

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 87 (1995)
Heft: 11-12

Artikel: Ankerungen bei Staumauerwiderlagern
Autor: Ammann, Eduard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940444>

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: 04.04.2025

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

Ankerungen bei Staumauerwiderlagern

Eduard Ammann

1. Einleitung

Wenn Anker bei Staumauerwiderlagern eingesetzt werden, müssen sie in der Regel eine der folgenden Aufgaben übernehmen:

- die Stabilität der Felsflanken verbessern
- den Aushub der Widerlager sichern
- die Tragfähigkeit der Felswiderlager erhöhen

Auf diese Anwendungsarten wird in der Folge etwas näher eingegangen. Andere Anwendungen wie die Fixierung künstlicher Widerlager, die Erhöhung der Kippstabilität oder Staumauererhöhungen werden hingegen nicht behandelt.

Neben einigen allgemeinen Erläuterungen zu den Felsankern sollen folgende Punkte angesprochen werden:

- Welche Anker werden für welche Aufgabe eingesetzt?
- Wie können Verankerungen ausgelegt werden?
- Auf was ist bei Projektierung und Ausführung zu achten?
- Welche Probleme können längerfristig auftreten?
- Wie soll man Verankerungen überwachen?
- Wie können sie saniert werden?

2. Ankertypen

Da eine Vielzahl unterschiedlicher Bezeichnungen für ein und denselben Ankertyp gebräuchlich sind, sollen vorgängig die in der Folge verwendeten Bezeichnungen erläutert werden:

Generell unterscheidet man zwischen Felsnägeln und Felsankern.

Felsnägel sind einfache, schlaife oder angespannte Stabanker, wie sie von jeder Bauunternehmung ausgeführt werden. Sie sind meistens aus gewöhnlichem Rippen- oder Gewindestahl und selten mehr als 4 m lang (Bohrgerät, Stabgewicht).

Felsanker sind vorgespannte Anker, die spezielle Vorkehrungen beim Einbau und besondere Einrichtungen zum Injizieren und Spannen verlangen. Sie können nur von spezialisierten Unternehmungen ausgeführt werden und sind in der Regel aus hochwertigen Spezialstählen.

Innerhalb der Felsnägel unterscheidet man zwischen Sprezhülsenankern, Kunstharzklebeankern und Zementmörtelankern (Bild 1).

Sprezhülsenanker werden mechanisch im Bohrloch verkeilt, was eine gute Felsqualität und ein minimales Anspannen bedingt. Da diese Anker sofort halten, und zwar auch in nassen Bohrlöchern, werden sie vorwiegend für Sicherungsarbeiten im Tunnelbau eingesetzt.

Kunstharzklebeanker werden mit Klebepatronen im Bohrloch fixiert. Sie sind teurer als Sprezhülsenanker und verlangen einen sorgfältigeren Einbau. Dafür können sie auch in weichem und klüftigem Gebirge eingesetzt werden. Sie tragen ebenfalls sehr schnell (30 s) und können schlaff oder angespannt ausgeführt werden.

Zementmörtelanker werden in vollständig mit steifplastischem Zementmörtel verfüllte Bohrlöcher eingetrieben. Sie halten auch in schlechtem Fels und in nassen Bohrlöchern, sind aber nicht sofort wirksam. Belastet werden sie als schlaife Verbundanker erst durch die Gebirgsdeformationen.

Seit gut zehn Jahren gibt es auch Felsnägel mit Stäben aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Sie sind korrosionsbeständig, aber teuer. Ausserdem ist ihr Langzeitverhalten (z. B. Versprödung) noch weitgehend unbekannt.

Ebenfalls neueren Datums sind die sogenannten **Reibungsanker**. Das sind geschlitzte oder verformte Rohre, die ins Bohrloch eingerammt bzw. mit Wasserdruck aufgeweitet werden, wodurch ein sofortiger Verbund auf der ganzen Ankerlänge erreicht wird.

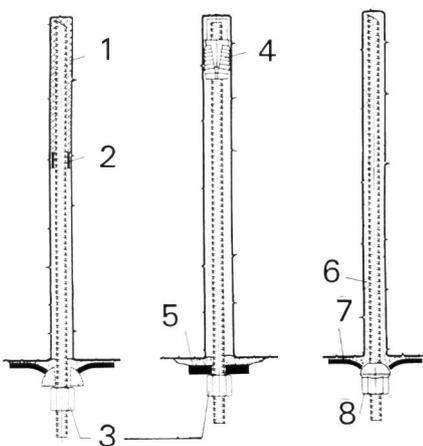
Bei den Felsankern unterscheidet man zwischen Stabankern und Litzenankern (Bild 2).

Stabanker bestehen aus einem hochwertigen Stahlstab, der mit Distanzhaltern versehen ist und ins leere Bohrloch versetzt wird. Anschliessend wird das Bohrloch durch einen Injektionsschlauch mit Zementmörtel verfüllt. Der hintere Teil des Ankers kommt dank einer Schutzhülle nicht direkt mit dem Mörtel in Kontakt und bleibt frei beweglich.

Litzenanker haben ein Zugglied, das aus einzelnen Stahl-litzen aufgebaut ist. Für lange und schwere Anker bilden sie den Normalfall, da entsprechende Stabanker nicht mehr gehandhabt werden können.

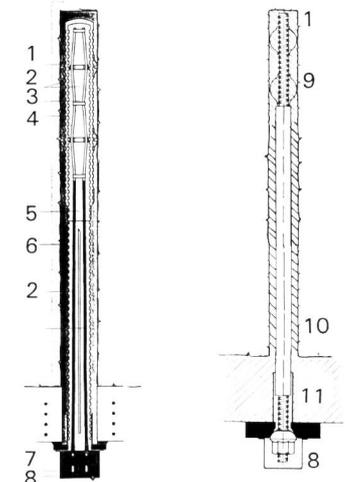
3. Stabilisierung der Felsflanken

Stabilisierungsmassnahmen werden mit Felsnägeln, meist in Kombination mit Netzen und Spritzbeton, ausgeführt (Bilder 3 und 4). Sie sollen verhindern, dass der Felsver-



Sprezhülsenanker
Kunstharzklebeanker Zementmörtelanker

Bild 1, links. Felsnägeltypen.
1 Kunstharzmörtel, 2 Absperrstück, 3 Sechskantmutter, 4 Sprezhülse, 5 Ankerplatte, 6 Zementmörtel, 7 Kalottenplatte, 8 Sechskantzahnmutter.



Litzenanker Stabanker

Bild 2, rechts. Felsankertypen.
1 Distanzhalter, 2 Litzen, 3 Distanzhalter der Litzen, 4 Hüllrohr, 5 Inninjektion, 6 Aussinjektion, 7 Fett, 8 Kappe, 9 Zementmörtel, 10 Hüllrohr glatt, 11 Stahlrohr.



Bild 3. Geschieberückhaltesperre Palanggenbach. Aushub rechtes Widerlager mit Stabilisierungsmassnahmen über der künftigen Kronenkote.



Bild 4. Geschieberückhaltesperre Palanggenbach. Ansicht von der Talseite. Am linken Bildrand ist die stabilisierte Felsflanke.

band sich infolge von Witterungseinflüssen (Gefrieren, Kluftwasser usw.) allmählich auflockert und zerstört wird.

Der systematische Einbau von Stahlstäben verbessert die mechanischen Eigenschaften des Gebirges, ähnlich wie beim Eisenbeton. Dabei wird hauptsächlich die Schubfestigkeit in den Trennflächen erhöht und die Verkeilung der Blöcke verstärkt. Daneben wird auch das Herunterfallen von losen Teilen verhindert.

Vernagelungen dieser Art werden im Untertagebau schon seit mehr als 75 Jahren angewendet. Erste Beschreibungen von Hohlraumsicherungen in einer polnischen Mine stammen von 1918.

Für allgemeine Stabilisierungsarbeiten werden bei uns *schlafte Zementmörtelanker* verwendet. Sie verfügen über Sicherheitsreserven gegen kombinierte Beanspruchung durch Zug- und Scherkräfte und zeigen ein gutes Langzeitverhalten.

Die Auslegung einer Systemverankerung erfolgt normalerweise aufgrund der Erfahrung. Die wenigen Rechenmodelle, die es gibt, gelten nur für ganz spezielle Fälle und können selten praktisch angewendet werden. Für den Untertagebau gibt es verschiedene Tabellen und Diagramme, mit welchen Ankerabstand (Bild 5) und Ankerlänge bestimmt werden können. Als Ausgangsparameter dienen dabei die Felsklasse (z. B. nach *Bieniawski* oder *Laubscher*) oder eine Felskennzahl (z. B. der *Q*-Index).

