

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 100 (2008)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Umsetzung der Stauanlagenverordnung im Kanton Zürich  
**Autor:** Hochstrasser, Heinz / Felix, David  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939713>

#### **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:** 21.02.2026

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

# Umsetzung der Stauanlagenverordnung im Kanton Zürich

■ Heinz Hochstrasser, David Felix

**Zusammenfassung**

Im Kanton Zürich wird zurzeit die Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen (StAV) umgesetzt. Bei ca. 320 kleineren Stauanlagen wird überprüft, ob eine besondere Gefahr vorliegt. Als Grundlage dienen die Richtlinien des Bundes zur StAV aus dem Jahr 2002. Für die Untersuchungen werden die vorhandenen Plangrundlagen ausgewertet. Zusätzlich werden die Anlagen besichtigt und wenn erforderlich werden ergänzende Feldaufnahmen durchgeführt. Für jede Anlage werden ein Datenblatt und ein Kurzbericht erarbeitet, die als Basis für das weitere Vorgehen dienen.

Es wird erwartet, dass etwa 30 Stauanlagen aufgrund des Kriteriums der besonderen Gefahr der StAV zu unterstellen sind. Bei einem Dutzend weitere Anlagen dürfte mit einem Absenken des Stauziels erreicht werden, dass keine besondere Gefahr mehr von ihnen ausgeht und sie somit nicht der StAV zu unterstellen sind. Damit wird der Aufwand für die Sanierung und Überwachung dieser kleinen Stauanlagen (Weiher) kleiner. Für Anlagen, die nicht der StAV unterstehen, sind für den Weiterbestand minimale Sicherheitsanforderungen formuliert worden.

Mit der Untersuchung wird der Zustand der Stauanlagen im Kanton Zürich systematisch erhoben. Die Sicherheitsdefizite der Anlagen werden erkannt. Über eine Beurteilungsmatrix bezüglich Schadenspotential und Versagenswahrscheinlichkeit wird das Restrisiko ermittelt. Für die vielen Anlagen lassen sich daraus klare Prioritäten für die Sanierung ableiten.

**Résumé**

Actuellement, le Canton de Zurich met en place l'Ordonnance fédérale sur la Sécurité des Ouvrages d'Accumulation (OSOA). A 320 petits ouvrages d'accumulation la présence d'un danger particulier est relevée, basé sur la directive fédérale concernant les critères d'assujettissement (2002). Pour les investigations, les plans existants des ouvrages sont évalués et complétés par des données saisies sur place lors des inspections. Pour chaque ouvrage une fiche de données et un rapport court sont élaborés, qui servent comme base pour les prochaines actions. Il est estimé qu'une douzaine d'ouvrages d'accumulation est à soumettre à l'OSOA, basé sur le critère de danger particulier. A une autre vingtaine d'ouvrages d'accumulation il est prévu d'abaisser le plan d'eau afin d'éliminer la présence d'un danger particulier. Ces ouvrages ne sont donc pas à soumettre à l'OSOA. Ceci permet de réduire les travaux d'assainissement et l'effort pour la surveillance des ces petits retenues (étangs). Pour les ouvrages d'accumulation, qui ne sont pas à soumettre à l'OSOA, des exigences minimales concernant la sécurité ont été définies pour leur maintien.

Les investigations portent aussi sur un relevé de l'état des ouvrages d'accumulation au Canton de Zurich, qui permet d'identifier les lacunes de sécurité. Le risque résiduel de chaque ouvrage est relevé par une matrice qui contient une estimation du potentiel de dommage et de la probabilité de rupture. Le risque résiduel indique la priorité des nombreux travaux d'assainissement à effectuer.

## 1. Einleitung

Die Sicherheit von Talsperren umfasst die Aspekte konstruktive Sicherheit, Betrieb, Überwachung und Notfallplanung. Grosse Talsperren wurden in der Schweiz schon immer mit einer angemessenen Sicherheit gebaut, betrieben, überwacht und falls erforderlich saniert. Die Anlagen werden durch erfahrene Ingenieure geplant sowie durch geschultes und gut organisiertes Personal betrieben, unterhalten und gewissenhaft überwacht. Für den Notfall sind Massnahmen vorbereitet. Die Oberaufsicht übt das Bundesamt für Energie, Sektion Talsperren, aus.

Von kleineren Stauanlagen hingegen liegen oft keine aktuellen Pläne und Sicherheitsnachweise vor. Die Anlagen werden, insbesondere bei veränderter Nutzung, oft wenig unterhalten und kaum überwacht. Von kleinen und mittleren

Stauanlagen, die nahe einem Siedlungsgebiet liegen und nicht überwacht werden, kann eine verhältnismässig grössere Gefahr ausgehen als von grösseren Stauanlagen.

1998 wurde die Stauanlagenverordnung (StAV), gestützt auf das Bundesgesetz über die Wasserbaupolizei, in Kraft gesetzt. Diese Verordnung bewirkt unter anderem eine Verbesserung der Sicherheit der kleineren und mittleren Stauanlagen.

