeiden.

Erdbeben

In den vergangenen Jahrzehnten arbeiten die beiden ETHs vor allem auch am Verständnis der Erdbebeneffekte auf Betonmauern und Erddämme. Mit entsprechenden wissenschaftlichen Grundlagen konnte dazu im Wallis – ein Gebiet mit erhöhtem Erdbebenrisiko – und in Graubünden ein weltweit einmaliges Messnetz in Staudauern installiert werden. Auf diese Weise werden Erdbeben gemessen, was zur Nachprüfung der theoretischen Berechnungen und zur Kalibrierung der Modelle dient. Dieses Konzept hat internationale Aufmerksamkeit hervorgerufen.

Mit dem installierten Messnetz werden sowohl die Bewegungen im freien Feld als auch die Reaktion der Talsperren während eines Erdbebens aufgezeichnet. An strategisch wichtigen Stellen auf den Dammkronen und im Innern der Bauwerke sind 3-achsige Beschleunigungsmessgeräte positioniert. Es wurden mindestens 4 Sensoren (Emosson-Talsperre) bzw. bis zu 11 Sensoren (Mauvoisin) angeordnet.

Werden bei erkennbaren Mängeln auch bauliche Massnahmen angeordnet?

Beispielsweise die Bogenstaumauer am Lac des Toules im Wallis wurde von 2008 – 2011 mit zwei seitlichen Betonwiderlagern auf der Luftseite verstärkt. Diese 70'000 m³ Beton umfassende Massnahme erfolgte zur Verbesserung der zuvor erkannten Mängel bei der Erdbebensicherheit.

Impulswellen im Labor

Neben den beiden primären Naturgefahren Hochwasser und Erdbeben sind auch Felsstürze, das Abgleiten von Felsmassen, Lawinen usw. sicherheitsrelevante Ereignisse. Als tragisches Ereignis gilt der Gletscherabbruch vor dem Mattmark-Staudamm, der 1965 das Arbeiterdorf verschüttet und dadurch zu 88 Todesfällen geführt hatte. Bei den 80 grössten Stauanlagen werden deshalb von Geologieexperten alle fünf Jahre Gutachten erstellt, welche auf mögliche Gefahren aufmerksam machen müssen. Dabei werden die Widerlager der Dämme, die Ufergebiete und die Felssturz-bereiche besonders genau betrachtet. Bei den weiteren Anlagen erfolgt diese Beurteilung zuerst durch die Fachingenieure, welche jährliche Sicherheitsberichte erstellen.

Die VAW an der ETHZ befasst sich intensiv mit der Erforschung des Phänomens von Impulswellen. Diese werden durch die Massenbewegungen ausgelöst und können beim Auflaufen auf ein Ufer oder auf die Talsperre Schäden verursachen. Man muss also wissen, wie gross diese Impulswellen werden und welche Kräfte sie entfalten. Vor wenigen Jahren wurde ein Handbuch geschaffen, das den heutigen Kenntnisstand wiedergibt und Verfahren zur Berechnung von Impulswellen enthält.

Sekundärgefahren rund um die Stauanlagen

Bestehen noch weitere Gefahren für Talsperren und die gesamten Stauanlagen?