Bei der Ausführung der Zementmörtelanker sind folgende Punkte zu beachten:

- Das Bohrloch muss gerade, standfest und sauber sein.
- Der Ankerstab soll vollständig umhüllt werden, d. h., dass das Bohrloch komplett mit Zementmörtel verfüllt werden muss. Für das Verfüllen schwach geneigter und steigender Bohrlöcher ist ein geeignetes Hilfsmittel (Patrone, Perforrohr, Injektionsschlauch) zu verwenden. Bei starker Wasserzirkulation und weit offenen Klüften (Gefahr von Mörtelverlusten) sowie in stahl- oder betonaggressiver Umgebung ist besondere Vorsicht angebracht.
- Die Ankerstäbe sollen sauber und fettfrei sein.
- Für Stabilisierungen müssen die Anker mit Kopfplatten versehen werden.

Problematisch für das *Langzeitverhalten* ist in erster Linie die Korrosion. Damit Oberflächenkorrosion oder Lochfrass auftreten, braucht es:

- einen Potentialunterschied an der Stahloberfläche, d. h. eine Anode und eine Kathode,
- einen Elektrolyten, d. h. eine elektrisch leitende Flüssigkeit, die den Ionentransport erlaubt,
- Sauerstoff.

Korrosionsschutzmassnahmen sollen deshalb die Bildung eines Elektrolyten verhindern und die Sauerstoffzufuhr unterbinden. Eine einwandfreie Zementmörtelumhüllung lässt weder Wasser noch Sauerstoff an den Stahl. Ausserdem verursacht sie durch den hohen pH-Wert eine elektrisch passive Stahloberfläche, so dass auch bei einem Potentialunterschied keine Korrosion auftritt.

Die Wirklichkeit sieht leider etwas anders aus; so zeigen die Prüfungen, welche in Schweden und Kanada seit 30 Jahren mittels Reflexionsmessungen, Ausziehversuchen sowie durch Überbohren und Ausbauen durchgeführt werden, bei 60 bis 70 % der Zementmörtelanker eine mangelhafte Einbettung des Stahls und entsprechende Roststellen. Bei den Kunstharzklebeankern sind die Verhältnisse nicht besser, der Rostangriff ist sogar eher stärker.

Trotzdem sind bei den kontrollierten Bauwerken bisher keine Schäden aufgetreten, und auch sonst ist kaum je vom Versagen einer Vernagelung zu hören. Das mag einer-

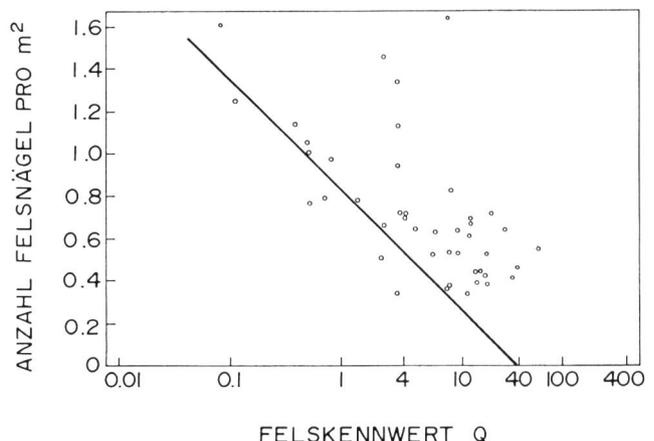


Bild 5. Diagramm zur Bestimmung der Ankerdichte (aus *Rock Bolting Practical Guide* von *Pierre Choquet*, basierend auf in kanadischen Minen ausgeführten Ankerungen (○); Norwegian Technical Institute).

seits daran liegen, dass der Ausfall einiger Felsnägel lediglich den Auflösungsprozess der Felsböschung beschleunigt und den Absturz einzelner Teile fördert, aber keine Rutschung verursacht. Andererseits sind die Anker einer systematischen Vernagelung nie vollständig ausgenützt und verfügen über beachtliche Tragreserven.

Talsperren werden durch das Versagen von Stabilisierungsankern nicht direkt gefährdet. Schlimmstenfalls wird die Aufstandsfläche freigelegt, so dass sie durch Reprofilieren des Widerlagers neu geschützt werden muss.

Die *Überwachung* von Bauwerken, bei welchen die Verankerungskräfte den aus dem Fels entstehenden Kräften entgegenwirken, erfolgt am besten anhand der Deformationen. Falls der Fels mit Spritzbeton verkleidet ist, sind visuelle Kontrollen (Risse) meistens ausreichend. Nur bei kritischen Fällen wird man zusätzlich Siegel, Rissmessungen und geodätische Messungen einsetzen.

Sichtbare Ankerplatten und -köpfe sollten periodisch auf Lockerung, Deformationen und Rostschäden untersucht werden.

Ausziehversuche bzw. Überbohren und Ausbauen von Ankern sind mit entsprechendem Aufwand jederzeit möglich, aber nur beim Auftreten ernsthafter Probleme angebracht. Die Beurteilung aufgrund von Reflexionsmessungen mit dem Boltometer ist nur unter gewissen Bedingungen möglich und ist bei uns nicht gebräuchlich.

Sanierungen von Felsnägeln sind nur sehr beschränkt möglich. Wohl lassen sich verbogene, lose und rostige Ankerplatten auswechseln, wobei auch eine Komplettierung der Zementverfüllung möglich ist. Andere Massnahmen gibt es aber nicht. Zusätzliche Anker hingegen können meistens problemlos eingebaut werden.

4. Aushubsicherung

Für die Sicherung des Aushubs werden sowohl Felsnägel als auch Felsanker eingesetzt. Ziel ist die Erhöhung der Gleitsicherheit der Flanken (wegen Sprengerschütterungen und Arbeitssicherheit) oder die Fixierung absturzgefährdeter, hängender Felspakete. Dazu kann man die Schubfestigkeit in den Gleitfugen durch schlaffe Felsnägel erhöhen, die Reibungskraft auf den Gleitflächen durch Vorspannanker (zusätzliche Normalkräfte) verstärken oder die absturzgefährdeten Felsteile mit Zugankern direkt anheften.

Aushubsicherungen (Bilder 6 und 7) haben meistens eine temporäre Funktion. Mit dem Erstellen des Bauwerkes werden die hängenden Felspakete gestützt bzw. ihre Gleitsicherheit darf wieder auf den natürlichen, kleinen Sicherheitsfaktor zurückfallen. Richtige Anwendung vorausgesetzt, können *alle Felsnägel- und Ankertypen* für diese Aufgabe eingesetzt werden. Aufgrund der einfachen Handhabung, der erwähnten Sicherheitsreserven und der langfristigen Stabilisierung sollte man schlaffe Zementmörtelanker bevorzugen.

Die *Auslegung* einer Aushubsicherung ist theoretisch kein Problem. Mit einer Kräfteanalyse kann man die fehlende Rückhaltekraft (Schub-, Reibungs- oder Zugkraft), welche für die gewünschte Sicherheit erforderlich ist, bestimmen (Bild 8).

Die Sicherheitsfaktoren sind in der SIA-Norm 191 abhängig vom Gefährdungsgrad definiert.

Gemäss Norm muss man sowohl die Sicherheit des Gleitkörpers, definiert als Verhältnis der Scherfestigkeit zur Scherspannung, als auch die Sicherheit der Anker, definiert als Verhältnis der Tragkraft zur Gebrauchskraft, nachweisen.



Bild 6. Geschieberückhaltesperre Palanggenbach. Das linke Widerlager wurde mit einem verankerten Betonriegel und Felsnägeln gesichert. Baustelle vor dem Aushub.



Bild 7. Geschieberückhaltesperre Palanggenbach. Das linke Widerlager – mit einem verankerten Betonriegel und Felsnägeln gesichert – während den Betonarbeiten.