In der Stauanlagenverordnung und den zugehörigen Richtlinien des Bundes (2002) werden die Anforderungen an die Sicherheit von Stauanlagen definiert. Diese Sicherheitsanforderungen gelten für Stauanlagen, die der Stauanlagenverordnung unterstehen. Eine Stauanlage ist der Stauanlagenverordnung zu unterstellen, wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt ist:

- Stauhöhe  $\geq 5$  m & Stauvolumen  $\geq 50\,000 \text{ m}^3$
- Vorliegen einer besonderen Gefahr für Personen und Sachen

Für die Überwachung der grösseren Stauanlagen ist der Bund zuständig. Die Überwachung der kleineren und mittleren Anlagen wurde den Kantonen übertragen (Grenzen bezüglich Stauhöhe und Stauvolumen siehe Art. 21 StAV).

Die grösseren Stauanlagen, welche der Aufsicht des Bundes unterstehen, sind bekannt. Die Kantone haben nun festzustellen, welche kleinen und mittleren Anlagen der Stauanlagenverordnung zu unterstellen sind. Diese müssen künftig durch die Kantone überwacht werden.

Der Artikel behandelt erste Erfahrungen, die bei der Umsetzung der Stauanlagenverordnung im Kanton Zürich gemacht wurden.

## 2. Vorgehen bei der Untersuchung der zahlreichen kleinen Stauanlagen

In der Zeit der Wasserkraftnutzung bei Industriebetrieben, vor allem zwischen 1850 und 1950, sind im Kanton Zürich zahlreiche kleinere und mittlere Stauanlagen entstanden (siehe beispielsweise *Bild 1*). Heute dienen sie oft dem Naturschutz oder der Naherholung. In jüngerer Zeit sind kleinere und mittlere Stauanlagen zum Schutz vor Naturgefahren (Hochwasserrückhaltebecken, Geschiebesperren etc.) dazugekommen.

In einer ersten Phase werden die Stauanlagen, welche Bestandteil eines Wassernutzungsrechts sind, betreffend StAV-Unterstellung untersucht. Durch das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL) wurden 320 kleinere und mittlere Stauanlagen ausgeschieden, welche zu prüfen sind. Die Arbeiten wurden dem Ingenieurbüro Pöyry Energy AG, Zürich, übertragen.

Nur einzelne Stauanlagen im Kanton Zürich sind aufgrund der geometrischen Kriterien der StAV zu unterstellen. Im Normalfall ist abzuklären, ob eine Stauanlage der StAV zu unterstellen ist, weil eine besondere Gefahr für Personen und Sachen vorliegt.

Prioritär werden diejenigen Anlagen bearbeitet, bei welchen Umbauprojekte zu genehmigen oder die Konzessionen zu erneuern sind. Anlagen mit einem bekannten oder vermuteten relativ grossen Risiko haben ebenfalls hohe Priorität.



**Bild 1.** Luftbild des unteren Luppmenweihers in Hittnau bei Pfäffikon ZH. Ehemalige Wasserkraftanlage von 1876, heute Naturschutzgebiet, Weiher mit 6 m Stauhöhe und 32000 m<sup>3</sup> Stauvolumen. Die ehemaligen Fabrikgebäude werden heute bewohnt und liegen im Flutwellenabflussgebiet bei einem allfälligen Dammbruch. Diese Stauanlage ist aufgrund des Kriteriums der besonderen Gefahr der StAV zu unterstellen.

## 3. Vorliegen einer besonderen Gefahr

### 3.1 Begriff

Der Begriff der besonderen Gefahr ist in der zur StAV gehörenden Richtlinie Unterstellungskriterien (2002) beschrieben. Eine besondere Gefahr liegt vor, wenn bei schützenswerten Objekten (z.B. Wohnräume oder Kantonsstrassen) die Abflussintensität oder -tiefe einer Flutwelle im Falle eines standardisierten Dammbruchszenarios gewisse Schwellenwerte überschreitet (siehe *Tabelle 1* in der Richtlinie Unterstellungskriterien). Die Abflussintensität (q) ist das Produkt aus Abflusstiefe (h) und Fließgeschwindigkeit (v).

Ob eine Stauanlage der StAV zu unterstellen ist, hängt also ab vom Flutwellenabfluss bei einem Versagen des Dammes bzw. der Mauer und von der Situation im Flutwellenabflussgebiet.

### 3.2 Begehung

Von kleineren Stauanlagen sind die vorhandenen Unterlagen oft unvollständig oder nicht aktuell. Die Stauanlage und das Flutwellenabflussgebiet müssen besichtigt werden, um feststellen zu können, ob eine besondere Gefahr vorliegt. Die kleinräumige Geländegeometrie, insbesondere die Höhenverhältnisse bei den gefährdeten Objekten, sind entscheidend: Liegt ein Wohnraum erhöht neben einem grosszügigen Bachbett, ist die Situation weniger kritisch, als wenn der Wohnraum neben einem eingedolten Bach auf Geländehöhe liegt.

