

# Die Sanierung der Stauanlage Günsen

Eduard Ammann

Bereits um die Jahrhundertwende wurden in der Schweiz die ersten Stauanlagen mit Abschlussbauwerken von beachtlicher Höhe erstellt. Verschiedene dieser Staumauern und -dämme sind in den 70er Jahren aufgrund der Schweizerischen Talsperrenverordnung der Oberaufsicht des Bundes unterstellt worden und müssen folglich den vom zuständigen Bundesamt für Wasserwirtschaft, Sektion Talsperren, gestellten Sicherheitsanforderungen genügen.

Das Ingenieurbüro Maggia konnte in den letzten Jahren einige dieser Bauwerke aus statischer und hydraulischer Sicht überprüfen und die jeweils erforderlichen Sanierungsmassnahmen projektieren und leiten.

Die im Frühling abgeschlossene Sanierung der Stauanlage Günsen soll, da es sich unseres Wissens um die erste Anwendung von vorgespannten Felsankern zur Sanierung einer Schweizer Staumauer handelt, in der Folge näher erläutert werden.

## 1. Die bestehende Anlage

Die Stauanlage Günsen wurde in den Jahren 1898–1900 im Günsenmoos, einem kleinen Hochtal unmittelbar vor den Toren der Stadt St. Gallen, als Ausgleichsbecken für eine der ersten schweizerischen Hochdruckanlagen, das Kraftwerk Kubel, erstellt. Heute wird die Anlage, welche vor rund 10 Jahren umfassend erneuert wurde, von der «St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG» betrieben.

Da das Günsenmoos direkt auf der natürlichen Wasserscheide lag, also gegen zwei Seiten offen war, mussten mehrere Abschlussbauwerke geschaffen werden. Im Osten, wo tragfähiger Fels in erreichbarer Tiefe vorhanden war, wurde eine Gewichtsmauer erstellt, während im Westen, wo der Fels mit Sondierschächten nicht erreicht wurde, nur ein Damm in Frage kam. Eine kleine Einsattelung im Norden wurde aus finanziellen Überlegungen ebenfalls mit einem Erddamm abgeschlossen.

Unter den schweizerischen Stauseen nimmt der Günsensee eine besondere Stellung ein, da er seit einigen Jahren unter Naturschutz steht und ein wichtiges Naherholungsgebiet der Stadt darstellt. Er wird von einer eigens gegründeten Günsengesellschaft unter tatkräftiger Mithilfe der «St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG» gehegt und gepflegt. So ist der grösste Teil der Seeufer bepflanzt, gut unterhaltene Spazierwege führen rund um den See herum, und auf dem Wasser tummeln sich zahlreiche Vögel aller Art.

## 2. Die Sanierung der Staumauer

Die östliche Abschlussmauer hat eine maximale Höhe von 23,5 m, eine Kronenlänge von 105 m und ist am Mauerfuss bis zu 15 m stark. Die Mauer ist leicht gekrümmt und wurde, wie zu jener Zeit üblich, aus grossen, vermörtelten Nagelfluhblöcken gemauert. Allfällige Hochwasser werden über eine beim linken Widerlager angeordnete Entlastungsrinne abgeleitet.

Als Wasserfassung dienten ursprünglich zwei eingemauerte Druckleitungen; ein eigentlicher Grundablass war nicht vorhanden. Im Zuge der erwähnten Werkserneuerung wurde die Anlage so abgeändert, dass einer der alten Mauerdurchlässe jetzt als Grundablass dient und das Nutzwasser durch eine neuerstellte Seefassung in den Druckstollen und zur Zentrale fliesst.

### 2.1 Die Überprüfung

Erste visuelle Kontrollen und Erkundigungen beim Werkpersonal ergaben, dass sich der Mauerkörper seinem Alter entsprechend in gutem Zustand befindet und weder grössere Risse noch Durchsickerungen noch sonst irgendwelche offensichtliche Schäden aufweist.