FELSNÄGEL ALS SCHUBDÜBEL

$$S = 0,6 \cdot \delta_E \sqrt{\frac{\partial E}{\partial F}} \cdot A_E$$

$$R + S \approx F \cdot G_t$$

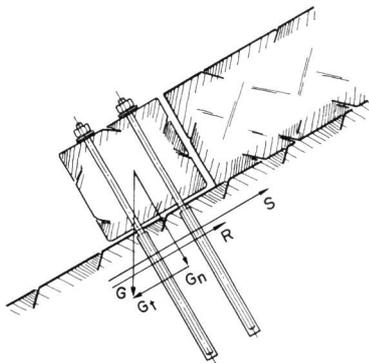
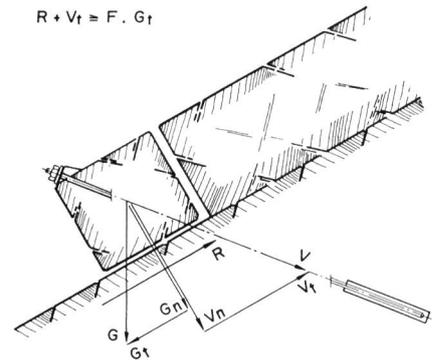


Bild 8. Auslegung von Aushubsicherungen.

- S Schubwiderstand
- R Reibungswiderstand
- F Sicherheitsfaktor
- σ_E Zugfestigkeit Stahl
- σ_F Druckfestigkeit Fels
- A_E Querschnittsfläche Stahl
- G Gewicht Felskörper
- V Vorspannkraft
- G_n, G_t Normal- und Tangentialkomponente des Gewichts
- V_n, V_t Normal- und Tangentialkomponente der Vorspannkraft

FELSNÄGEL ODER FELSANKER ALS ZUGGLIEDER

$$R + V_t \approx F \cdot G_t$$



Der Schubwiderstand eines schlaffen Felsnagels lässt sich z.B. mit dem Ansatz von *Bjurström* bestimmen. Die übertragbare Kraft ist sowohl von der Festigkeit des Stahls δ_E als auch von der Gebirgsfestigkeit σ_F abhängig, gleich wie der Lochleibungsdruck bei den Schrauben.

Ist die Gleitfläche nicht eben, so ist ein Gleiten nur nach einer gewissen Dilatation der Trennflächen möglich. Die Nägel werden demzufolge auch auf Zug beansprucht, und ihr Schubwiderstand erhöht sich gemäss Versuchen von *Bjurström* auf

$$S = 0,8 \delta_E A_E$$

Heikel ist in der Regel die Bestimmung der Abmessungen einer rutschgefährdeten Felsmasse. Finden sich offene Klüfte, ist die obere Begrenzung klar; was oberhalb liegt, wird vom Eingriff nicht berührt. Andernfalls muss man die Ausdehnung über den Einflussbereich der Sprengerschüttungen abschätzen oder eine mögliche Gewölbebildung berücksichtigen.

Zweckmässigerweise werden auch bei den Aushubsicherungen die Deformationen des verankerten Körpers überwacht. Bei Zugankern können auch die Deformationen oder der Auflagerdruck der Ankerplatte gemessen werden. Bei vorgespannten Ankern werden die Spannkraften kontrolliert.

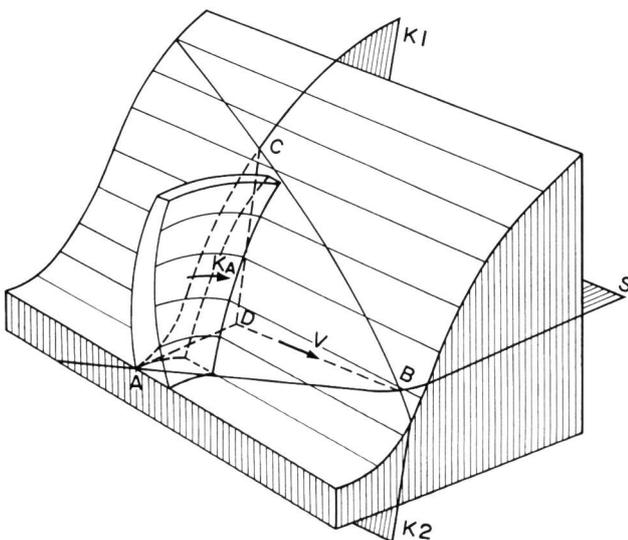


Bild 9. Gleitkeilanalyse am Widerlager einer Bogenmauer. K1, K2 Klüftflächen, S Schichtfläche, K_A Auflagerkraft, A-B-C-D möglicher Gleitkörper, V Verschiebungsrichtung.

Die *Sanierung* einer Aushubsicherung ist dann erforderlich, wenn die Deformationen stark anwachsen oder zu gross werden resp. wenn sich die Ankerkraft von Zugankern der Grenzkraft des Verankerungskörpers oder der Stahlbruchkraft nähert.

Saniert wird praktisch immer mit zusätzlichen Ankern, die meistens auch problemlos angeordnet werden können.

5. Erhöhung der Tragfähigkeit

Wenn die Durchtrennungssysteme (Schichtung, Schieferung, Klüftung) ungünstig verlaufen, kann der Widerstand des Felsuntergrunds für die Aufnahme der Mauerauflagerkräfte ungenügend sein. Man muss dann die Mauer verschieben, die Mauergeometrie ändern, oder eben die Tragfähigkeit der Widerlager mit Felsankern erhöhen.

Diese Anwendung ist wesentlich anspruchsvoller als die bereits diskutierten, denn ein Versagen der Anker könnte, wenn die ungünstigsten Randbedingungen wirklich auftreten, zur Beschädigung der Talsperre führen. Für diese Aufgaben können deshalb nur *permanente, vorgespannte Felsanker* eingesetzt werden.

Die *Auslegung* der Ankerung erfolgt auch hier mit einer Kräfteanalyse. Man sucht zuerst den ungünstigsten kinematisch möglichen Bruchzustand und untersucht dann das Kräftespiel beim Schervorgang am durch die potentiellen Bruchflächen gebildeten Felskörper. Bei Bogenmauern ist meistens eine dreidimensionale Betrachtung mit einem tetraederförmigen Felskörper, der auf zwei Ebenen gleitet, erforderlich (Bild 9).

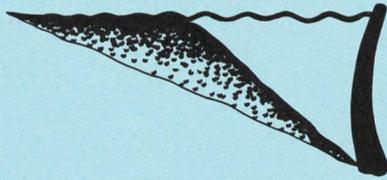
Zweckmässigerweise ordnet man die Anker gleichmässig über den ganzen Gleitkörper verteilt und mehr oder weniger senkrecht zu den potentiellen Gleitflächen an. Damit wird verhindert, dass sich der Felsverband lockert, Wasser in die Klüfte eindringt und sich Gleitflächen ausbilden.

Die *Ausführung* von vorgespannten Felsankern muss korrekt geplant und gut überwacht werden.

In der Planung müssen unter anderem folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Lage der Ankerköpfe: Zugänglichkeit, Schutz vor Steinerschlag, Ersetzbarkeit
- Richtung und Neigung der Anker: gute Krafteinleitung, günstige Injektionsbedingungen
- Korrosionsschutz: Materialien, Abdichtung, Dauerspannung, elektrische Isolation
- Überwachung: Zuständigkeit, Umfang, Rhythmus, Anforderungen

Auf der Baustelle muss vor allem auf folgendes geachtet werden:



Internationales Symposium «Verlandung von Stauseen und Stauhaltungen, Sedimentprobleme in Leitungen und Kanälen»

Donnerstag und Freitag, 28. und 29. März 1996

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
(ETHZ)

Scherrer-Hörsaal ETA-F5, Gloriastrasse 35 und
Hörsaal ETF-E1, Sternwartstrasse 5

Das Internationale Symposium «Verlandung von Stauseen und Stauhaltungen, Sedimentprobleme in Leitungen und Kanälen» findet am Donnerstag und Freitag, 28. und 29. März 1996, an der ETH Zürich statt.

In 33 Fachvorträgen werden die folgenden Themen behandelt:

- Verlandung von Stauseen und Stauhaltungen: Beispiele von Verlandungen; Vermessung, Ursachen und Folgen; Nachbildung und Voraussagen mit hydraulischen oder numerischen Modellen
- Gegenmassnahmen im Einzugsgebiet
- Gegenmassnahmen im Stauraum wie Vorsperren, Baggerungen einschliesslich Deponieprobleme, Umleitstollen
- Gegenmassnahmen an der Sperre mit Spülungen durch die Grundablässe oder andere Organe

- Sedimentprobleme in Leitungen und Kanälen: Beispiele von Querschnitts- und Rauigkeitsveränderungen, Messungen, Ursachen und Folgen (sowohl bei Sedimentation wie bei Erosion), Gegenmassnahmen
- Sandfänge an Fassungen: Bemessungsansätze, Beispiele, innovative Lösungen, Wirksamkeitskontrollen, Verbesserungsvorschläge, Automatisierung

Es wird grosses Gewicht auf Erfahrungen und praxisgerechte Lösungen gelegt. Neben den jeweiligen Folgen für den sicheren Betrieb werden auch die ökologischen Auswirkungen dargestellt.