## 3.3 Stauhöhe und Breschenabfluss

Für die Abschätzung der Überflutungintensität hat die Bestimmung der Stauhöhe einen entscheidenden Einfluss. Der anzunehmende Breschenabfluss nimmt mit der Stauhöhe überproportional zu (Bild 2), aus hydraulischen Gründen und weil bei einem Damm die Breite der anzunehmenden Standardbresche an die Stauhöhe gekoppelt ist.

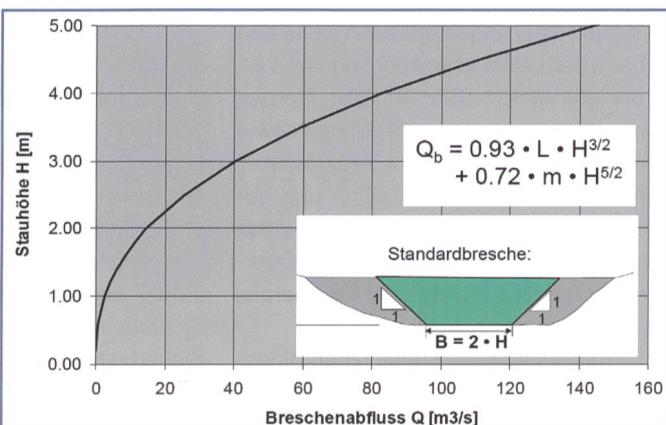
Die Stauhöhe kann nur bei wenigen Anlagen aufgrund von Plänen bestimmt werden (Beispiele von verfügbaren alten Plänen siehe *Bilder 3 und 4*).

Die luftseitige Dammhöhe ist einfach messbar und liefert einen oberen Grenzwert für die Stauhöhe. In Fällen, wo dies zu einer zu ungünstigen Beurteilung führt, wird die Höhenlage des wasserseitigen Dammfusses mit einer Messlatte von einem Boot aus gemessen. Die Schlammsschicht, welche bei einem Dammbruch mobilisiert würde, muss zur Wassertiefe dazugezählt werden. Konsolidierte Sedimente dürfen bei der Bestimmung der Stauhöhe in Abzug gebracht werden. Die Weiher sind wegen Verlandung in der Regel heute weniger tief als auf alten Plänen dargestellt.

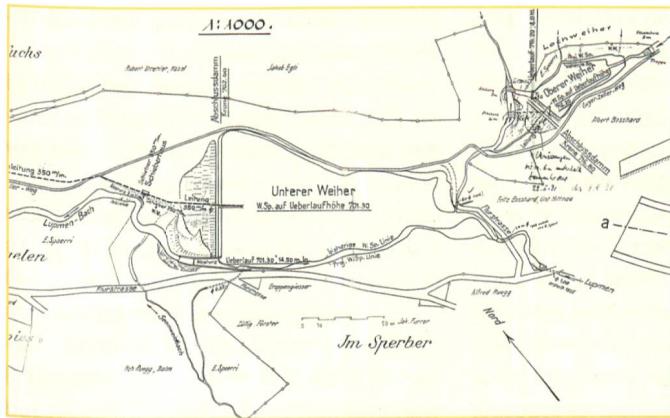
## 3.4 Abschätzung des Flutwellenabflusses

Um das Vorliegen einer besonderen Gefahr zu prüfen, muss die Überflutungintensität und Wassertiefe einer Flutwelle bei zu schützenden Objekten bestimmt werden. Ausgehend vom Breschenabfluss kann der Flutwellenabfluss mit einem der folgenden Verfahren abgeschätzt bzw. berechnet werden:

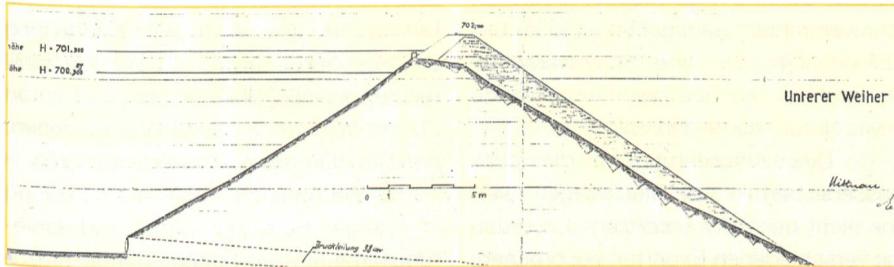
- Bei kleineren Stauhöhen sind Abschätzungen auf der «sicheren Seite» oft ausreichend. Wenn damit gezeigt werden kann, dass der Flutwellenabfluss bis zum Erreichen eines zu schützenden Objekts nicht die geforderten Schwellenwerte überschreitet, ist die Stauanlage nicht als besondere Gefahr einzustufen.



