

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 27 (1935)
Heft: 2

Artikel: Einwirken des Eises bei Talsperranlagen
Autor: Härry, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-922294>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

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

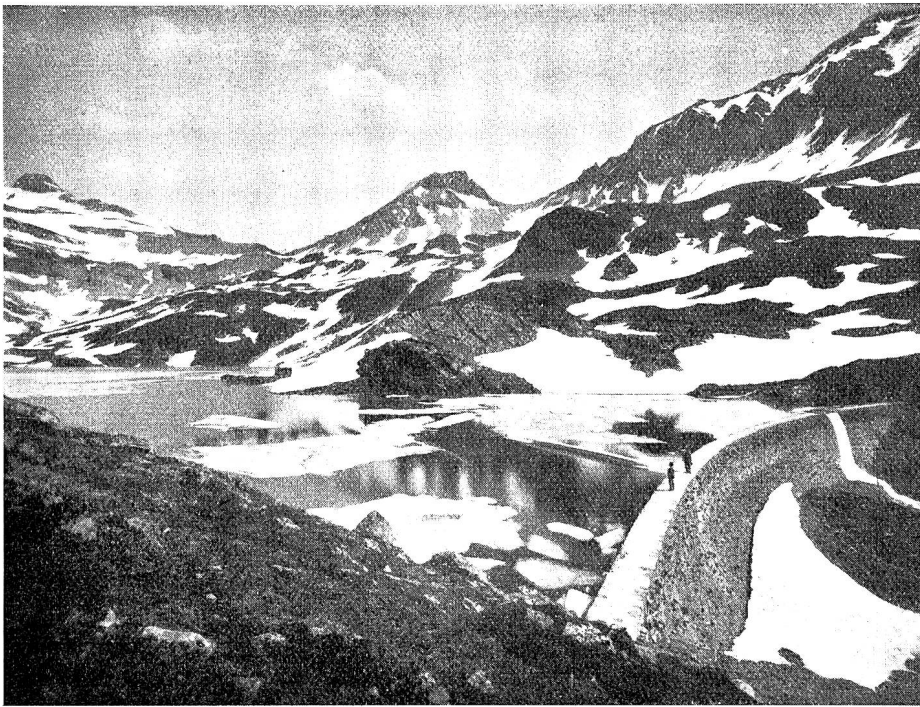


Abb. 11 **Lac de Fully** am 23. Juli 1926
Zum Aufsatz: Einwirken des Eises bei
Talsperranlagen.

Lac de Fully au 25 Juillet 1926
Se réf. au rapport: Action de la glace
sur les barrages-réservoirs.

Einwirken des Eises bei Talsperranlagen

von Dipl.-Ing. A. H ä r r y, Sekretär des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, Zürich.

Ursprünglich war geplant, anlässlich des Kongresses der «Union Internationale des Producteurs et Distributeurs» 1934 in der Schweiz einen generellen Bericht über die Schutzmassnahmen gegen Eiswirkungen an Wasserkraftwerken herauszugeben. Es hat sich aber bald gezeigt, dass ein solcher Bericht, wenn er brauchbar sein soll, umfangreiche und langwierige Erhebungen benötigt, zu denen die Zeit nicht ausreichte. Der Verfasser hat daher das Thema auf die Behandlung der Eisfrage bei Talsperren, also in ruhigem Wasser beschränkt. Aus dem gleichen Grund fallen bei dieser Darstellung alle Einwirkungen des Eises auf die Ableitungsorgane, Ueberfälle, Rechen, Reguliereinrichtungen, Druckleitungen usw., also solche Einwirkungen, die sich auf den Betrieb der Staubecken beziehen, ausser Betracht.