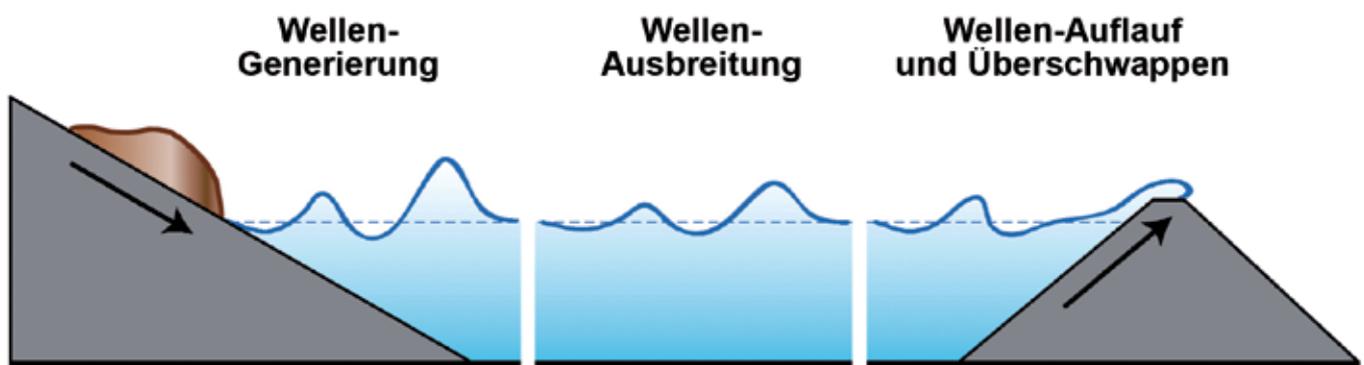
Seit dem Bau eines Sondierstollens für den einst vorgesehenen Rawil-Tunnel, wissen wir um die Gefahren durch die Erstellung infrastruktureller Projekte dieser Art. Durch die entstehende Drainage der Felsmasse hat sich der Untergrund verformt. Das Tal verengte sich um 12 cm an der Krone der Zeuzier-Staumauer, was zu einer seeseitigen Verformung um 11 cm, verbunden mit Rissen und Fugenöffnungen geführt hatte. Dank gezielten Injektionen konnte Anfang der 1980er-Jahre die Anlage wieder in Betrieb genommen werden.

Wie wurde diese Erkenntnis bei den Neat-Tunnelprojekten umgesetzt?

Beim Bau des Gotthard-Tunnels wurden bei den betroffenen Stauanlagen von Nalps, Curnera und Santa Maria automatische Tachymeter eingerichtet, die laufend Distanzmessungen machten. Hinzu kommen hoch präzise Messungen, welche manuell durchgeführt werden. Die gemessenen Werte vergleicht man dann mit den Verformungsgrenzwerten der Mauern.

Erwarten Sie durch den derzeitigen Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken neue Probleme durch die zyklischen Belastungen?

Die Talsperren sind kaum empfindlich auf solche Druckunterschiede und auch nicht auf die Belastungszyklen. Doch wir werden uns vermehrt auf die Uferbereiche und die dort auftretende stärkere Instabilitätsgefahr konzentrieren müssen.



Impulswellen-Entwicklung in drei Phasen.

Beton quillt auf

Eine besondere, sicherheitsrelevante Erscheinung bei Staumauern aus Beton ist das Quellen des Materials. Auslöser dieses Problems ist eine chemische Reaktion zwischen den eingesetzten Stoffen. Das Labor für Konstruktionsmaterialien (LMC) an der EPFL untersucht u.a. die mikrostrukturellen Eigenschaften dieser chemischen Reaktion.

Welche Gefahren ergeben sich aus diesen Quelleffekten bei Staumauern?

Die daraus folgenden Spannungen erzeugen Risse im Bauwerk, so dass die Stabilität vermindert wird. Wir haben dies beispielsweise beim 1926 bzw. 1941 erbauten Illsee-Damm im Wallis beobachten können. Dies hatte in den 1990er-Jahren zu konkreten Rissmessungen und einer wasserseitigen Abdichtung geführt. Nun werden Vertikalschnitte gemacht, um die Spannungen reduzieren zu können.

Sind also nur alte Bauten betroffen?

Nein, auch bei der um 1950 erstellte Gewichtsstaumauer Salanfe wurde diese Reaktionserscheinung festgestellt. Bei neueren Mauern sorgt man durch eine entsprechende Betonmischung, dass diese Reaktion nicht auftritt. Aber wir brauchen ein grundsätzliches Verständnis des chemischen Prozesses und der möglichen Auslösemechanismen.