**Bild 2.** Abfluss aus einer Standardbresche eines Schüttdammes: Der anzunehmende Breschenabfluss nimmt mit der Stauhöhe stark zu.



**Bild 3. Situationsplan des unteren und oberen Luppenweiher in Hittnau bei Pfäffikon ZH, mit Höherstau von 1926. Die aktuelle Stauhöhe wurde von einem Boot gemessen.**



**Bild 4. Dammquerschnitt des unteren Luppenweiher in Hittnau bei Pfäffikon ZH, mit Dammerhöhung und Höherstau von 1926. Seither wurde der Damm verbreitert. Beim Umbau 1994 mit ertüchtigter Hochwasserentlastung wurde das Stauziel abgesenkt, heute ist ein Freibord von 2.2 m vorhanden.**

zenden Objekts genügend gedämpft wird, sind keine aufwendigen Rechnungen erforderlich. Bei Stauanlagen entlang eines grösseren Fliessgewässers kann es für die Abschätzung der Überflutungsintensität und -tiefe hilfreich sein, den Flutwellenabfluss mit dem Hochwasserabfluss bzw. der Gerinnekapazität zu vergleichen.

- Bei vorwiegend eindimensionalem Flutwellenabfluss, beispielsweise in einem Bachtobel, kann der Flutwellenabfluss mit dem 1D-Parameter-Verfahren nach CEMAGREF (1994) berechnet werden. In beliebigen Querschnitten kann der Flutwellenabfluss mit der zugehörigen Software «Castor», welche einfach bedienbar ist, bestimmt werden. Falls nur die Dämpfung des Flutwellenabflusses von der Sperrstelle bis zu einem zu schützenden Objekt abgeschätzt werden soll, ist das Diagramm in *Bild 5* für eine schnelle Handrechnung direkt anwendbar.
- Falls sich der Flutwellenabfluss flächig ausbreitet, kann das 2D-Parameter-Verfahren nach Beffa (2000), welches im Anhang zur Richtlinie Unterstellungskriterien (2002) beschrieben ist, angewendet werden. Bei den untersuchten Stauanlagen im Kanton Zürich sind aber die geometrischen Voraussetzungen für die Anwendung dieses Verfahrens (Abfluss auf schiefer Ebene, mit unbegrenzter seitlicher

Ausdehnung) meistens nicht erfüllt.

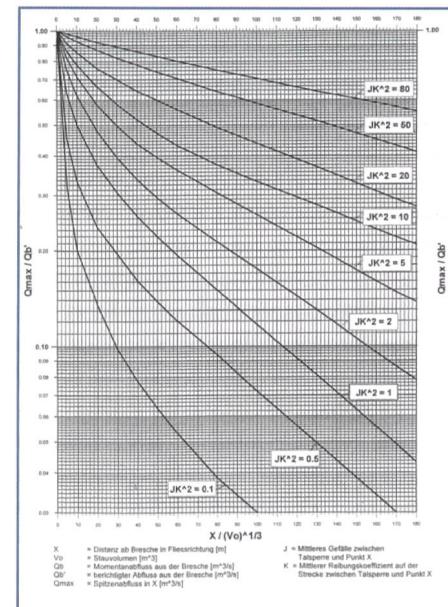
- Zweidimensionale instationäre numerische Berechnungen wurden für die Prüfung der StAV-Unterstellung nicht durchgeführt. Es wäre im Rahmen dieser Abklärungen zu aufwendig, ein digitales Geländemodell mit der erforderlichen feinen Auflösung zu erstellen.

Spezielle Effekte bezüglich des Flutwellenabflusses, beispielsweise Aufteilung der Flutwelle oder der Rückhalt eines bedeutenden Teils der Flutwelle in Geländekammern, werden entsprechend der Felddatenerhebung berücksichtigt.

In der Richtlinie Unterstellungskriterien (2002) sind Schwellenwerte betreffend Abflussintensität und -tiefe enthalten. Bei den untersuchten Stauanlagen im Kanton Zürich sind generell die Schwellenwerte der Abflussintensität massgebend, d.h. es treten in der Regel keine Überflutungen durch langsam fliessendes bzw. stehendes Wasser auf.

Gemäss Richtlinie Unterstellungskriterien (2002) gilt ein stark benutzer Verkehrsweg als zu schützendes Objekt. Bei den Überprüfungen wurde die Strassenklassierung gemäss online-GIS-System des Kantons Zürich berücksichtigt.

Es zeigte sich, dass der Schwellenwert der Abflussintensität von  $q = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  auf Kantonstrassen in vielen Fällen massgebend ist, da er nur ein Viertel des Schwellenwerts bei Wohnräumen in Massivbauweise beträgt.