Infolge Raumangels ist eine vollständige Wiedergabe des mit Tabellen und Illustrationen versehenen Originalberichtes¹ hier unmöglich. Ich beschränke mich hier auf eine Wiedergabe des wesentlichen Inhaltes:

I. Allgemeines.

Die Eisbildung in stehenden Gewässern erfolgt nach einfacheren Gesetzen als in fliessenden Ge-

wässern und demgemäss kommen auch einfachere Probleme in Frage. In stehenden Gewässern beginnt die Eisbildung bei 0 Grad C an der Oberfläche. Da das Wasser bei einer Temperatur von 4 Grad C am schwersten ist, bleibt Wasser von tieferer Temperatur an der Oberfläche, die Wasserteilchen ändern also ihre Lage nicht mehr. Je nach den Witterungsverhältnissen gestaltet sich die Struktur der Eisdecke im weiteren Verlaufe der Eisbildung. Meist wird die zuerst gebildete Eisdecke überschneit, der Schnee gefriert, taut oft wieder auf und das gebildete Wasser gefriert wieder, sodass sich aus diesem Wechselspiel geschichtetes Eis bildet, das in den meisten Fällen angetroffen wird. Diese Tatsache ist von einiger Bedeutung für die Beurteilung der Frage des Eisschubes. Beim Schmelzen des Eises macht man die Wahrnehmung, dass die Eisdecke bei steigender mittlerer Lufttemperatur noch weiter anwächst, um dann sehr rasch abzunehmen. Die in einem Staubecken gebildete Eisschicht kann in mehrfacher Hinsicht von Bedeutung für die Bauwerke und den Betrieb sein. Sie kann Wirkungen ausüben auf die Staumauer oder Stauwand, indem sie diese Bauteile belastet, sie kann ferner Wirkungen ausüben auf den wasserseitigen Belag der Staumauer oder Stauwand, indem sie diesen verletzt, sie kann Wirkungen ausüben auf Bauteile, die sich im Stauraum befinden, indem diese durch die Bewegung der Eisdecke beschädigt werden können und sie kann schliesslich einen Einfluss ausüben

¹ Ing. A. H ä r r y: Action de la glace sur les Barrages-Réservoirs. Rapport No. I/6 du cinquième congrès de l'Union internationale des producteurs et distributeurs d'énergie électrique. Zürich-Lausanne. Août-Septembre 1934. Paris, rue de la Baume 26, 1935.

auf die Umgrenzung des Stauraumes, indem die Ufer, natürlich oder verkleidet, beim Absenken beschädigt werden können. Während des Betriebes besteht die Möglichkeit, dass Eisstücke über die Ueberfälle getrieben werden oder dass Eis sich an den Entnahmeanlagen, Rechen usw. festsetzt.

Ich behandle im folgenden die einzelnen Punkte in ihrer Reihenfolge:

II. Der Eisschub.

Unter Eisschub versteht man die horizontal wirkende Schubkraft des Eises auf die Staumauer oder Stauwand, wenn sich die Eisdecke ausdehnt. Er kann nach Kelen dadurch berücksichtigt werden, dass man im Wasserspiegel eine wagrechte Kraft P angreifen lässt, deren Moment in h m Tiefe unter dem Wasserspiegel $P \cdot h$ beträgt und die an der Wasserseite Zug-, an der Talseite Druckspannungen hervorruft. Er gibt auf Seite 35 seines neueren Buches das Beispiel einer Berechnung, die zur Folge hat, dass, um Zugspannungen zu vermeiden, der obere Teil des Profils von der Dreieckform abweichen muss. Kelen gibt als Grössen des berechneten Eisdruckes bei ausgeführten Staumauern die Beträge von 10 t bis 77 t pro Meter an. Er teilt ferner mit, dass die statische Wirkung des Eisdruckes bei den meisten Talsperren nicht berücksichtigt wurde; es sind trotzdem keine Einstürze, Rissbildung usw. bekannt geworden, die auf einen Eisdruck zurückgeführt werden könnten.