Es besteht auch die Möglichkeit, in Gruppen die Hallen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) zu besichtigen.

Die Tagung ist die Fortsetzung der fruchtbaren Zusammenarbeit der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich mit den Wasserbauinstituten der TU München und der TU Graz sowie des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes mit dem Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK) und dem Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV).

Wir laden die Betreiber von Wasserkraftanlagen, Bauherren, Lieferanten, Ingenieure, Wissenschaftler, Behörden und weitere Interessenten ein, der Tagung zu folgen, und wir freuen uns, eine grosse Zahl von Gästen in Zürich begrüßen zu dürfen. Wir hoffen, dass Sie sich in Zürich wohl fühlen werden.

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Der Präsident

Theo Fischer, Nationalrat, Häggligen

Der Direktor

Georg Weber

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich
Der Direktor

Daniel Vischer, Prof. Dr.



Verlandung im Stausee Rättrichsboden; die Aare hat sich in die Ablagerungen eingefressen.

(Foto: Giezendanner)

Programm

Donnerstag, 28. März 1996



Session 1 (Scherrer-Hörsaal)

- 10.00 Uhr *Vischer D.*: Einführung
10.15 Uhr *Osterwalder K.*: Begrüssung
Themenkreis: Verlandungsprobleme bei Stauseen
Sessionsleiter: *Vischer D.*
- 10.20 Uhr *Girod K., Dybek K., Pütz K., Brauer G.*: Die Verlandung von Stauseen im Freistaat Sachsen, BR Deutschland – Probleme und Lösungsansätze bei Räumung, Deponierung und Verwertung
- 10.40 Uhr *Schleiss A., Feuz B., Aemmer M., Zünd B.*: Verlandungsprobleme im Stausee Mauvoisin – Ausmass, Auswirkungen und mögliche Massnahmen
- 11.00 Uhr *Müller U.*: Verlandungsprobleme im Staubecken Palagnedra der Maggiakraftwerke; Erfahrungen mit den bisherigen Entlastungsorganen und Projekte für eine weitere Verminderung der Verlandung
- 11.20 Uhr *Martini O.*: Verlandungsprobleme im Ausgleichsbecken Malvaglia
- 11.40 Uhr Diskussion
12.15 Uhr Mittagessen, Mensa Polyterrasse

Session 2 (Scherrer-Hörsaal)

- Themenkreis: Spülung von Stauseen (1)
Sessionsleiter: *Kresnik E.*
- 14.00 Uhr *Sinniger R., De Cesare G.*: Spülung von Grundablassstollen – Theorie und Modellversuche
- 14.20 Uhr *Bremen R., Bertola P.-F.*: Praxisgerechte Lösungen zur Optimierung von Stauspülungen
- 14.40 Uhr *Wagner E., Karlsböck N., Niedermühlbichler H.*: Spülung des Speichers Margaritze
- 15.00 Uhr *Rechsteiner G., Sinniger R.*: Verlandung und Spülung des Stausees Gebidem
- 15.20 Uhr Diskussion
15.40 Uhr Pause

Session 3 (Scherrer-Hörsaal)

- Themenkreis: Spülung von Stauseen (2)
Sessionsleiter: *Minor H.-E.*
- 16.10 Uhr *Boillat J.-L., Dubois J., Lazaro Ph.*: Eintrag und Austrag von Feststoffen im Spülkanal von Gebidem – Modellversuche und numerische Simulation
- 16.30 Uhr *Hälg R.*: Spülung des Stausees Ova Spin
- 16.50 Uhr *Ammann M., Kast M.*: 10 Jahre ökologische Spülbegleitung am Luzzone-Stausee (Bleniotal/TI) - Rück- und Ausblick
- 17.10 Uhr *Kanne S., Baumann R.*: Sanierung des Staubeckens Palü
- 17.30 Uhr Diskussion
18.00 Uhr Ende

Session 4 (Hörsaal ETF-E1)

- Themenkreis: Verlandungsprobleme bei Flusstauhaltungen
Sessionsleiter: *Vollmers H.-J.*
- 14.00 Uhr *Strobl Th., Zunic F.*: Die Verlandung des Stauraumes Oberilzmühle
- 14.20 Uhr *Schöberl F.*: Analyse der Stauraumverlandung sowie der Verbesserungsmöglichkeiten der Sedimentabspülung beim Lechkraftwerk Kniepass
- 14.40 Uhr *Kern U., Al-Zoubi S., Xu Y., Westrich B.*: Sedimentdynamik in der Stauhaltung Lauffen am Neckar
- 15.00 Uhr *Baumhackl G.*: Feststoffprobleme an der österreichischen Draukraftwerkskette
- 15.20 Uhr Diskussion
15.40 Uhr Pause

Besichtigung Versuchshallen (parallel zu Session 3)

- 16.10 Uhr Besammlung der Angemeldeten in der VAW ETHZ, Gloriastrasse 37/39, Hörsaal B1, 1. Stock. Führung durch die Versuchshallen in Gruppen.

Aperitif und gemeinsames Nachtessen

- 19.00 Uhr Aperitif in der Haupthalle des ETH-Hauptgebäudes
20.00 Uhr Gemeinsames Nachtessen in der Mensa Polyterrasse, stadtseitig des ETH-Hauptgebäudes

Programm

(Fortsetzung)

Freitag, 29. März 1996

Session 5 (Scherrer-Hörsaal)

Themenkreis: Massnahmen zur Verhinderung und Behebung von Verlandungen in Stauseen (1)

Sessionsleiter: *Strobl Th.*

09.00 Uhr *Al-Zoubi S., Westrich B.*: Verringerung der Sedimentation in einem Stausee unter Anwendung eines numerischen Transportmodells

09.20 Uhr *Vischer D., Chervet A.*: Geschiebe-Umleitstollen bei Stauseen; Möglichkeiten und Grenzen

09.40 Uhr *Scheuerlein H., Luff H.*: Erfahrungen im Zusammenhang mit Kiestriftmassnahmen an der Stauanlage Bad Tölz

10.00 Diskussion

10.20 Uhr Pause

Session 6 (Scherrer-Hörsaal)

Themenkreis: Massnahmen zur Verhinderung und Behebung von Verlandungen in Stauseen (2)

Sessionsleiter: *Sinniger R.*

10.50 Uhr *Kropf K.*: Grobgeschiebeabwehr und Abflusertüchtigung an einem Kleinspeicher in den Alpen

11.10 Uhr *Vriens W.*: Freilegung des Grundablasses «Stausee Bolgenach»; Unterwasser-Umbauten und Airliftbaggerung in 78 m Wassertiefe

11.30 Uhr *Ardüser H. P., Staubli R.*: Stausee Sufers; Sedimentumlagerung im Zusammenhang mit der Sanierung der San-Bernardino-Route

11.50 Uhr Diskussion

12.15 Uhr Mittagessen, Mensa Polyterrasse



Session 7 (Scherrer-Hörsaal)

Themenkreis: Massnahmen zur Verhinderung und Behebung von Verlandungen in Flussstauhaltungen

Sessionsleiter: *Giesecke J.*

14.00 Uhr *Vollmers H.-J., Wieprecht S.*: Naturangepasste Stauraumsanierung

14.20 Uhr *Riegler J.*: Sedimentmanagement an der österreichischen Donau

14.40 Uhr *Dum Th., Kresnik E., Keller H.*: Entwicklung eines Ausschotterungsbeckens

15.00 Uhr *Heigerth G., Medved N.*: Untersuchungen zur Steuerung der Spülung von verlandeten Flussstauräumen

15.20 Uhr Diskussion

15.40 Uhr Pause

Session 9 (Hörsaal ETF-E1)