**Bild 5: Diagramm zum 1D-Paramerverfahren nach CEMAGREF (1994): Die Dämpfung des Flutwellenabflusses zwischen Stauanlage und zu schützenden Objekt kann damit einfach bestimmt werden.**

### 3.5 Dammbruch bei Speicherkaskaden

Gemäss Richtlinie Unterstellungskriterien (2002) sind auch Dammbruchsszenarien in Speicherkaskaden zu berücksichtigen. Im günstigsten Fall kann eine Flutwelle in einer unterhalb liegenden Stauanlage aufgefangen werden. Im ungünstigsten Fall verursacht das Versagen eines Damms den Bruch der unterhalb liegenden Stauanlage, wodurch das Stauvolumen von beiden Anlagen mobilisiert würde (Dominoeffekt).

In der Richtlinie Unterstellungskriterien (2002) sind keine detaillierten Angaben zu den anzunehmenden Bruchszenarien in Speicherkaskaden enthalten. Wir haben die Versagenswahrscheinlichkeit eines unterhalb liegenden Damms beim Überströmen durch eine Flutwelle aufgrund dessen Bauweise anlagen spezifisch beurteilt.

### 4. Stauanlagen, die der StAV unterstehen

Für Anlagen, die der StAV unterstehen, sind die Anforderungen an die konstruktive Sicherheit und die Hochwassersicherheit in der Richtlinie Stauanlagensicherheit (2002) des Bundes beschrieben. So muss bei einem aussergewöhnlichen Hochwassereignis das Bemessungshochwasser ( $H_{Q1000}$ ) abgeleitet werden können, ohne dass an der Stauanlage Schäden entstehen. Bei einem extremen Hochwasser,

dem Sicherheitshochwasser ( $n \cdot HQ_{1000}$ ), können kleinere Schäden in Kauf genommen werden, die Anlage darf aber nicht als Ganzes versagen.

Bei Anlagen, welche der StAV unterstehen, ist ein funktionstüchtiger Grundablass erforderlich (Art. 4 StAV). Weiter ist eine Aktensammlung über die Stauanlage (früher Talsperrenbuch genannt), wie in Art. 16 StAV beschrieben, anzulegen.

Bei allen Anlagen, bei denen eine besondere Gefahr festgestellt wird und welche daher der StAV unterstehen, enthält der Kurzbericht eine Bestandesaufnahme und Empfehlungen für das weitere Vorgehen. Aufgrund dieses Berichts kann der verantwortliche Eigentümer der Stauanlage erforderliche Sicherheitsnachweise oder ein Sanierungsprojekt in Auftrag geben. Sowohl die Planung als auch die bauliche Umsetzung wird durch das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Wasserbau, bewilligt und überwacht.

## 5. Stauanlagen, die der StAV nicht unterstehen

Bei den Begehungen zur Prüfung der StAV-Unterstellung werden die Stauanlagen auch aus wasserbaulicher Sicht beurteilt. So wird der Zustand aller Anlagen erfasst.

Der Grossteil der Stauanlagen im Kanton Zürich ist nicht der StAV zu unterstellen. Von ihnen geht keine besondere Gefahr aus. Es sind in der Regel keine Menschenleben oder grosse Sachwerte gefährdet. Die Anforderungen an die Sicherheit können daher tiefer angesetzt werden als bei Anlagen, die der StAV unterstehen. Für Stauanlagen, welche nicht der StAV unterstehen, wurden minimale Anforderungen an die Hochwassersicherheit festgelegt:

Der Wasserspiegel in einer Stauanlage oberhalb von besiedeltem Gebiet soll während eines 100-jährlichen Hochwassers maximal auf 0.3 m unterhalb der Dammkrone ansteigen (Bild 6). Dieser Standard bezüglich der Hochwassersicherheit

von kleinen Stauanlagen entspricht dem im Hochwasserschutz üblichen Schutzziel im Siedlungsgebiet. Bei Dämmen, welche als erosionsbeständig eingestuft werden, kann aus Sicht der Stauanlagensicherheit ein Überströmen akzeptiert werden.

Weiter soll sich die Stauanlage im Überlastfall gutmütig verhalten, d.h. ein plötzliches Versagen muss vermieden werden. Für die Hochwasserableitung sind deshalb Überfälle und offene Gerinne gegenüber Rohrleitungen und geschlossenen Kanälen zu bevorzugen. Prozesse, welche extreme Hochwasser begleiten (Schwemmholt, Sedimente), sind zu berücksichtigen. Es sind Schwemmholtrechen, Tauchrechen oder Tauchwände sowie Notüberläufe denkbar.

Diese Anforderungen an die Hochwassersicherheit von Stauanlagen, welche nicht der StAV unterstehen, wurden mit verschiedenen Experten besprochen, damit sie fachlich angemessen und umsetzbar sind. Diese Anforderungen kommen zur Anwendung, wenn es um den Fortbestand der Anlage geht, wie zum Beispiel bei Erneuerung der Konzession oder bei Umbauten. Die oben beschriebenen Anforderungen gelten nicht für Weiher mit einer Stauhöhe von weniger als 1 m oder einem Stauvolumen von weniger als 500 m<sup>3</sup> (z.B. Gartenteiche).

