Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 93 (2001)

Heft: 3-4

Artikel: Konstruktive Besonderheiten bei Speicherbecken für Beschneiungsanlagen und Auffangdämmen für Lawinen

Autor: Pougatsch, Henri / Müller, Rudolf W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939879

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: 06.07.2025

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

Konstruktive Besonderheiten bei Speicherbecken für Beschneiungsanlagen und Auffangdämmen für Lawinen

■ *Henri Pougatsch und Rudolf W. Müller*

1. Speicherbecken für Beschneiungsanlagen

1.1 Einleitung

Der chronische Schneemangel der letzten Jahre hat verschiedene Wintersportstationen bewogen, sich mit aufwendigen Beschneiungsanlagen auszurüsten, um dadurch die Schneesicherheit auf den Pisten besser gewährleisten zu können. Für die Betreiber von Beförderungsanlagen für Skifahrer bedeutet dies eine Investition in die Zukunft, und die Zahl solcher Projekte hat stark zugenommen.

Die in Beschneiungsanlagen integrierten Speicherbecken, welche die Wasserreserve sicherstellen sollen, werden gewöhnlich ausserhalb von Fliessgewässern in flachen Mulden oder Hanglagen angelegt. Das Stauvolumen schwankt meist zwischen 30 000 m^3 und 60 000 m^3, kann aber auch wesentlich weniger betragen. Einzelne der bisher ausgeführten Projekte solcher Stauanlagen können als mehr oder weniger geglückt betrachtet werden.

Auf Grund der topografischen, geologischen und geotechnischen Bedingungen des Standorts sowie der Verfügbarkeit der Baumaterialien wird meistens ein Schüttdamm als Sperrenbauwerk gewählt. Dieser kann als homogener Erddamm oder als Damm mit Innendichtung (Kerndichtung) oder Aussendichtung (Verkleidung auf der wasserseitigen Oberfläche) ausgebildet werden. Bei Aussendichtungen kommen dabei verschiedene Systeme zur Anwendung.

Der vorliegende Artikel streift einige Grundprinzipien sowie konstruktive Gesichtspunkte und gibt Empfehlungen dazu, wobei der Schwerpunkt bei den Schüttdämmen liegt.

1.2 Die Sicherheit

Es ist unerlässlich, dass alles vorgekehrt wird, um die Sicherheit einer Stauanlage und damit auch die der unterliegenden Bevölkerung zu gewährleisten, und zwar unabhängig vom Verwendungszweck der betreffenden Stauanlage wie zum Beispiel Beschneiung, Energieproduktion, Bewässerung, Hochwasserschutz, Wasserversorgung usw. Um dies zu erreichen, hat ein Projekt notwendigerweise den nachstehenden Kriterien zu genügen:

- Bei der Bemessung der Stauanlage sind alle Lastfälle und Lastkombinationen korrekt zu berücksichtigen.
- Die Bauausführung hat nach den Regeln der Baukunst zu erfolgen. Es kann nicht einfach nur Material, ohne dessen Eigenschaften zu kennen, eingebaut werden.
- Im Projekt müssen ausreichend dimensionierte Entlastungsorgane vorgesehen sein.
- Während des Betriebs der Anlage sind Überwachung und Unterhalt auf Dauer zu gewährleisten.

1.3 Das Dammprojekt

1.3.1 Materialien

Wie für jedes andere Dammprojekt auch, sind für Speicherbecken von Schneeanlagen die Materialien, welche für den Bau benötigt werden, zu bestimmen und zu klassifizieren. Vorgängige geotechnische Untersuchungen in situ und im Labor sind keineswegs überflüssig. Dies gilt auch für Einbauversuche vor Ort bei der Realisierung des Bauwerks.

1.3.2 Dimensionierung

Die Gestaltung des Dammprofils erfolgt auf Grund der Eigenschaften des zu verwendenden Materials sowie der Untersuchung der Standsicherheit und der Stabilität der Böschungen. Die für den Stabilitätsnachweis normalerweise zu berücksichtigenden Lastfälle sind: Bau-Ende, Becken voll, rasche Absenkung und Erdbeben. Es ist nun Aufgabe des Ingenieurs, die massgebenden Lastkombinationen festzulegen. Wird ein Teil des Beckens durch Aushub im natürlichen Terrain erstellt, sind gleichermassen Stabilitätsnachweise für die Anschnittböschungen wie für die Dammschüttung auszuführen (Bild 1). Die Stabilitätsberechnungen werden üblicherweise nach den Methoden Bishop bzw. Janbu durchgeführt, wobei in der Regel die in Tabelle 1 dargestellten Sicherheitsfaktoren erreicht werden sollen.