Die hydraulische Überprüfung zeigte, dass die Hochwasserentlastung durchaus in der Lage ist, das maximal zufließende Wasser gefahrlos abzuleiten, und dass das vorhandene Freibord den heutigen Anforderungen genügt.

Die statische Nachrechnung ergab mit den heute gebräuchlichen Belastungsannahmen zu kleine Kippsicherheiten und bereits im Normallastfall unzulässige Zugspannungen am wasserseitigen Mauerfuss. Das wurde im vorliegenden Fall allerdings auch erwartet, wusste man doch aus den noch verfügbaren alten Berechnungen, dass die Wirkung des Auftriebs vollständig vernachlässigt worden war.

### 2.2 Die Sanierungsmöglichkeiten

Da die vorhandene Staumauer für den Betrieb des Kraftwerkes noch vollauf genügte, wurde nach einer möglichst kostengünstigen Lösung zur Gewährleistung der geforderten Sicherheiten gesucht.

Eine vollständige Umhüllung des alten Mauerkörpers mit neuem Beton, wie sie sich in anderen Fällen als zweckmässig erwiesen hatte, war hier nicht angebracht, denn die Mauer war noch dicht, ein Umbau des Hochwasserüberfalls nicht notwendig, und eine Mauererhöhung zur Vergrösserung des Stauvolumens und der Produktion kam aus topographischen Gründen ohnehin nicht in Frage.

Im Detail untersucht wurden folglich noch die beiden Varianten «Vorbetonierung auf der Luftseite» und «Verankern der Mauer im Fels».

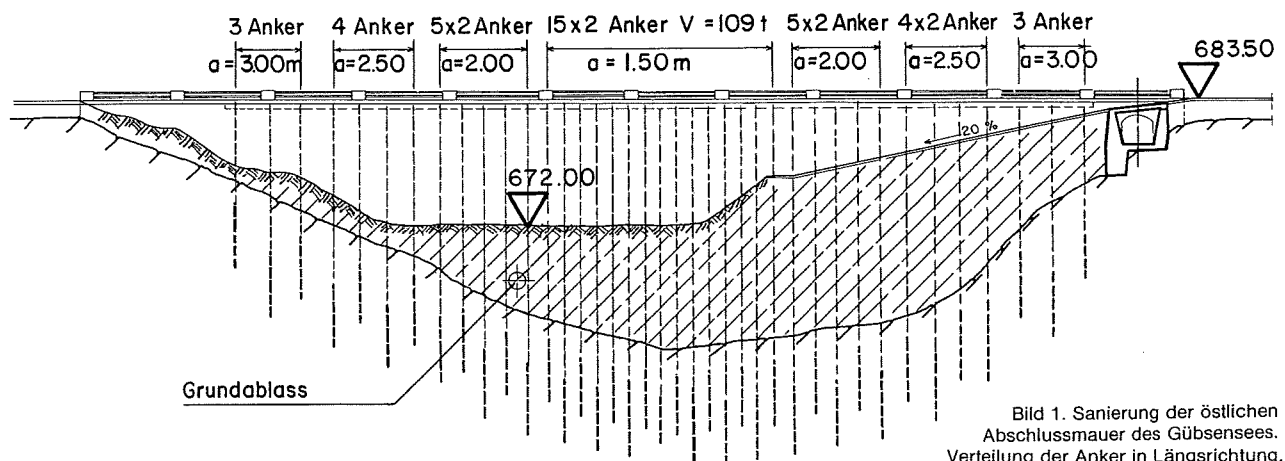


Bild 1. Sanierung der östlichen Abschlussmauer des Günsensees. Verteilung der Anker in Längsrichtung.