Selbstverständlich ist nebst der Hochwassersicherheit auch die Standsicherheit der Stauanlage nachzuweisen (statische und geotechnische Nachweise).

## 6. Beurteilung des Restrisikos und Sanierungsprioritäten

Die systematische Untersuchung der Stauanlagen im Kanton Zürich und die Umsetzung der Stauanlagenverordnung führen zu einer Vielzahl von Sanierungen, welche in nächster Zeit zu realisieren sind. Um diese Sanierungsarbeiten nach Priorität geordnet umzusetzen, entsprechend dem Gefährdungspotential, wurde bei den kleineren Stauanlagen im Kanton Zürich

eine qualitative Beurteilung des Restrisikos eingeführt (Bild 7).

Die Hochwassersicherheit und die Dammstabilität der Stauanlage werden qualitativ beurteilt. Dies führt zu einer Schätzung der Versagenswahrscheinlichkeit. Das Schadenspotential wird aufgrund des Flutwellenabfluss-Szenarios geschätzt.

Die Restrisikomatrix ist an die im Sicherheitsingenieurwesen übliche Darstellung des Risikos als Produkt des Erwartungswerts des Schadens und dessen Eintretenswahrscheinlichkeit angelehnt. Die Klassen sind relativ. Die Beurteilung des Restrisikos dient dazu, bei den zahlreichen kleinen Stauanlagen im Kanton Zürich, welche nicht der StAV unterstehen, den Handlungsbedarf zu differenzieren.

Bei Anlagen mit einer Beurteilung im orangen Bereich in Bild 7 sind Sanierungsarbeiten mit hoher Priorität umzusetzen. Bei Anlagen im gelben Bereich sind Sanierungsarbeiten mittelfristig auszuführen. Bei Anlagen im grünen Bereich besteht zurzeit kein Handlungsbedarf aus Sicht der Stauanlagensicherheit.

## 7. Dokumentation

Von allen untersuchten Stauanlagen wird ein Kurzbericht erstellt. Der Kurzbericht enthält folgende Elemente:

- Datenblatt (Bild 8)
- einen Lageplan der Stauanlage (Ausschnitt aus Übersichtsplan 1:10000, aus online-GIS-System des Kantons Zürich, Ebene öffentliche Gewässer und Wasserrechte)

• Text sowie Fotos  
Die Bearbeitungstiefe der Untersuchung und der Dokumentationsumfang richten sich nach der Bedeutung der Anlage und dem Sanierungsbedarf. Der Bericht enthält nach Bedarf weitere Elemente wie:

- Beschreibung der Anlage, Baupläne, Skizzen von Feldaufnahmen, (z.B. Dammquerschnitte, gemessene Wassertiefen) soweit vorhanden
- Beurteilung der Hochwassersicherheit

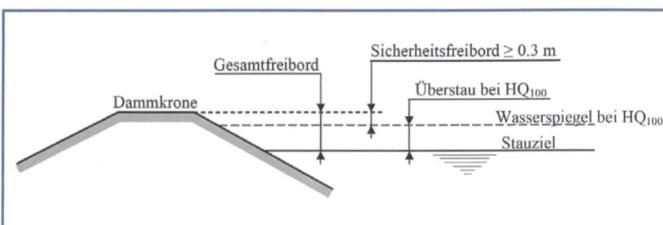


Bild 6. Gefordertes Sicherheitsfreibord bei einer nicht der StAV unterstellten Anlage: 0.3 m über dem Wasserspiegel während einem 100-jährlichen Hochwasser.

| Hochwasser-Sicherheit | Dammstabilität | Schadenspotential           | Restrisiko  |        |             |
|-----------------------|----------------|-----------------------------|-------------|--------|-------------|
|                       |                |                             | erheblich   | mittel | sehr gering |
| gut                   | ●              | ●                           | ●           | ●      | ●           |
| genügend              | ●              | ●                           | ●           | ●      | ●           |
| ungenügend            | ●              | ●                           | ●           | ●      | ●           |
|                       |                | Versagenswahrscheinlichkeit | sehr gering | gering | mittel      |

Bild 7. Qualitative Beurteilung der Sicherheit der Stauanlage und Restrisikomatrix, welche bei der Beurteilung der kleinen Stauanlagen im Kanton Zürich angewendet wird. Das Restrisiko zeigt die Priorität einer Sanierung an.