Zu den genannten Lastfällen sind nachfolgend einige Hinweise anzubringen. Bei Becken mit Oberflächendichtung fällt beim Lastfall «Becken leer» die stabilisierende Wirkung der Wasserlast weg. Dies kann zu einer verminderten Stabilität führen, insbesondere in bergseitigen Hanganschnitten, wenn dort eine Sicker- bzw. Grundwasserströmung herrscht.

Der Fall «rasche Absenkung» ist nur bei Vorkommen einer Sickerströmung in der Böschung des Dammes und des Hanganschnittes von Belang. Bei einem Becken mit Oberflächendichtung ist dieser Lastfall oft nicht zu berücksichtigen. Angesichts der meist geringen Dimensionen der Becken für Beschneiungsanlagen sind für den Erdbebenlastfall in der Regel vereinfachte Stabilitätsanalysen mit dem Ersatzlastverfahren angebracht.

Bei Verwendung von synthetischen Dichtungen von geringer Dicke (Geomembranen) ist der Damm auf das Auftreten unvorhergesehener Lecks zu bemessen. Der Damm darf nicht durch innere Erosion geschädigt werden. Dazu können (semipermeable) Bremszonen aus erosionsfestem Material angeordnet werden und luftseitig daran anschliessende durchlässige Dammzonen, welche die gefahrlose Ableitung eines Durchflusses erlauben.

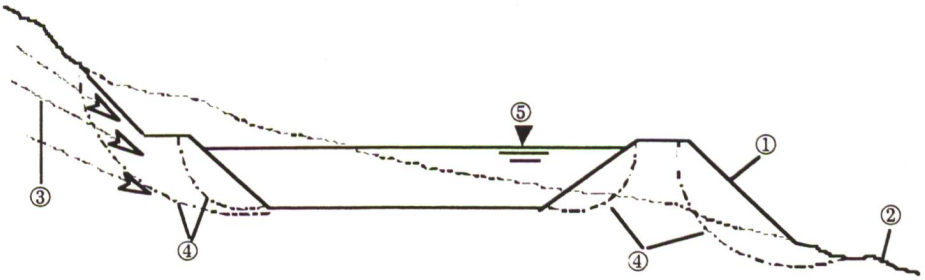

Bild 1. Speicherbecken im Hanganschnitt. ***① Dammschüttung, ② natürliches Terrain, ③ Grundwasser-Sickerströmung, ④ Gleitflächen, ⑤ Staukote.***

Lastfälle			Sicherheitsfaktoren
Bau-Ende	Becken leer		1,3
	Becken leer	mit Erdbeben	1,1
Betrieb der Stauanlage	Becken voll		1,5
	Rasche Absenkung		1,3
	Becken voll	mit Erdbeben	1,1
	Becken leer	mit Erdbeben	1,1

Tabelle 1. Lastfälle und erforderliche Sicherheitsfaktoren für Stabilitätsberechnungen an Dämmen und Böschungen.

1.3.3 Einbauvorschriften

Für eine zuverlässige Bauausführung sind Einbauvorschriften für die Dammschüttung notwendig. Diese umfassen unter anderem Angaben über

- maximale Stärke der Einbauschichten (vor oder nach der Verdichtung);
- zulässige Bereiche der Kornverteilungen der Einbaumaterialien;
- Grösstkorndimensionen;
- Verdichtungsanforderungen (Wassergehalte, Raumgewichte, fallweise M_E-Werte).

1.4 Die Entlastungsorgane

1.4.1 Grundablass

Wie bei jeder anderen Stauanlage auch, muss man bei einem Speicherbecken für die Beschneiung in der Lage sein, (1) den Ersteinstau zu beherrschen und zu steuern, (2) im Falle der Gefahr das Becken rasch zu entleeren sowie (3) nötigenfalls das Becken über längere Zeit abgesenkt zu halten. Ein Grundablass bildet deshalb als Sicherheitsorgan einen integrierenden Teil der Stauanlage. Als Richtwerte für die Dimensionierung des Grundablasses gelten Entleerungszeiten von einem Tag bei weniger als 50 000 m^3 und von zwei bis drei Tagen bei mehr als 50 000 m^3 Stauvolumen.