Heute wird das Augenmerk viel stärker auf mögliche Quelleffekte gerichtet, verdächtige Proben untersucht man im Labor. Und Georges Darbre hofft, bei den zahlreichen Bauwerken aus den 1950er- und 60er-Jahren die Problemfälle bereits identifiziert zu haben. Sowohl die wissenschaftlichen Erkenntnisse und Kompetenz als auch das technologische Know-how beim Bau von Wasserkraftwerken werden auch international geschätzt und nachgefragt. 

Kontakt

Georges Darbre
Bundesamt für Energie (BFE):
Georges.Darbre@bfe.admin.ch
www.bfe.admin.ch
www.energieforschung.ch

Links

BFE-Sektion Talsperren:

www.bfe.admin.ch

Schweiz. Talsperrenkomitee (STK):

www.swissdams.ch

ETHZ-Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW):

www.vaw.ethz.ch

Schweiz. Erdbebendienst (SED):

www.seismo.ethz.ch

EPFL-Labor für Wasserbau (LCH):

<http://lch.epfl.ch>

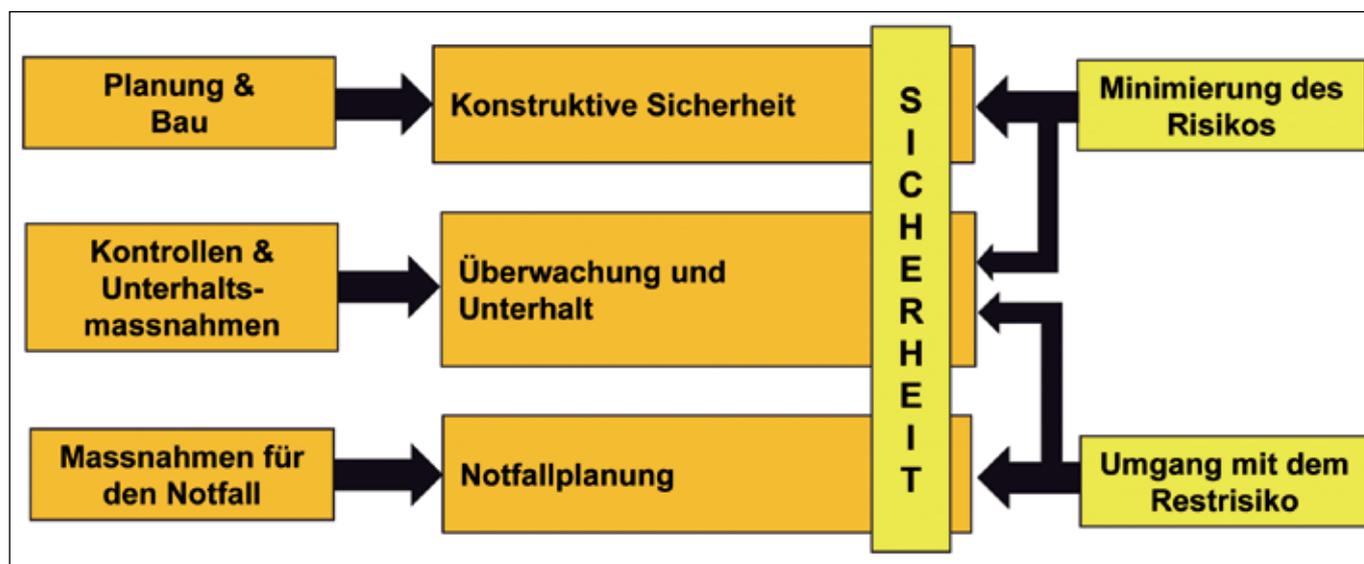
EPFL-Labor für Umwelthydraulik (LHE):

<http://lhe.epfl.ch>

EPFL-Labor

für Konstruktionsmaterialien (LMC):

<http://lmc.epfl.ch>



Das Sicherheitskonzept der Sektion Talsperren basiert auf drei Bereichen.