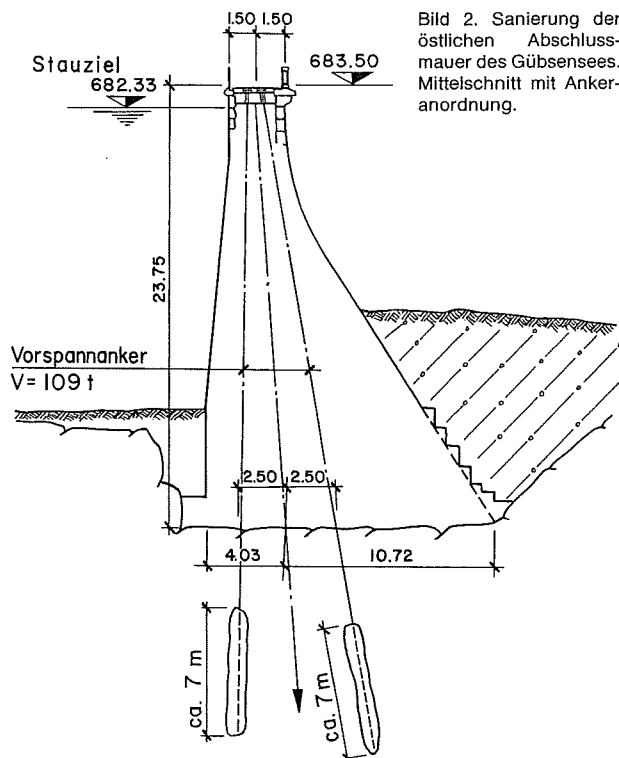


Bild 2. Sanierung der östlichen Abschlussmauer des Gübensees. Mittelschnitt mit Ankeranordnung.

Allein die Bauarbeiten für eine luftseitige Vorbetonierung erwiesen sich als rund doppelt so teuer wie der Einbau von vorgespannten Felsankern. Zusätzlich musste mit erheblichen, durch die während gewisser Bauphasen unerlässliche Seeabsenkung bedingten Produktionseinbußen gerechnet werden. Auch die ästhetischen Aspekte sprachen deutlich gegen die Vorbetonierung, die das Bild des luftseitigen Paramentes und der Krone stark verändert hätte. Der etwas grössere Aufwand für Vorabklärungen und nachträgliche Kontrollen wurde bei der definitiven Wahl der Verankerungslösung bewusst in Kauf genommen.

### 2.3 Das Sanierungsprojekt

Mit den geläufigen Sicherheitsvorschriften für Gewichtsmauern, die unter Normallast einen zugfreien Mauerkörper verlangen, wurden zuerst Grösse und Lage der erforder-

lichen Vorspannkraft in Mauerlängs- und Mauerquerrichtung bestimmt.

Um Bauvorgang und spätere Überwachung nicht unnötig zu komplizieren, beschränkte man sich auf einen einzigen Ankertyp und variierte die Vorspannkraft durch Ändern der Ankerabstände. Es wurde eine mittlere, für den zur Hauptsache aus tragfähigen Nagelfluh- und mit einzelnen schwächeren Mergelschieferlagen durchsetzten Sandsteinbänken bestehenden Felsuntergrund geeignete Ankergrösse mit maximal 109 t Gebrauchskraft gewählt.

Damit ergab sich ein Bedarf von total 68 Anker mit Abständen von 1,5 bis 3,0 m, wobei im zentralen Mauerbereich jeweils zwei Anker pro Schnitt erforderlich waren.

Die minimale Tiefe der Anker wurde aus dem Kippsicherheitsnachweis bei Bruch im Felsuntergrund mit Ausreissen des zugehörigen Felskörpers inklusive Verankerung bestimmt.

### 2.4 Die Bauausführung

Die SIA-Norm 191 verlangt, dass bei Anker der Klasse 5 eine gewisse Anzahl permanent überwacht werden und alle Anker ersetzbar sind. Bei einer Staumauerverankerung ist nun die Anzahl der Anker so gross, dass beim Ausfall eines Kontrollankers unmöglich alle Anker ersetzt werden können, weshalb ausschliesslich Spannglieder mit gefetteten Einzellitzen, die jederzeit kontrolliert werden können, eingebaut wurden. Die Ankerköpfe sind in Einzelschächten mit verschliessbarem Deckel und Entwässerung angeordnet und bleiben damit jederzeit zugänglich.