Der Grundablass kann mit einfachen Verschlussorganen versehen werden (Schützen, Klappen, Schieber). Empfohlen wird dabei der Einbau eines doppelten Verschlusses mit zwei Organen in Serie. Eine Kombination von Grundablass und Wasserentnahmeleitung für die Beschneiung ist möglich; der Grundablass muss lediglich unabhängig von der Wasserentnahme in Betrieb gesetzt werden können.

1.4.2 Hochwasserentlastung

Obwohl die natürlichen Einzugsgebiete von Speichern für Beschneiungsanlagen oft sehr klein sind und die Füllung in vielen Fällen durch Pumpen und Zuleitungen bewerkstelligt wird, ist die Stauanlage mit einer Hochwasserentlastungsanlage zu versehen. Die Abflusskapazität dieses Entlastungsorgans muss in der Lage sein, das Sicherheitshochwasser gefahrlos, d.h. ohne dass der Damm überströmt wird, abzuleiten. In der Regel entspricht das Sicherheitshochwasser dem 1,5fachen HQ1000.

Konstruktive und betriebstechnische Aspekte		Zweck/Eigenschaft
Neigung der wasserseitigen Böschung		hängt ab von – Materialeigenschaften – gewähltem Abdichtungssystem
Komponenten des Abdichtungssystems	Abdichtungstyp	– beeinflusst die Dauerhaftigkeit
	Übergangsschicht	– gleicht die Unebenheiten der Schüttung aus – stellt den Übergang zwischen Dammkörper und Dichtungselement sicher
	Drainage	– sammelt Sickerwasser und Wasserverluste von Leckstellen im Dichtungselement – schützt den Dammkörper im Falle von Lecks – vermindert den Auftrieb aus dem Grundwasser
	Schutzschicht	mindert die Effekte von – Fluktuationen des Wasserspiegels – Eis – Wellenschlag – Regen – Wind – Vandalismus
Einbau		– benötigt Kontrollen der Materialeigenschaften – erfordert eine sorgfältige Verlegung – erfordert eine hohe Qualität bei der Behandlung der Fugen des Dichtungselementes sowie der Anschlüsse an Nebenanlagen (i. Allg. Betonbauwerke)
Unterhalt		– erfordert regelmässige Zustandsinspektionen – benötigt bei Bedarf Instandsetzungsarbeiten

Tabelle 2. Konstruktive und betriebstechnische Aspekte von Oberflächenabdichtungssystemen.

1.5 Die Oberflächendichtung

1.5.1 Allgemeines

Die Projektierung, die Wahl und die konstruktive Ausbildung des Abdichtungssystems erfordern spezielle Aufmerksamkeit. Ebenso wichtig ist die sorgfältige bauliche Ausführung einer auf der Oberfläche des Dammes angeordneten Verkleidung. Bei der Wahl einer Oberflächendichtung sind die Fragen des Unterhalts ebenso in Betracht zu ziehen wie die Erstellungskosten. Mitunter jährliche Eingriffe zu Reparaturzwecken können den normalen Betrieb stören und sich gelegentlich als recht kostspielig erweisen. Bei den Verkleidungssystemen gibt es verschiedene Typen, von denen einige nachstehend erwähnt seien:

- Asphaltbeton;
- Betonoberflächendichtung;
- Geomembrane;
- bituminöse Membrane;
- stabilisierter Boden.

Wir beschränken uns hier auf Oberflächendichtungen mit Asphalt, Geomembranen und Erdbeton. Die beiden anderen oben erwähnten Systeme kamen bisher in der Schweiz kaum (Betonoberflächendichtung) oder gar nicht (bituminöse Membranen) zur Anwendung. In der Tabelle 2 werden einige wichtige konstruktive Gesichtspunkte bei der Anwendung von Oberflächenabdichtungssystemen zusammengefasst.