- (Schätzung des Hochwasserzuflusses, hydraulische Berechnungen zum Bestimmen des Überstaus bei Bemessungshochwasser)
- Darstellung und Beschreibung des Flutwellenabflusses
  - Sanierungsempfehlungen

## 8. Handlungsbedarf und weiteres Vorgehen

### 8.1 Anlagen mit StAV-Unterstellung

Bei Anlagen, welche der StAV zu unterstellen sind (schätzungsweise 30 Anlagen), wird im Bericht angegeben, welche Massnahmen zur Erfüllung der Richtlinie Stauanlagensicherheit (2002) erforderlich sind, beispielsweise:

- Erstellen von fehlenden Nachweisen (Dammstabilität, Hochwassersicherheit)
- Umbauten zur Verbesserung der Hochwassersicherheit
- Nassproben des Grundablasses und jährliche visuelle Kontrolle der Anlage
- Erstellen eines Überwachungskonzepts und z. B. Einrichten geodätischer Messpunkte, Null- und Folgemessungen
- Erarbeiten des Notfallkonzepts

Dem Wasserrechtsinhaber ist es freigestellt, eine detailliertere Untersuchung des Flutwellenabflusses erstellen zu lassen. Wird dadurch nachgewiesen, dass keine besondere Gefahr vorliegt, kann die Anlage von der Unterstellung befreit werden.

| Kleinere Stauanlagen im Kanton Zürich   |   | Baudirektion Kt. Zürich<br>AWEL  |   |  |
|---|---|--|---|--|
| Prüfung der StAV-Unterstellung und Beurteilung  |   |  |   |  |
| <b>Allgemeine Angaben</b>   |   | <b>Beurteilung</b>   |   |  |
| Wasserrecht: 10077<br>Name: unterer Walcheweiher<br>Gemeinde: Winterthur<br>Bezirk: Winterthur<br>Zweck: Naturschutz, Erholung<br>Gewässer: Rosentalbach                              | Hochwassersicherheit<br>gut<br>genügend<br>ungenügend | Dammstabilität<br>gut<br>genügend<br>ungenügend  | Schadenspotential<br>erheblich<br>mittel<br>sehr gering | Restrisiko<br>sehr gering<br>gering<br>mittel      |
| <b>Status</b>   |   | <b>Massnahmen im projektierten Zustand:</b>  |   |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ist-Zustand   | <input type="checkbox"/> an der Stauanlage:           |  |   |  |
| <input type="checkbox"/> projektiert Zustand  | <input type="checkbox"/> am gefährdeten Objekt:       |  |   |  |
| <b>Stauanlage</b>   |   | Koordinaten der Sperrstelle Y = 697'110 X = 283'300  |   |  |
| Sperrtyp: <input checked="" type="checkbox"/> Damm <input type="checkbox"/> Mauer   |   | im Hauptschluss <input type="checkbox"/> im Nebenschluss <input checked="" type="checkbox"/>                                 |   |  |
| Höhenknoten   |   | m ü. M.  | relativ   | Informationsquelle                                 |
| - Unterer Referenzpunkt   |   | - 2.3  | gemessen am 18.04.2007                                  |  |
| - Mittlerer Seegrund  |   | - 1.5  | berechnet aus gemessenen Wassertiefen                   |  |
| - Stauziel  |   | 462  | 0.0   | gemäss Bericht U. Baumann AG                       |
| - Damm-Mauerkrone   |   | 0.5  | gemessen am 01.06.2007                                  |  |
| Geometrie des Rückhalteraums  |   | Länge [m]  | Breite [m]  | Fläche [m <sup>2</sup> ] Volumen [m <sup>3</sup> ] |
| - auf Höhe des Stauziels  |   | 110  | 28  | 3100 4500  |
| - auf Kronenbreite  |   | 120  | 30  | 3600 6100  |
| HW-Entlastungsanlage verstopfungsanfällig: <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein   |   | Kronenlänge [m] = ca. 35   |   |  |
| Stauhöhe H [m] = 2.8  |   | Kronenbreite [m] = min. 2.5<br>Kronenbreite > Stauhöhe: <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein |   |  |
| <b>Gefährdung</b>   |   |  |   |  |
| Breschenabfluss Q <sub>b</sub> [m <sup>3</sup> /s] = 34   |   |  |   |  |
| Berechnungsverfahren <input checked="" type="checkbox"/> Abschätzung <input type="checkbox"/> 1D-Param. <input type="checkbox"/> 2D-Param. (Beffa) <input type="checkbox"/> 2D-Simul. |   |  |   |  |
| untersuchte Stellen bzw. gefährdeten Objekte  |   |  |   |  |
| Distanz m   | Terrain m ü. M.                                       | Q m <sup>3</sup> /s  | v m/s   | h m  |
| neben Rosentalstr. 93   | 250   | 450  | 30  | 4  |
| neben Rosentalstr. 86   | 330   | 448  | 25  | 3  |
| 0.8 3.3 hoch Ja *   |   |  |   |  |
| 0.6 1.8 mittel Nein   |   |  |   |  |
| * Schwellenwert für Wohnraum in Massivbauweise $q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ überschritten   |   |  |   |  |
| <b>StAV-Unterstellung</b>   |   |  |   |  |
| Ja <input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Aufsicht: Bund <input type="checkbox"/> Kanton <input type="checkbox"/>  |   |  |   |  |
| Bemerkungen:  |   |  |   |  |
| Pöry Energy AG (Electrowatt), Zürich bearbeitet: <input type="checkbox"/> FEL geprüft: <input type="checkbox"/> AEM Datum 08.07.2007  |   |  |   |  |

**Bild 8. Datenblatt für jede Stauanlage, mit Restrisikomatrix und Prüfung der StAV-Unterstellung.**

### 8.2 Anlagen mit vorgeschlagenem Umbau zum Vermeiden einer StAV-Unterstellung

Bei Anlagen, welche im bestehenden Zustand der StAV zu unterstellen sind, wird als Alternative aufgezeigt, um wie viel das Stauziel abgesenkt werden müsste, damit die StAV-Unterstellung entfällt.