Themenkreis: Sandfänge, Stauraumvermessung

Sessionsleiter: *Scheuerlein H.*

14.00 Uhr *Heigerth G., Knoblauch H., Dum Th.*: Entwicklung eines Entsanders zur Sedimentklassierung

14.20 Uhr *Minor H.-E., Moric P.*: Optimierung von Sandfängen – dargestellt an der Wasserkraftanlage Kukule in Sri Lanka

14.40 Uhr *Bechteler W.*: Statusbericht DWVK Arbeitskreis «Stauraumvermessung»

15.00 Uhr *Müller U.*: Erfahrungen mit Real-Time DGPS-Anwendungen in der Hydrographie

15.20 Diskussion

15.40 Uhr Pause

Session 8 (Scherrer-Hörsaal)

Themenkreis: Massnahmen zur Verhinderung und Behebung von Verlandungen in Flussstauhaltungen und Seen

Sessionsleiter: *Heigerth G.*

16.10 Uhr *Steiner H. A.*: Ökologische Aspekte und Sukzessionsentwicklung spülgerecht gestalteter Stauraumvorländer an den Flusskraftwerken der Drau

16.30 Uhr *Flögl H., Flögl W.*: Sedimentsvorgänge in Stauräumen von Niederdruckanlagen in zwei Vor-alpenflüssen – Umfang, Auswirkungen und Gegenmassnahmen

16.50 Uhr *Bechteler W., Nujic M.*: 2-D-Simulation der Verlandung einer Vorsperre durch Schwebstoffe

17.10 Uhr Diskussion und *Vischer D.*: Schlusswort

17.30 Uhr Ende der Tagung

Veranstalter

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich, ETH Zentrum, Gloriastrasse 37/39, CH-8092 Zürich, Telefon 01/632 40 91, Telefax 01/632 11 92.

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Rütistrasse 3A, CH-5401 Baden, Telefon 056/222 50 69, Telefax 056/221 10 83.

Tagungssprache

Deutsch, ohne Simultanübersetzung.

Tagungsorte

Scherrer-Hörsaal ETA F5 und Hörsaal ETF-E1. Neben der Versuchsanstalt für Wasserbau, Gloriastrasse 37/39, Zürich. Tramstation Voltastrasse der Linien 5 (vom Bahnhof Enge, Bellevue) und 6 (vom Hauptbahnhof / Bahnhofstrasse).

Mahlzeiten

Mittagessen in der Mensa der ETHZ unter der Polyterrasse (MM), stadtwärts des ETH-Hauptgebäudes.

Aperitif vom Donnerstag, 28. März 1996, 19 Uhr: Haupthalle des ETH-Hauptgebäudes (HG), Rämistrasse 101, Zürich. Tramstation ETH der Linien 6, 9 und 10.

Gemeinsames Nachtessen vom Donnerstag, 28. März 1996, 20 Uhr in der Mensa, Polyterrasse, stadtwärts des ETH-Hauptgebäudes (Tramstation ETH der Linien 6, 9 und 10; Bergstation des Polybähnli vom Central zur ETHZ). Versuchshallen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), Gloriastrasse 37/39, neben dem Scherrer-Hörsaal.

Ausstellung

Mitgliedfirmen des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes erhalten Gelegenheit, ihre Lieferungen und Dienstleistungen, soweit sie mit dem Tagungsthema in Zusammenhang stehen, an improvisierten Ständen dem Ta-

gungsteilnehmer vorzustellen. Weitere Auskünfte erhalten Sie beim Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband.

Kosten (inkl. MWST)

Besuch der Fachtagung vom 28. und 29. März 1996 (einschliesslich Mittagessen, Pausenkaffee und Tagungsband)

Fr. 450.-

Nachtessen vom 28. März 1996

Fr. 80.-

Besichtigung

Besichtigung der Versuchsanstalt (Anmeldung nötig)

gratis

Veröffentlichung der Tagungsbeiträge

Die Tagungsbeiträge werden als Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich nach der Tagung erscheinen und allen Tagungsteilnehmern zugestellt. Weitere Beiträge zum Tagungsthema werden in der Fachzeitschrift «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» veröffentlicht.

Tagungsbüro

Wird vor dem Scherrer-Hörsaal eingerichtet.

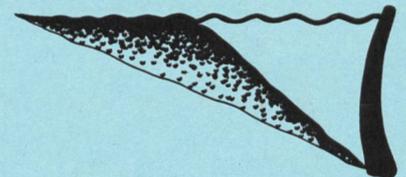
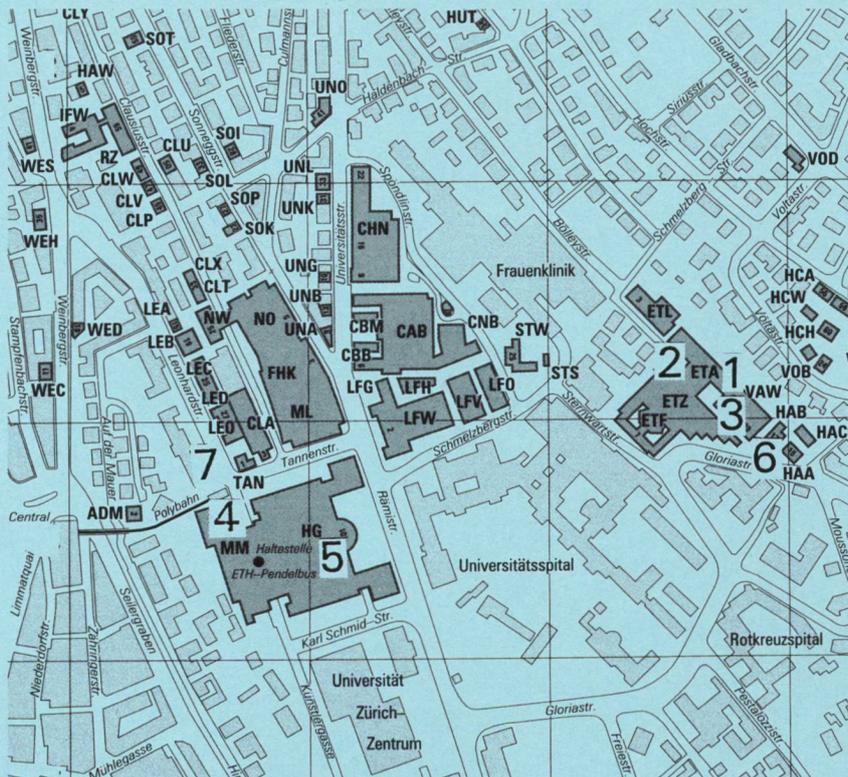
Öffnungszeiten:

Donnerstag, 28. März 1996: 09.00 bis 12.15 und 13.45 bis 18.30 Uhr,

Freitag, 29. März 1996: 08.30 bis 12.15 und 13.45 bis 17.30 Uhr.

Unterkunft

Die Unterkunft geht zu Lasten der Teilnehmer. Beim Verkehrsverein Zürich, Kongressbüro, 8023 Zürich (Tel. 01/211 11 31, Fax 01/212 01 41), sind Herr *Andri Sigg* und Frau *Jeannette Moor* für die Zimmerreservierungen besorgt. Die Hotelzimmer sind bis Ende Februar 1996 mit dem Reservationstalon schriftlich zu bestellen. Die Hotelzimmer werden nach Möglichkeit in günstiger Lage zur ETH reserviert.



- 1 Scherrer-Hörsaal, ETA F5, Gloriastrasse 37/39.
- 2 Hörsaal ETF-E1.
- 3 Versuchshallen der VAW-ETHZ, Voltastrasse 37/39.
- 4 Mensa, Polyterrasse/ETH-Hauptgebäude.
- 5 Haupthalle, ETH-Hauptgebäude.
- 6 Tramhaltestelle Voltastrasse der Linien 5 und 6.
- 7 Bergstation des Polybähnli.