1.5.2 Abdichtung mit Asphaltbeton (Bild 2)

Dieses Abdichtungssystem ist in der Schweiz stark verbreitet, vor allem (aber nicht nur) bei Ausgleichsbecken von Wasserkraftanlagen, wobei Dammhöhen von bis zu 40 m erstellt wurden. Wie die Erfahrung zeigt, kann dieses System auch in sehr grosser Höhe erfolgreich angewendet werden. Von Vorteil ist auch, dass Asphaltdichtungen gut bekannt und erprobt sind und ein gutes Langzeitverhalten aufweisen. Die Verkleidung wird auf eine Binderschicht aufgebracht, welche den Übergang zur Dammschüttung bildet. Zum Schutz der Dichtungsfläche vor Alterungsschäden wird oft eine oberflächliche Versiegelung aufgetragen. Ein besonderer Vorteil dieses Abdichtungssystems besteht darin, dass es für Kontrollen vollständig frei liegt und gegebenenfalls notwendige Unterhaltsarbeiten leicht durchzuführen sind. Auf Grund der Erfahrung können typischerweise Schäden, wie Schrammen oder Aufschlagbeulen, welche durch Steinschlag oder Eisblöcke erzeugt wurden, feine Risse und Blasen auftreten. Am häufigsten befinden sich die Alterungserscheinungen in der Wechselwasserzone.

1.5.3 Geomembranen (Bild 3)

Im Allgemeinen kommen Geomembranen eher für Stauanlagen kleinerer bis mittlerer Höhe von weniger als etwa 20 m zur Anwendung. Bei Geomembranen handelt es sich um Kunststoff-Dichtungsbahnen aus Polyvinylchlorid (PVC) oder Polyethylen (PE). Sie können in Verbindung mit ungewobenem Geotextil verlegt werden, was ihnen eine grössere Widerstandskraft gegen Schläge verleiht. Zudem dienen diese Geotextilien auch als Drainage. Geomembranen, welche auf Platz durch Imprägnieren mit einem Flüssigkunststoff oder durch Anstrich der Membrane erzeugt werden, kommen eher selten zur Anwendung. Die Alterung von Geomembranen hängt ab von der Wasserqualität, der Bestrahlung durch Sonne und UV-Strahlen, der Wärme und dem Frost. Aus der Literatur kann auf Erfahrungen mit diesem Abdichtungssystem in der Grössenordnung von 20 Jahren zurückgegriffen werden, wobei erste Anwendungen bereits etwa 40 Jahre zurückliegen.

Beim Einbau wird die Geomembrane auf eine Tragschicht, die auf einer Ausgleichsschicht liegt, aufgebracht. Oft wird die Geomembrane mit einer Steinschicht oder mit Betonelementen gegen Beschädigungen durch Steinschlag, Wellenangriff, Windsogkräfte oder Vandalismus geschützt.

Eine solche Schutzschicht hat allerdings den Nachteil, dass keine Zustandskontrollen der Membrane mehr durchgeführt werden können. Der Einbau einer Drainage ist daher sehr zu empfehlen. Wird auf eine Schutzschicht verzichtet, benötigt die Geomembrane ein Verankerungssystem, z.B. in Form eines Netzes.

Die Einwirkungen von Wind und Wellen können auf Dauer zu Ermüdungserscheinungen führen, was sich z.B. an der Welligkeit der Membrane zeigt (Bild 4).

Es gibt Fälle, wo sogar zum Schutz gegen die Sogwirkung des Windes ein ständiges Wasserpolster im Becken belassen werden muss.

1.5.4 Dichtung mit stabilisiertem Boden (Bild 5)

Die Technik der Bodenstabilisierung ist verbreitet im Strassenbau, bei Lager- und Parkplätzen sowie im Deponiebau. Sie hat nun auch im Bereich des Wasserbaus Eingang gefunden, insbesondere für Abdichtungen von Stauhaltungen. Es handelt sich dabei um die Anwendung einer Mischung aus vorhandenem Bodenmaterial mit Zement oder einem anderen Baustoff, wie Bentonit, Ton, Tonmineral oder organischem Mittel, welche zur Verbesserung der Bodeneigenschaften bezüglich Durchlässigkeit und Verarbeitbarkeit eingesetzt werden.

Auch bei diesem Abdichtungssystem sind Tragschicht, Drainage und Schutzschicht von Bedeutung. Unvermeidbar sind witterungsbedingte Schäden auf Böschungen wie beispielsweise Oberflächenrisse oder Erosionsrinnen. Deshalb kann auf lange Sicht wohl kaum ohne Schutzschicht ausgekommen werden.