Die Frage des Eisschubes ist schon früher von verschiedenen Fachleuten behandelt worden. Der Originalbericht enthält die Auffassungen von Prof. K. E. Hilgard in Zürich, Prof. Meyer-Peter in Zürich, Dr. O. Vas in Wien und Dr. W. Vieser, Wien. Während Hilgard die Auffassung vertritt, dass in jedem einzelnen Falle Erwägungen unerlässlich seien, ob eine solche Eisschubwirkung und im bejahenden Falle, in welchem Masse diese in Berücksichtigung zu ziehen sei, legen die anderen genannten Autoren dieser Frage eine untergeordnete Bedeutung bei.

In der neueren und neuesten Zeit haben sich italienische Ingenieure der grösseren Elektrizitätsgesellschaften eingehend mit der Frage der Sicherung der Wasserkraftanlagen bei starkem Frost beschäftigt.

Die Fragen kamen zur Sprache in der ständigen Kommission der «UNFIEL» mit einem Generalbericht des Ingenieurs Taccani. Dieser und die Aussprache sind in der «Energia Elettrica» publiziert. F. Tölke hat darüber im «Bauingenieur» referiert.²

² Tölke F. Verhalten von Stauanlagen usw. Der Bauingenieur, 1933, Seite 300.

Taccani hat sich auch mit der Frage des Eisdruckes befasst. Die italienischen Vorschriften verlangen die Berücksichtigung eines Eisdruckes von 25 Tonnen pro m². Die hierbei einzusetzende Eisdicke soll halb so gross sein wie die wirklich vorhandene, die Konzession wird aber meist nur erteilt, wenn mindestens 80 cm Stärke bei der Berechnung berücksichtigt werden. Diesen offensichtlich übertriebenen Vorschriften wird folgendes entgegengehalten:

«1. Selbst bei den höchsten Stauanlagen (etwa 2700 m ü. M.) sind die von den Behörden angenommenen grossen Eisdicken von 80 cm niemals in Erscheinung getreten. Nur ein kleiner Teil von etwa 30 bis 40 cm Dicke besteht aus dichtem Eis. Im übrigen hat man es mit gefrorenem Schnee zu tun, der bald nadelförmig, bald porös und brüchig ist und praktisch keine Widerstandsfähigkeit besitzt.

2. Eine ganz geringe Wasserspiegelschwenkung oft nur von wenigen cm genügt, um die Eisfläche zum Einbersten zu bringen, womit jede Möglichkeit des Eisdruckes aufhört.

3. Wenn namhafte Eisdrücke auf die Staumauer übertragen werden sollen, so muss die Eisdecke knicksicher sein. Entsprechende theoretische Untersuchungen haben ergeben, dass zum Beispiel bei 80 cm Eisdicke und 200 m Knicklänge höchstens ein Eisdruck von 0,61 t/lm gegenüber einem behördlich für die Berechnung verlangten von 20 t/lm in Erscheinung treten kann.

4. Das Eis haftet selten vollständig an der Staumauer und vornehmlich nur mit den Oberflächenschichten.

5. Viele Hochdruckanlagen stellen Spitzenkraftwerke dar, die vornehmlich im Winter beansprucht werden. Das Absenken beginnt gewöhnlich im Spätherbst, sodass, wenn im Februar die grössten Eisstärken in Erscheinung treten, ein eventueller Eisdruck spielend aufgenommen werden kann.»

Die Kommission beschloss, an den bestehenden alpinen Anlagen ausgedehnte Untersuchungen vorzunehmen, nachdem vorher eine Sammlung aller bisherigen Beobachtungen und Erfahrungen erfolgt ist.

Dieses Vorgehen der italienischen Kollegen ist sehr verdankenswert und sei zur Nachahmung in andern Ländern empfohlen.

III. Vorschriften über die Berücksichtigung der Eisbildung bei Talsperren.

Deutsche Vorschriften vom 22. Mai 1933.

Sonderbedingungen bei Gewichtsstauanlagen.