Ein neuer, kräftiger Balken, der vor dem Bohren zwischen die alten, sehr schön bearbeiteten Granitrandsteine der Mauerkrone betoniert wurde, sorgt für die korrekte Einleitung der Ankerkräfte und enthält die erforderliche Spreizarmierung.

Die Ankerbohrungen wurden durch die im Kronenbalken einbetonierten Futterrohre mit einem Imlochhammer bis auf maximal 41 m Tiefe abgeteuf. Die im Vortrieb in der Nagelfluh erwarteten Schwierigkeiten blieben weitgehend aus; eine Beeinträchtigung der Bohrleistung trat jeweils auf, wenn viel Druckluft durch Risse und Spalten im Mauerkörper und im Felsuntergrund entwich, bzw. wenn Wasser in die Bohrlöcher eindrang.

Bild 3. Östliche Abschlussmauer des Gübensees. Ansicht der Luftseite.



Bild 4. Abbrechen der alten Krone der östlichen Abschlussmauer und Betonieren des Verteilbalkens.

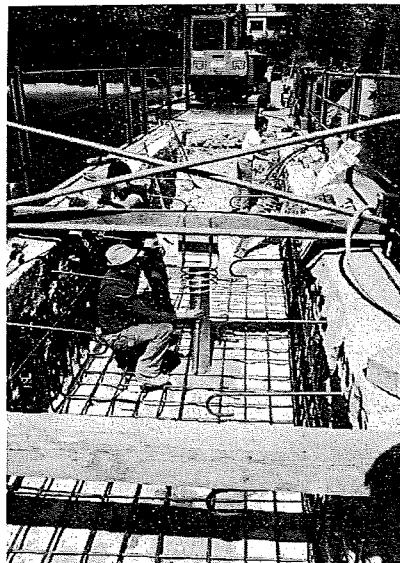


Bild 5. Einbau der Trennwand beim Norddamm.

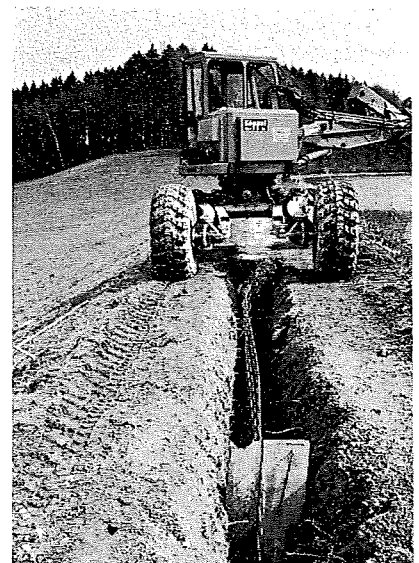




Bild 6. Mauerkrone der östlichen Abschlussmauer mit Kontrollschächten.

Der grösste Teil der Anker wurde trotz der beschränkten Wasserdichtigkeit der Bohrlöcher ohne vorgängige Konsolidierungsinjektionen eingebaut, was sich sowohl auf die Bauzeit als auch auf die Baukosten günstig auswirkte. Der dadurch bedingte Mehrverbrauch an Injektionsgut bewirkte eine zusätzliche Verfestigung des Mauerkörpers.

Um die bei so geringen Ankerabständen unvermeidbare gegenseitige Beeinflussung der Anker auf ein Minimum zu beschränken, wurden die Verankerungszonen gestaffelt angeordnet. Die Vorspannkraften wurden in 3 Etappen aufgebracht, um eine möglichst gleichförmige Krafteinleitung zu gewährleisten.

Alle Anker wurden gemäss den Vorschriften der entsprechenden SIA-Norm geprüft und erfüllen die gestellten Anforderungen. Sechs Anker verfügen über permanente Druckmessdosen, die monatlich an einer zentralen Stelle abgelesen werden. Unter vier Ankerköpfen wurden Dehnmessgeräte einbetoniert, mit welchen Grösse und Entwicklung der Spreizkräfte während des Spannens gemessen werden konnten.