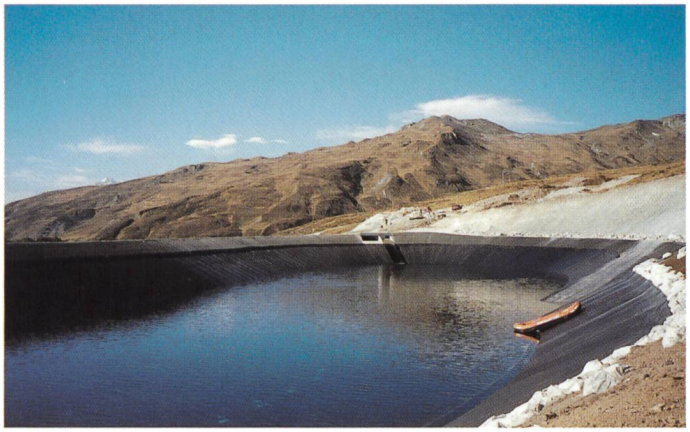

Bild 2. Abdichtung und Asphaltbeton. Speicherbecken Alp Dado GR während des Ersteinstaus. In Bildmitte sind das Einlaufbauwerk und die Hochwasserentlastung sichtbar. Rechts unten erscheint noch ein Stück der begrünten Beckenumrandung, welche den obersten, über dem Wasserspiegel liegenden Böschungsabschnitt bildet (Foto: R. Müller).

Bild 4. Abwärtsbewegung und Bildung von Falten bei einer Geomembrane infolge äusserer Einflüsse, wie Wind, Wellen, Schnee oder Eis (Foto: R. Müller).

Bild 3. Speicherbecken der Beschneiungsanlage am Lauberhorn BE. Abdichtung der wasserseitigen Böschung mit einer Geomembrane (Foto: A. Kobelt).

Bild 5. Abdichtung der wasserseitigen Dammböschung mit stabilisierter Bodenmischung beim Speicherbecken der Beschneiungsanlage am Othmarhang bei Saas Fee VS (Foto: A. Kobelt).

1.6 Überwachung und Unterhalt

Wie bereits erwähnt, sind auch Stauanlagen für Beschneiungsanlagen zu überwachen und zu unterhalten, wobei die folgenden Punkte zu beachten sind:

Bei der Stauanlage ist eine Wasserstandsanzeige einzurichten, z.B. in Form eines Pegels oder eines Manometers an der Auslauf- oder Grundablassleitung. Nach Möglichkeit ist die Anzeige mit einer Fernübertragung zur Kontroll- bzw. Leitstelle zu versehen.

Drainageausläufe sind möglichst zonenweise und messbar auszuführen. Abflussmessungen und Trübungsbeobachtungen des Drainagewassers sind dabei regelmässig durchzuführen (z.B. zweiwöchentlich oder monatlich).

Die Krone der Stauanlage sollte mit einer Reihe von Nivellementspunkten ausgerüstet werden, um die Setzungen mit wenigstens einmal pro Jahr durchzuführenden Messungen zu verfolgen.

Visuelle Kontrollen, welche das wesentlichste Überwachungselement bilden, sollten im Allgemeinen wöchentlich ausgeführt werden.

In einem Überwachungsreglement sind die Organisation, die auszuführenden Kontrollen, das Rapportwesen und das Vorgehen bei ausserordentlichen Ereignissen niederzulegen.

Über die Stauanlage ist eine Aktensammlung anzulegen, welche alle wichtigen Planunterlagen und Dokumente enthält und dauernd à jour zu halten ist.

1.7 Bepflanzung auf Dammböschungen

Die Krone und die Böschungen sind grundsätzlich frei von Bäumen und Sträuchern zu halten, weil sonst die visuellen Kontrollen des Dammzustandes und -verhaltens behindert oder verunmöglicht werden. Es ist wichtig, dass Deformationen des Dammkörpers, Feuchtstellen und Durchsickerungen rechtzeitig erkannt und als solche identifiziert werden können. Zu vermeiden ist, dass durch eine Bepflanzung gewisse Tiere angelockt werden, die durch den Bau ihrer Höhlen und Gänge gefährliche Sickerkanäle schaffen, oder dass durch Wurzelwachstum Drainagen verstopft, Abdichtungssysteme angegriffen oder unerwünschte Sickerwege erzeugt werden. Ungünstig wirken sich auch durch Windwurf entwurzelte Bäume aus, welche die Dammoberfläche gefährlich aufreissen können.

Die Dammoberflächen sollten höchstens mit Gras begrünt werden. Bei bedeutender Überdimensionierung des Dammprofils könnte allenfalls auch ein höherer Bewuchs im Bereich des luftseitigen Dammfusses zugelassen werden. Zur Pflege der Dammoberfläche sollte das wachsende Gras jährlich geschnitten werden, der Damm sollte jedoch nicht als Viehweide freigegeben werden.