Art. 36. **A n g r e i f e n d e K r ä f t e.** Der Druck des Eises auf die Mauer bei vollem Becken ist durch geeignete Betriebsmassnahmen, zum Beispiel durch Absenken des Wasserstandes oder Aufhacken der Eisdecke unschädlich zu machen, oder, falls dies nicht möglich ist, bei der statischen Berechnung zu berücksichtigen.

S o n d e r b e d i n g u n g e n f ü r G e w ö l b e - s t a u m a u e r n.

Art. 84. **Angreifende Kräfte.** Der Eisdruck kann wie bei Gewichtsstau mauern durch geeignete Betriebsmassnahmen unschädlich gemacht werden.

S o n d e r b e d i n g u n g e n f ü r P f e i l e r - s t a u m a u e r n.

Art. 104. **Angreifende Kräfte auf Stauwand und Pfeiler.** Eigengewicht, äusserer Wasserdruck und Eisdruck sind nach den Vorschriften des Art. 84 einzusetzen, jedoch ist bei der Berechnung schräg stehender Stauwände die Komponente des Eigengewichts senkrecht zur Stauwand zu berücksichtigen.

I t a l i e n i s c h e V o r s c h r i f t e n
vom 1. Oktober 1931.

Bei Stau mauern im Hochgebirge, wo mit Eisbildung zu rechnen ist, muss ein Eisdruck, angenommen in der Höhe des Ueberfalls, in die Berechnung eingeführt werden, dessen Wert mit 2,5 t l/m für jede 10 cm Eisstärke einzusetzen ist.

Falls die Eisschicht weniger als 20 cm beträgt, kann der Eisdruck ausser acht gelassen werden.

F r a n z ö s i s c h e V o r s c h r i f t e n
vom 11. Oktober 1923.

Der Eisdruck ist zu berücksichtigen, wenn die äusseren Verhältnisse dies erfordern.

IV. Beobachtungen an schweizerischen und italienischen Stauseen.

1. E i s s c h u b.

Messungen über den Druck des Eises auf die Stau mauer sind in der Schweiz bisher nicht durchgeführt worden.

Die Ueberzeugung besteht allgemein, dass der Eisdruck auf die Stau mauern oder Wehre nur unbedeutend sein kann. Es wurde daher in den meisten Fällen bei der Projektierung der Anlagen beziehungsweise bei der statischen Berechnung der Mauern kein Eisdruck zu Grunde gelegt. Der Originalbericht beschreibt im einzelnen die Massnahmen, die bei der Barberine-Stau mauer, bei der Stau mauer von Fully, den Berninaseen, Illsee und der Stau mauer Wäggitäl getroffen worden sind und berichtet über Beobachtungen über den Eisdruck an einzelnen dieser Objekte.

Nach Mitteilungen von Ing. Luigi Casparoni, Ver-

waltungsratsdelegierter der «Dinamo» Società Italiana Imprese Elettriche, Milano, ist die vom Kongress der «Unfiel» vom Jahre 1932 ins Leben gerufene Kommission gegenwärtig mit systematischen Beobachtungen über das Verhalten des Eises an Talsperren beschäftigt, insbesondere mit der Frage des Eisdruckes auf den Staukörper, um vor allem nachzuprüfen, ob die italienischen Vorschriften gerechtfertigt sind.

Es sind einige Talsperren ausgewählt worden, an denen Messungen und Beobachtungen über die Eisstärke und über die Eisbildung in verschiedenen Punkten des Stausees, über Temperaturverteilung in der Eisdecke als Funktion der Luft- und Wassertemperatur usw. ausgeführt werden. Bei einer Talsperre (Acciaierie e Ferrerie Lombarde) sind Anordnungen getroffen, die die Art und Grösse des Eisdruckes feststellen sollen, aber es handelt sich vorläufig nur um einen Versuch, der für zukünftige Messungen als Unterlage dienen soll.