Referenten und Sessionsleiter

Aemmer Martin, dipl. Bau-Ing. ETH, Projektingenieur, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich

Al-Zoubi Samer, M.Sc., Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, D-70550 Stuttgart

Ammann Markus, Dr. sc. nat., Projektleiter, Holinger AG, Haselstrasse 1, CH-5401 Baden

Ardüser Hans Peter, dipl. Ing ETH, Bereichsleiter Bauliche Anlagen, Kraftwerke Hinterrhein AG, CH-7430 Thusis

Baumann Remo, dipl. Ing. ETH, Bereichsleiter Bau, Kraftwerke Brusio AG, Via da Clait, CH-7742 Poschiavo

Baumhackl Gerhard, Dipl.-Ing., Österreichische Draukraftwerke AG, Kohldorfer Strasse 98, A-9010 Klagenfurt

Bechteler Wilhelm, Prof. Dr.-Ing., Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, Werner-Heisenberg-Weg 39, D-85577 Neubiberg

Bertola Pier-Francesco, Ing., Lombardi AG, Via R. Simen 19, CH-6648 Minusio

Boillat Jean-Louis, Dr. sc. techn., Laboratoire de Constructions Hydrauliques, EPF Lausanne, CH-1015 Lausanne

Brauer Grit, Dipl.-Ing., Projektingenieurin, Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH, Büro Dresden, Marie-Wittich-Strasse 1, D-01237 Dresden

Bremen Roger, Dr.-Ing., Lombardi AG, Via R. Simen 19, CH-6648 Minusio

Chervet André, dipl. Ing. ETH, Leiter Ressort Betrieb, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich

De Cesare Giovanni, dipl. Ing. ETH, Assistent, Laboratoire de Constructions Hydrauliques, EPF Lausanne, CH-1015 Lausanne

Dubois Jerome, dipl. Ing., wiss. Mitarbeiter, Laboratoire de Constructions Hydrauliques, EPF Lausanne, CH-1015 Lausanne

Dum Thomas, Dipl.-Ing., Univ.-Ass., Institut für Wasserwirtschaft und Konstruktiven Wasserbau, TU Graz, Stremayrgasse 10/2, A-8010 Graz

Dybek Karl, Dr.-Ing., Geschäftsbereichsleiter, Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, Postfach 94, D-01782 Pirna

Feuz Bernhard, dipl. Bau-Ing. ETH, Projektleiter, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich

Flögl Helmut, BR h. c. Dipl.-Ing. Dr. techn., Ingenieurkonsulent für Bauwesen, Stockhofstrasse 32, A-4020 Linz

Flögl Werner, Dipl.-Ing. Dr. techn., Zivilingenieur für Bauwesen, Stockhofstrasse 32, A-4020 Linz

Giesecke Jürgen, Prof. Dr.-Ing. habil., Geschäftsführender Direktor, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, D-70550 Stuttgart

Girod Klaus, Dr.-Ing., Abteilungsleiter, Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH, Büro Dresden, Marie-Wittich-Strasse 1, D-01237 Dresden

Hälg Robert, dipl. Ing. ETH, Engadiner Kraftwerke AG, CH-7530 Zerne

Heigenthal Günther, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn., Institut für Wasserwirtschaft und Konstruktiven Wasserbau, TU Graz, Stremayrgasse 10/2, A-8010 Graz

Kanne Stefan, dipl. Ing., Sachbearbeiter, Straub AG, Wientalstrasse 83, CH-7000 Chur

Karlsböck Norbert, Ing., Bauassistent, Tauernkraftwerke AG, Rainerstrasse 29, A-5020 Salzburg

Kast Martin, dipl. Biologe/Informatiker, Projektleiter, Holinger AG, Haselstrasse 1, CH-5401 Baden

Keller Hubert, Dipl.-Ing., Tauernkraftwerke AG, Rainerstrasse 29, Postfach 161, A-5021 Salzburg

Kern Ulrich, Dipl.-Geoökologe, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, D-70550 Stuttgart

Knoblauch Helmut, Dipl.-Ing. Dr. techn., Univ.-Ass., Institut für Wasserwirtschaft und Konstruktiven Wasserbau, TU Graz, Stremayrgasse 10/2, A-8010 Graz

Kresnik Edwin, Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn., Institut für Wasserwirtschaft und Konstruktiven Wasserbau, TU Graz, Stremayrgasse 10/2, A-8010 Graz

Kropf Klaus, Dipl.-Ing., Talsperrenverantwortlicher der OKA, Oberösterreichische Kraftwerke AG, Böhmerwaldstrasse 3, A-4020 Linz

Lazaro Philippe, dipl. Ing., wiss. Mitarbeiter, Laboratoire de Constructions Hydrauliques, EPF Lausanne, CH-1015 Lausanne

Luff Hermann, Dipl.-Ing., Technischer Werksleiter, Stadtwerke Bad Tölz, an der Oberleite 2, D-83646 Bad Tölz

Martini Ottavio, dipl. Ing. ETH, Vizedirektor, Maggia Kraftwerke AG, Via in Selva 11, CH-6600 Locarno

Medved Norbert, Dipl.-Ing., Institut für Wasserwirtschaft und Konstruktiven Wasserbau, TU Graz, Stremayrgasse 10/2, A-8010 Graz

Minor Hans-Erwin, Prof. Dr.-Ing., Leiter des Bereichs Wasserkraftanlagen, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich

Moric Peter, Fachexperte, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich

Müller Urs, dipl. Ing. HTL/STV, terra vermessungen ag, Obstgartenstrasse 7, CH-8035 Zürich

Müller Urs, Vizedirektor, AG Ingenieurbüro Maggia, Via St. Franscini 5, CH-6601 Locarno

Niedermühlbichler Herbert, Ing., Tauernkraftwerke AG, Rainerstrasse 29, A-5020 Salzburg

Nujic Marinko, Dipl.-Ing., Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, Werner-Heisenberg-Weg 39, D-85577 Neubiberg

Osterwalder Konrad, Prof. Dr., Rektor der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich

Pütz Klaus, Dipl.-Ing., Referatsleiter, Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, Postfach 94, D-01782 Pirna

Rechsteiner Gian, Leiter der Bauabteilung, S. A. L'Énergie de l'Ouest-Suisse, Place de la Gare 12, CH-1001 Lausanne

Riegler Johannes, Dipl.-Ing., Leiter der Abt. Stauraum und Liegenschaftsbetreuung, Österreichische Donaukraftwerke AG, Parkring 12, A-1011 Wien

Scheuerlein Helmut, Univ.-Prof. Dr.-Ing., Institutsvorstand, Institut für Wasserbau, Universität Innsbruck, Technikerstrasse 13, A-6020 Innsbruck

Schleiss Anton, Dr. dipl. Bau-Ing. ETH, Abteilungsleiter, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich

Schöberl Friedrich, Prof. Dr. Dipl.-Ing., Univ.-Doz., Institut für Wasserbau, Universität Innsbruck, Technikerstrasse 13, A-6020 Innsbruck

Sinniger Richard, Prof. Ing. ETH/SIA, Direktor IHE, Institut d'hydraulique et d'énergie (IHE), EPF Lausanne, CH-1015 Lausanne

Staubli Richard, dipl. Ing. ETH, Geschäftsleiter, Ingenieurbüro Staubli, Kurath + Partner AG, Bachmattstrasse 53, CH-8048 Zürich

Steiner Hubert A., Dipl.-Ing., Österreichische Draukraftwerke AG, Kohldorfer Strasse 98, A-9010 Klagenfurt

Strobl Theodor, Univ.-Prof. Dr.-Ing., Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München, Arcisstrasse 21, D-80290 München

Vischer Daniel, Prof. Dr.-Ing., Direktor VAW, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich

Vollmers Hans-Joachim, Prof. Dr.-Ing., Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, Werner-Heisenberg-Weg 39, D-85577 Neubiberg

Vriens Wim, Generaldirektor, Taucherbetrieb Vriens International, v. Konijnenburgweg 151, NL-4612 Bergen op zoom

Wagner Erich, Dipl.-Ing., Tauernkraftwerke AG, Rainerstrasse 29, A-5020 Salzburg

Westrich Bernd, Prof. Dr.-Ing. habil., Leiter der Versuchsanstalt, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, D-70550 Stuttgart

Wieprecht Silke, Dipl.-Ing., Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, Werner-Heisenberg-Weg 39, D-85577 Neubiberg

Xu Yichon, M.Sc., Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, D-70550 Stuttgart

Zünd Benno, dipl. Bau-Ing. ETH, Projektleiter, Elektrowatt Ingenieurernehmung AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich

Zunic Franz, Dr.-Ing., Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München, Arcisstrasse 21, D-80290 München

Patronat

LHG, Buwal

Charles Emmenegger, Prof. Dr., Direktor der Landeshydrologie und -geologie, Worblentalstrasse 32, Ittigen, CH-3003 Bern

SWV

Theo Fischer, Nationalrat, Präsident des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, Baden; CH-5607 Hägglingen/AG

BWW

Christian Furrer, Dr., Direktor Bundesamt für Wasserwirtschaft, Postfach, CH-3001 Bern

WBW

Günther Hässler, Dr., Präsident des Wasserwirtschaftsverbandes Baden-Württemberg e. V., Mannheimerstrasse 1, D-69115 Heidelberg