Bild 6. Lawinenauffangdämme im Val Varuna GR. Der oberliegende Damm (in Bildmitte) von 220 m Länge und 50 m Höhe weist eine zentrale Durchlassöffnung und am rechten Widerlager eine tief eingeschnittene Hochwasserentlastung auf. Der unterliegende Damm (oben rechts) besteht aus zwei sich überlappenden Halbdämmen, um die der Bach offen herumgeführt wird (Foto: Hegland + Partner AG, Chur).

1.8 Überflutungskarte

Als Notfallvorbereitung ist die beim Bruch der Stauanlage überflutete Zone in einer Flutwellenkarte darzustellen.

2. Auffangdämme für Lawinen

In jüngerer Zeit wurden verschiedentlich Lawinenschutzdämme über Fliessgewässern so angelegt, dass Wasser oder Geschiebe und Schlamm als Folge von Murgängen aufgestaut werden können. Damit sind für solche Bauten die Bedingungen für die Unterstellung unter die Stauanlagenverordnung erfüllt. Im Allgemeinen werden diese Dämme in Lawinenzügen mit steilen Hängen, am Ausgang eines kleinen Tales oder auf einer Hangverflachung angelegt. Die lokalen geologischen Bedingungen sind selten besonders günstig. Das Gleiche gilt für die topografischen Verhältnisse, indem das Terrain oft ein starkes Gefälle aufweist. Auf Grund dieser Voraussetzungen kann meist nur ein Schüttdamm erstellt werden, umso mehr als normalerweise ausreichend geeignetes Material in unmittelbarer Nähe verfügbar ist. In den zumeist steilen und schlecht zugänglichen Zonen wird der Projektierende versuchen, den Umfang des Bauwerks und dessen Schüttvolumen so gering wie nur möglich zu halten, um eine wirtschaftliche Lösung zu erbringen. Allerdings ist es nötig, die Böschungen so zu gestalten, dass die einschlägigen Stabilitätskriterien erfüllt werden. Die oftmals sehr steilen bergseitigen Böschungen des Dammes müssen deshalb entsprechend befestigt werden. Beim Einbau ist eine wirkungsvolle Verdichtung des Schüttmaterials erforderlich; die blosse Überfahrt von Lastwagen, welche das Material heranbringen, ist dazu weitestgehend ungenügend.

Bei der Dimensionierung des Bauwerks wird als Grundlage eine dynamische Beanspruchung angenommen, welche von einer Lawine mit 300-jährlicher Wiederkehrperiode ausgeht. Der Damm muss diesem Stoss widerstehen können. Im Weiteren muss der Damm aber auch in der Lage sein, das sich dahinter aufstauende Wasser und Hochwasser sicher abzuleiten, was auf verschiedene Weise erfolgen kann. In erster Linie wird dazu ein Durchlass an der Basis des Dammes dienen, kann aber auch in Form eines Schlitzes an beliebig geeigneter Stelle im Damm erzeugt werden. Meist wird die Durchlassöffnung mit einem groben Rechen versehen, wodurch das Verstopfungsrisiko mit Holz und Geschiebe erhöht wird. Nebst einer erforderlichen Möglichkeit zur Entfernung dieser Materialien ist ein freier Überfallbereich vorzusehen, sodass bei Verstopfung die Zuflüsse und Hochwasser, ohne die Dammkrone zu überströmen, abgeleitet werden können. Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang auf die Möglichkeit, das Bauwerk in Form von zwei gegeneinander versetzten und sich leicht überlappenden Halbdämmen anzuordnen, womit man jeglichen Aufstau vermeiden kann. Das ausreichend breite Gewässer wird dabei in einer S-Kurve (und erst noch offen und nicht eingedeckt) um diese Dämme herumgeführt, wie das Beispiel des unteren Dammes im Val Varuna GR zeigt (Bild 6).

Adresse der Verfasser
Henri Pougatsch, Rudolf W. Müller, Bundesamt für Wasser und Geologie, Sektion Talsperren, Ländtestrasse 20, CH-2501 Biel/Bienne.

Überarbeiteter Vortrag, gehalten von H. Pougatsch an der Fachtagung des Schweizerischen Talsperrenkomitees vom 15. Juni 2000 in Poschiavo.