Ueber die Ergebnisse der Messungen wird Prof. De Marchi zu gegebener Zeit an zuständigen Fachkongressen Mitteilungen machen.

2. A n f r i e r e n d e r E i s d e c k e a n d i e S t a u m a u e r.

An den meisten Staubecken, zum Beispiel Illsee, Mühleberg, Hagneck, Barberine, Ritom, Pfaffensprung, Davosersee, ist das Anfrieren der Eisdecke an die Stau mauer beobachtet worden, an anderen wurde dies nicht konstatiert, zum Beispiel Garichte, Wäggitäl, Grimselsee, Gelmersee und Montsalvens.

Von den Berninaseen, Pfaffensprung, Illsee und Lago di Chironico liegen besondere Beobachtungen vor. Die Eisdecke fror mit dem Mauerwerk fest, und beim Absenken blieb dann diese an der Mauer festhaftend stehen. Beim Ablösen bleiben dann oft Teile des Verputzes an der Eisdecke haften.

3. D i c k e d e r E i s d e c k e.

Ueber diese wichtige Frage liegen von beinahe allen Stauseen Angaben vor, die sich nicht nur zur Dicke der Eisdecke selbst, sondern auch zu ihrer Zusammensetzung äussern.

Uebereinstimmend wird festgestellt, dass die Dicke der Eisdecke von der Wassertiefe abhängig ist, sie nimmt mit ihr ab.

Die Dicke des kompakten Eises übersteigt auch bei den höchstgelegenen Staubecken nicht das Mass von 70 cm. In fast allen Antworten werden verschiedene Schichten festgestellt, die aus kompaktem Eis, Sulz, Wasser bestehen.

Beobachtungen liegen auch vor über die zeitliche Bildung des Eises und über die Temperatur des Wassers in verschiedenen Tiefen während der Eis-

bedeckung, sowie über Beziehungen zwischen Eisstärken, Wasser- und Lufttemperaturen.

4. Verhalten der Eisdecke beim Absenken.

Uebereinstimmend wird festgestellt, dass beim Absenken des Wasserspiegels sich im allgemeinen auch die Eisdecke senkt und an der Berührungslinie mit dem Ufer und der Staumauer abbricht. Die Eisstücke lagern sich dann in grösseren und kleineren Blöcken je nach Uferneigung am Ufer. Die Eisdecke erhält einzelne feine Risse, verliert im übrigen jedoch nichts von ihrer Tragfähigkeit.

5. Wirkung des Eises auf freistehende Bauwerke.

Im allgemeinen ist eine Einwirkung von Eis auf freistehende Bauwerke nur in wenigen Fällen festgestellt worden, wohl deshalb, weil solche Bauteile nur in geringem Umfange vorhanden sind. Im Originalbericht sind die beobachteten Fälle beschrieben. (Garrichte, Illsee, Anlagen der BKW, Davosersee, Laghetto di Chironico.)

6. Gewinnung von Eis.

Die Gewinnung von Eis in Staubecken findet in der Schweiz nur in sehr geringem Umfange statt. Meist ist ein Absatzgebiet in erreichbarer Nähe nicht vorhanden. Ferner macht die künstliche Eisbereitung für Industrie und Haushalt starke Fortschritte. Nur am Davosersee wird noch Eis gewonnen. Es wird wie früher mit der Handsäge in Blöcke gesägt und mit Pferdefuhrwerken über die Eisdecke abtransportiert. Der Umfang der Ausbeutung hat aber aus den oben genannten Gründen stark abgenommen.

7. Ergebnisse.

1. Ueber den Eisschub gegen Talsperren sind bisher keine Messungen angestellt worden, in Italien sind solche im Gang. Die vorwiegende Ansicht geht dahin, dass dem Eisschub keine besondere Bedeutung beigemessen werden muss. Die Erhebungen in der Schweiz bestätigen diese Ansicht. Von Bedeutung ist die Tatsache, dass kompaktes Eis nur eine begrenzte Dicke erreicht und die Eisdecke sich aus verschiedenen Schichten zusammensetzt.