Selbstverständlich wurde die Mauer im Zuge der Sanierung auch mit einer geodätischen Messanlage und den nötigen Einrichtungen zur Überwachung der Sickerwassermengen sowie der Auftriebs- und Temperaturverhältnisse ausgerüstet.

### 3. Die Sanierung der Dämme

Der Westdamm, der das Becken gegen Winkeln hin abschliesst, hat eine maximale Höhe von 15 m und eine Krone von 170 m Länge. Der kleinere Norddamm, der eine Einsattelung längs dem Nordufer abschliesst, ist lediglich 6 m hoch und rund 210 m lang.

Beide Dämme sind sogenannte «homogene Dämme», d. h. sie sind durchwegs aus dem gleichen Material geschüttet

und haben keinen Dichtungskern. Als Schüttgut wurde Gehängelehm aus der nahen Umgebung verwendet, der in seiner natürlichen Form ohne jedwelche Aufbereitung eingebaut wurde und nur leicht verdichtet werden konnte.

Auf die Böschungen des Westdamms musste bereits während der Bauarbeiten eine Kies-Sand-Deckschicht aufgebracht werden, da sich Probleme mit der Standfestigkeit zeigten.

Die Dammböschungen sind mit einer Neigung von 1:2 für heutige Begriffe sehr steil und nur auf der Wasserseite verkleidet d. h. mittels Blockwurf gegen den Wellenschlag geschützt.

#### 3.1 Die Überprüfung

Die visuellen Kontrollen liessen generell auf eine bescheidene Dichtigkeit der Dämme schliessen. Grosse Bereiche der luftseitigen Böschungsfläche waren durchnässt, und bei einigen Leckstellen traten kleine Rinnsale aus. Neben vielen Sträuchern und Buschwerk, das die visuellen Kontrollen der Bauwerke erschwerte, standen auf den Böschungen der Dämme auch zahlreiche grosse Bäume, die einen zusätzlichen Risikofaktor darstellten. Im Verlauf der Zeit sind auch Setzungen aufgetreten, die durch gelegentliches Aufschottern der Krone kompensiert wurden.

Aufgrund des visuellen Eindrucks wurde auch eine Überprüfung des Dammprofils angeordnet, woraus beim Westdamm eine Zone mit ausgesprochenem Unterprofil gegenüber den alten Plänen resultierte.

Eine erste statische Nachrechnung erfolgte, da keine alten Berechnungsunterlagen vorhanden waren, mit vorsichtigen Annahmen für Bodenkenwerte und Grundwasserspiegel. Die Berechnungen ergaben durchwegs eine knapp ungenügende Böschungstabilität, liessen aber vermuten, dass bei leicht besseren Bodenkenwerten und günstigerer Wasserspiegellage ausreichende Sicherheiten resultieren dürften. Es wurde deshalb unverzüglich ein Programm für eine umfassende Sondierkampagne mit den zugehörigen Feld- und Laborversuchen ausgearbeitet und in Auftrag gegeben.

#### 3.2 Die Sondierkampagne

Durch jeden Dammkörper wurden vier Rotationskernbohrungen von 160 bis 100 mm Durchmesser bis einige Meter in den Untergrund abgeteuft. Die Bohrprofile zeigten wie erwartet einen sehr inhomogenen Dammaufbau; die durchfahrenen Materialien umfassten alle möglichen Variationen von reinen Tonen über unterschiedliche Silte bis zu völlig kohäsionslosen Feinsanden. Der Übergang zwischen Dammkörper und Untergrund aus stark verwittertem Mergelfels war mit Ausnahme jener Zonen, wo noch Reste ursprünglicher Torflinsen vorhanden waren, sehr schlecht erkennbar.

Bild 7. Querschnitt durch den Norddamm des Gübensees.