Kanton Zürich

Hans Hofmann, Regierungsrat, Direktion der öffentlichen Bauten, Walchetor, CH-8090 Zürich

VSE

Kurt Küffer, Präsident des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Zürich; Postfach 930, CH-5401 Baden

SNGT

Raymond Lafitte, Prof., Präsident des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren, c/o Stucky Ing. Conseils SA, Av. d'Ouchy 61, CH-1000 Lausanne 6

ETHZ

Jakob Nüesch, Prof. Dr., Präsident der ETH Zürich, HGF 59, CH-8092 Zürich

DVWK

Joachim Renner, Dr.-Ing., Präsident des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. Zur Schafbrücke 6, D-42283 Wuppertal (DVWK, Glückstrasse 2, D-53115 Bonn)

Stadt Zürich

Thomas Wagner, Dr., Stadtrat, Industrielle Betriebe, CH-8023 Zürich

ÖAWV

Helmut Werner, BR h. c., Dipl.-Ing., Präsident des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes, Wiederhoferplatz 4, A-1090 Wien

Die Veranstalter

Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich

Gemäss ihrer heutigen Aufgabe befasst sich die VAW nebst der Lehre und der Grundlagenforschung auch schwergewichtig mit angewandter Forschung. Sie steht deshalb in engem fachlichem Kontakt mit wasserwirtschaftlich interessierten Behörden und Ingenieurbüros. Das Institut umfasst die vier Forschungsabteilungen Wasserbau, Flussbau, Wasserwirtschaft und Glaziologie.

Die erste Abteilung befasst sich mit hydraulischen Problemen bei Wasserbauten, die zweite ist auf Sedimenthydraulik und deren Anwendung bei Bau, Unterhalt und Revitalisierung von Bächen und Flüssen spezialisiert; beide Abteilungen verwenden sowohl physikalische als auch mathematische Modelle. Die dritte Abteilung beschäftigt sich mit der mathematischen Modellierung von Fluss-, See- und Grundwasserströmungen sowie mit Fragestellungen der Ingenieur-Hydrologie. Die vierte Abteilung beobachtet die Massenbilanz der Gletscher in den Schweizer Alpen und führt Feldarbeiten und theoretische Studien zu verschiedenen Aspekten von Gletschern und Permafrost-Zonen durch.

Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband (SWV)

Im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband haben sich Behörden, Unternehmen und Private zusammengeschlossen, um die vielfältigen Fragen der Wasserwirtschaft zu behandeln. Es sind dies: Wasserrecht, Wasserversorgung, Schutz der ober- und unterirdischen Gewässer gegen Verschmutzung, Hochwasserschutz (Wildbachverbauungen, Flusskorrekturen und Seenregulierung), Wasserkraftnutzung, Talsperrenbau, Binnenschifffahrt, Bewässerung und Entwässerung.

Fachzeitschrift «wasser, energie, luft – eau, énergie, air»

Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband gibt die Fachzeitschrift «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» heraus, in der die mannigfachen Belange des Wassers, der Energie sowie der Lufthygiene zur Sprache kommen. Die siebenmal jährlich erscheinende Zeitschrift hat eine grosse Verbreitung im In- und Ausland gefunden.



**HOTEL RESERVATION / HOTELRESERVATION /
RESERVATION DE CHAMBRE D'HOTEL**

Rates in Sfr. per room and night (continental breakfast, service charges and taxes included)
Preise in Sfr. pro Zimmer und Nacht (inkl. Frühstück, Bedienung und Taxen)
Prix en frs. par chambre et par nuit (petit-déjeuner, service et taxes inclus)

Number Anzahl Nombre	Room Zimmer Chambre	70-100	101-130	131-150	151-180	181-210	211-240	241-280	281-380	381-

Please check off desired category / Bitte gewünschte Kategorie ankreuzen / Prière de marquer d'une croix la catégorie désirée

Arrival date / Ankunftsdatum / Date d'arrivée
Time of arrival / Ankunftszeit / Heure d'arrivée
Departure date / Abreisedatum / Date du départ

Desired location / Gewünschte Lage / Lieu désiré
Gute Erreichbarkeit ETH-Zentrum

Surname / Name / Nom
Christian name / Vorname / Prénom

Address / Adresse

Phone / Tel.
Fax

Date / Datum
Signature / Unterschrift

Bitte einsenden an: Verkehrsverein Zürich (Tel. 01/211 11 31), Kongressbüro, z. H. v. Frau Jeannette Mohr und Herrn Andri Sigg, Postfach, CH-8023 Zürich
Anmeldeschluss: 29. Februar 1996
Nach diesem Datum kann die Zimmerreservation nicht mehr garantiert werden.

Anmeldung zum Symposium «Verlandung von Stauseen und Stauhaltungen, Sedimentprobleme in Leitungen und Kanälen» vom Donnerstag und Freitag, 28. und 29. März 1996, an der ETH Zürich (Scherrer-Hörsaal und Hörsaal ETF-E1)

Anmeldung für Symposium «Verlandung» 28. und 29. März 1996 Fr. 450.- (inkl. MWST) Gemeinsames Nachtessen vom 28. März 1996 Fr. 80.- (inkl. MWST) Besichtigung Versuchshallen der VAW ETHZ vom 28. März 1996, 16.15 Uhr, gratis

Name und Vorname, Titel und Funktion (für Teilnehmerverzeichnis) Total Fr. _____

Adresse Telefon G

Telefax G

Telefon P

PLZ / Ort

Für die Tagung wird Rechnung gestellt (ab 15. Februar 1996). Die Unterkunft wird in den Hotels von den Teilnehmern direkt beglichen.

Bitte bis 15. Februar 1996 einsenden an: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband Sekretariat Frau Ruth Fülleemann Rütistrasse 3 A, CH-5401 Baden Telefon 056/222 50 69, Fax 056/221 10 83
Ort und Datum / Unterschrift / Versandadresse:

Lieferbare Titel (Preise zuzüglich 2% Mehrwertsteuer, Porto und Verpackung)

- Nr. 25 Directives pour l'entretien et l'exploitation des centrales hydrauliques, par *J. Moser*, ing., 35 pages, édition française (fr. 10.-).
- Nr. 29 Das graubündnerische Vorzugsrecht auf Erwerb von Wasserrechtskonzessionen, *Andreas Rickenbach*, 103 S. Ausgabe 1951 (Fr. 10.-).
- Nr. 33 Wasserkraftnutzung und Energiewirtschaft der Schweiz. 45 S. Text, 65 S. Tabellen der Wasserkraftwerke, Speicherseen und natürlichen Seen der Schweiz. Beilage: Übersichtskarte Schweizerische Wasserkraftwerke und Speicherseen, 1:500000. Ausgabe 1956. Nachtrag des Tabellenwerkes auf 1. Januar 1963 (Fr. 10.-).
- Nr. 34 Forces hydrauliques et économie énergétique de la Suisse. 46 pages de texte, 65 pages de répertoires des usines hydro-électriques, des bassins d'accumulation et des lacs naturels de la Suisse. Annexe: Cartes des usines hydro-électriques suisses et bassins d'accumulation, 1:500000. Edition 1957. Complément du répertoire, mis à jour au 1^{er} janvier 1963, prix fr. 1.50, ensemble avec la publication no 34 (fr. 10.-)
- Nr. 35 Water Power Utilization and Energy Economy in Switzerland. 1957 (Fr. 10.-).
- Nr. 37 Der Heimfall im Wasserrecht des Bundes und der Kantone. Von *Ulrich Cadiant*. 145 S., Ausgabe 1958 (Fr. 25.-).
- Nr. 38 Die Vorteilausgleichung unter Wassernutzungsberechtigten im schweizerischen Recht. Von *Kurt Zihlmann*, 90 S., Ausgabe 1959 (Fr. 25.-).
- Nr. 43 Die Auswirkungen der Wasserkraftnutzung auf den Kanton Graubünden, insbesondere auf die Konzessionsgemeinden der Kraftwerke Hinterrhein. Von *H. Wisler* (Fr. 25.-).
- Nr. 44 Unterhalt, Revision und Erneuerung von Turbinen-Generatoren-Einheiten von Wasserkraftanlagen. Vorträge der Fachtagung 1983 in Rheinfelden (Fr. 50.-).
- Nr. 45 Kleinwasserkraftwerke. Vorträge der Fachtagung 1984 in Zürich (Fr. 40.-).
- Nr. 46 Bibliographie. Wasserkraftwerke der Schweiz. Zeitschriftenaufsätze 1946 bis 1983. Von *Doris Scheidegger* (Fr. 40.-).
- Nr. 47 Schwingungen in Wasserkraftzentralen. Fachtagung in Interlaken (Fr. 50.-).
- Nr. 48 Bibliographie zum Recht über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte in der Schweiz (Bund und Kantone). Von *Paul Ursprung* (Fr. 180.-).
- Nr. 49 Die Heimfallverzichtentschädigung im Wasserrecht. Von *Christian Widmer*, 1990 (Fr. 60.-).
- Nr. 50 Abschlussorgane im Wasserbau, les vannes des aménagements hydrauliques, Vorträge der Fachtagung 1991 in Lausanne (Fr. 50.-).
- Nr. 51 Rechtsprobleme der Verteilung elektrischer Energie durch öffentliche Anstalten. Von *Peter Rügger* (Fr. 70.-).
- Nr. 52 Fachtagung über Flussmündungen in Seen und Stauseen, Vorträge der Fachtagung 1992 in Bregenz (Fr. 60.-).
- Nr. 53 Einführung in das Energierecht der Schweiz. Von *Georg Müller* und *Peter Hösli* (Fr. 35.-).
- Nr. 54 Directives pour l'exploitation et la maintenance des groupes hydroélectriques. *Bernard Comte* (fr. 98.-).