Die Eisbildung in Staubecken erfolgt immer im Winter, also in Zeiten geringeren Wasserzuflusses, wo dem Becken Wasser entnommen wird. Wenn die Eisdecke eine gewisse Dicke erreicht hat, ist der Wasserspiegel auf eine unschädliche Höhe gesunken.

2. An den meisten schweizerischen Staubecken ist das Anfrieren der Eisdecke an die Staumauer festgestellt worden.

3. Die Eisdecke in Staubecken ist in den meisten Fällen aus verschiedenen wechselnden Schichten

von kompaktem Eis, Sulz und Wasser zusammengesetzt. Die Dicke des kompakten Eises übersteigt auch in den höchsten Lagen nicht den Betrag von 70 cm.

4. Beim Absenken des Wasserspiegels senkt sich auch die Eisdecke, sie bricht im allgemeinen an der Berührungslinie mit dem Ufer und der Staumauer in Stücke. In gewissen Fällen bleibt die Eisdecke in einer beschränkten Breite an der Staumauer haften. Es kommt vor, dass Eisblöcke gegen die Mauer geschleudert werden.

5. Eine Beschädigung von freistehenden Bauwerken im Stausee ist in mehreren Fällen festgestellt worden. Es ist möglich, sich dagegen durch entsprechende Massnahmen zu schützen.

6. Die Eisgewinnung in Staubecken kommt nur in ganz seltenen Fällen vor und verliert immer mehr an Bedeutung.

Action de la glace sur les barrages-réservoirs

L'auteur étudie dans un rapport, présenté au 5^e Congrès de l'Union internationale des producteurs et distributeurs d'énergie électrique, à Zurich, les mesures propres à protéger ces ouvrages contre les effets de la glace.

Sous les divers effets du soleil et du froid, de l'eau et de la neige, il se forme généralement à la surface du lac de la glace stratifiée, qui occasionne des pressions sur la paroi amont du barrage, des détériorations au revêtement ou aux berges, ou aux déversoirs.

La poussée de la glace sur le barrage peut selon Kelen s'élever jusqu'à 10 à 77 tonnes par mètre de crête. On n'a cependant, en général, pas tenu compte de cet effort dans le calcul des barrages et l'on n'a pas encore enregistré d'écoulements ou de fissures dus à cette poussée. On ne connaît pas encore la nature précise de ce phénomène dont les auteurs donnent diverses explications. Certains d'entre eux estiment qu'on peut négliger ces efforts et se basent pour cela sur des considérations pratiques et théoriques.

L'auteur cite ensuite les prescriptions allemandes, italiennes et françaises pour ces calculs. Puis il mentionne quelques observations faites sur des barrages suisses. On n'a fait aucune mesure des efforts, mais on n'a nulle part observé d'effets qui pourraient être dus à ceux-ci.

Dans certains lacs, on a constaté l'adhérence de la glace au mur du barrage, alors que ce ne fut pas le cas dans d'autres. On a observé la formation de corniches de glaces, aux lacs d'Ill et de Pfaffensprung, adhérant au mur, lorsque le niveau baisse.

L'épaisseur de la glace compacte varie suivant plusieurs facteurs, mais ne dépasse pas 70 cm, même aux plus hautes altitudes. Il se forme de couches de glace compacte, de neige mouillée et d'eau.

Lors de la baisse du niveau du lac, la couche de glace s'abaisse également et se brise à la ligne de contact des berges et du barrage.

Dans plusieurs cas, on a constaté des détériorations de constructions accessoires des bassins d'accumulation, ce qui peut d'ailleurs être évité.

L'auteur conclut que l'opinion générale est qu'il n'y a pas lieu d'attacher une trop grande importance aux effets de la glace sur les barrages.