Bestellschein

Wir bestellen folgende Verbandsschriften:

Anzahl	Buch-Nr.	Titel
--------	----------	-------

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Name/Vorname: _____

Firma: _____

Strasse/Nr.: _____

PLZ/Wohnort: _____

Datum: _____

Unterschrift: _____

Bitte einsenden an:

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Rütistrasse 3A, CH-5401 Baden (Fax 056/221 10 83)

- Anlieferung, Ablad und Lagerung: Beschädigungen, Verschmutzung
- Bohrvorgang: Wasserverluste, Materialausschwemmungen, korrekte Neigung und Geradlinigkeit
- Einbau: Handhabung der Spannglieder, Injektionsgutverbrauch und -verluste, vollständige Verfüllung
- Spannvorgang: Reihenfolge, Überspannen, Messsystem und Messgenauigkeit, Spannprotokolle

Das *Langzeitverhalten* wird auch bei den Felsankern durch die Korrosion beeinträchtigt. Neben Oberflächenkorrosion und Lochfrass können bei hochfesten, stark beanspruchten Ankerstählen auch Spannungsrisskorrosion und Wasserstoffversprödung auftreten. Letztere verursacht zwar keine Querschnittverminderung, begünstigt aber vorzeitige Sprödbrüche.

Diesen unterschiedlichen Korrosionsarten kann nur mit einer kompletten Abdichtung des ganzen Ankers begegnet werden.

Obwohl diese Forderung vor der Einführung des doppelten Korrosionsschutzes vor rund 20 Jahren bei weitem nicht erfüllt war, sind sehr wenig Schäden aufgetreten. Ausländische Untersuchungen über Spannstähe, in die auch Felsanker miteinbezogen wurden, bestätigen, dass weltweit nur eine kleine Anzahl Anker versagt haben. Als Schadenursache wurden neben Mängeln am Korrosionsschutz auch Material- und Konzeptfehler angegeben.

In der Schweiz sind nur kleinere Schäden wie Verlust von Korrosionsschutzmasse (Bitumen), Austritt von Wasser aus den Ankerköpfen, Oberflächenkorrosion an der Ankerplatte und grössere Spannkraftverluste aufgetreten.

Demgegenüber stehen eine beachtliche Anzahl alter Verankerungen, die noch einwandfrei ihren Dienst erfüllen, z. B. die

- Kranbahn- und Maschinenverankerungen in den Zentren der Maggia-Kraftwerke (1951 bis 1954)
- Steinschlaggalerie am Lukmanier (1962/1963)
- Hangsicherung der N2 bei Bissone (1966)

Die Analyse der aufgetretenen Probleme, detaillierte Messungen an neueren Verankerungen und technischer Fortschritt haben nochmals zu einer wesentlichen Verbesserung der permanenten Anker geführt. So werden heute im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit folgende Massnahmen ergriffen:

- Vorne geschlossene Hüllrohre
- Distanzhalter in der Verankerungsstrecke
- Wasserdichte Verbindung Hüllrohr – Ankerstützen
- Elektrische Isolation zwischen Ankerkopf und Bauwerk
- Kontrolle der Hüllrohrdichtigkeit durch Messen des elektrischen Widerstandes
- Beschränkung der Dauerstahlspannung
- Schutzhauben mit zinkfreiem Rostschutz usw.

Durch die Erhöhung der Tragfähigkeit können von aussen einwirkende Kräfte aufgenommen werden. Auch wenn die Krafteinleitung hier im Gegensatz zur Auftriebssicherung, Trageilverankerung usw. indirekt ist, erfolgt die *Überwachung* wie in den erwähnten Fällen durch direkte Kraftmessung. Deformationsmessungen sind weniger sinnvoll, weil bis zum Erreichen der Vorspannkraft kaum Bewegungen des Ankerkopfes auftreten.

Zweckmässigerweise wird eine Auswahl Anker mittels Messdosen permanent überwacht und für spezielle Fälle (Unstimmigkeiten, Probleme) die Möglichkeit zur Kontrolle sämtlicher Anker durch Abheben der Ankerköpfe offengelassen.

Schwieriger ist die Zustandskontrolle der Spannglieder bzw. des Korrosionsschutzes. Eine gründliche visuelle Kontrolle des Ankerkopfbereiches bzw. dessen Umgebung ist aber in der Regel möglich. Dabei kann meistens auch festgestellt werden, ob einzelne Drähte von Litzenankern gerissen sind.

Eine elegante Kontrollmöglichkeit sind reflektometrische Impulsmessungen, die zuverlässige Aussagen über Korrosionsschutzmängel und Korrosionsschäden ermöglichen. Sie sind aber nur an neueren Ankern, bei welchen entsprechende Vorkehrungen getroffen wurden, möglich.

Eine weitere Möglichkeit, welche bei neuen Ankern vorgesehen werden kann, sind ausbaubare (Kupplung) Referenzanker.

Sanierungsmassnahmen werden erforderlich, wenn ein Anker einen signifikanten Kraftabfall zeigt. Man kann dann z. B. den Wasserdruck auf den Gleitflächen mit Drainagebohrungen reduzieren oder zusätzliche Anker anordnen. Von den Platzverhältnissen her sind in der Regel beide Massnahmen möglich. Schwierig ist zu einem späteren Zeitpunkt meistens das Installieren der Bohrgeräte in der verankerten Wand.

6. Zusammenfassung und Schlussbemerkung

Ankerungen sind bei Staumauerwiderlagern seit Jahren gebräuchlich und häufig anzutreffen.

Sogenannte Vernagelungen zur Stabilisierung der Felsflanken bzw. zur Sicherung der Aushubarbeiten sind in der Regel unbedenklich. Erstens zeichnen sich die normalerweise verwendeten, schlaffen Zementmörtelanker durch beachtliche Tragreserven und ein gutmütiges Langzeitverhalten aus, zweitens können vernagelte Felspartien einfach anhand der Deformationen überwacht werden, und drittens würde die Sicherheit der Sperre durch das Versagen einzelner Felsnägel nicht direkt beeinträchtigt.

Anders verhält es sich mit Ankerungen, die der Erhöhung der Widerlagertragfähigkeit dienen. Diese müssen die Einleitung der Auflagerkräfte ins Gebirge gewährleisten; ein Versagen kann folglich zu ernsthaften Schäden an der Sperre führen.

Solche Verankerungen sollten erst nach gründlicher Abwägung aller Konsequenzen und eingehender Prüfung alternativer Lösungen in Betracht gezogen werden. Sind sie wirklich unerlässlich, kommen dafür nur permanente, vorgespannte Felsanker in Frage. Deren Projektierung, Ausführung und Überwachung verlangen grösstmögliche Aufmerksamkeit und dürfen nur erfahrenen Fachleuten anvertraut werden.

Adresse des Verfassers: *Eduard Ammann*, dipl. Bauing. ETHZ, AG Ingenieurbüro Maggia, CH-6601 Locarno.

Überarbeiteter Vortrag, den der Verfasser an der Tagung des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren am 21./22. September 1995 in Sitten gehalten hat.