Eine Absenkung des Stauziels ist oft mit relativ geringem baulichem Aufwand möglich, indem das Überlaufbauwerk tiefer gesetzt wird. Die Kosten für diese Variante sind oft kleiner als bei einem totalen Rückbau. Möglich dürfte dies bei einem Dutzend Stauanlagen sein, die heute oft Naturschutzgebiete sind (Weiher). Für diese ist die Wasserfläche wichtiger als eine grosse Wassertiefe und ein grosses Wasservolumen. Als Nachteil einer geringeren Wassertiefe ist die stärkere Erwärmung des Weiher im Sommer mit den entsprechenden Auswirkungen auf Flora und Fauna sowie die stärkere Verlandung zu beachten.

### 8.3 Anlagen ohne StAV-Unterstellung aber mit Sanierungsbedarf

Rund ein Drittel der Anlagen ist nicht der StAV zu unterstellen und weist sicherheitsrelevante Mängel auf. Folgende Mängel wurden bei den untersuchten, kleineren Stauanlagen typischerweise angetroffen (Beispiele siehe Bild 9):



a) ungenügende Hochwassersicherheit

- verstopfungsanfällige Ausläufe oder Ausläufe mit geringer Kapazität, in Verbindung mit nicht erosionsbeständigen Dammböschungen, geringes Freibord
- nicht gesicherte Hochwasserableitungsgerinne oder nicht gesicherte Tosbecken

b) ungenügende Dammstabilität

- erodierte oder abgerutschte Dammpartien, langfristig nicht stabile Böschungen
- lokal stark durchsickerte Dammstellen
- Gehölze auf schmalen Dämmen (Gefahr von Windwurf, Bildung präferentieller Sickerwege)

Sanierungsempfehlungen werden den Wasserrechtsinhabern mitgeteilt. Diese sind im Rahmen der Konzession verpflichtet, ihre Stauanlage nach den Regeln der Baukunst in einem einwandfreien Zustand zu halten. Die Wasserrechtsinhaber haf-ten gemäss Konzession für Schäden, die durch den Bestand ihrer Anlage entstehen, unabhängig von der Überprüfung der Anlagen durch die Aufsichtsbehörde. Bis zur Ausführung von Sanierungsarbeiten kann es erforderlich sein, den Wasserspiegel in der Stauanlage teilweise oder ganz abzusenken.



**Bild 9. Beispiele für typische Mängel bei kleineren Stauanlagen:** a) oben links, verstopfungsanfälliger Weiherauslauf mit Feinrechen und Ableitung in einem Rohr, b) oben rechts, beschädigte Ufersicherung eines Hochwasserableitungsgerinnes, c) unten links, lokal stark durchsickerter Damm und Wasseraustritt auf der luftseitigen Dammböschung, d) unten rechts, erodierter Damm entlang eines Bachs mit beschädigten Drahtschotterkörben am Dammfuß.

## 8.4 Übrige Anlagen ohne Handlungsbedarf

Bei etwa der Hälfte der untersuchten Anlagen besteht kein Handlungsbedarf aus Sicht der Stauanlagensicherheit. Es handelt sich um Anlagen mit geringem Restrisiko. Diese Anlagen sind in einem guten Zustand, beispielsweise weil sie in den letzten Jahrzehnten umfassend saniert wurden. Oder das Gefahrenpotential der Anlagen ist klein, beispielsweise wenn eine allfällige Flutwelle auf landwirtschaftlich genutzten Flächen abfließt.

## 9. Kritische Würdigung des Verfahrens zum Feststellen der besonderen Gefahr

### 9.1 Berücksichtigung des Schadenspotenzials

Das in der Richtlinie Unterstellungskriterien (2002) beschriebene Verfahren zum Feststellen, ob eine besondere Gefahr vorliegt, erscheint bei kleinen Stauanlagen sinnvoll. Neben der Stauhöhe und dem Stauvolumen wird auch das Schadenspotenzial im Flutwellenabflussgebiet berücksichtigt. Die mögliche Flutwelle eines Weihers in ein unzugängliches Tobel wird nicht gleich beurteilt wie eine gleich starke Flutwelle neben einem Wohnhaus.

Der Unterstellungentscheid ist nicht ausschliesslich von der Stauanlage abhängig, sondern auch von der Entwicklung des Schadenspotenzials. Neue Gebäude oder wichtige Verkehrswege, welche im Flutwellenabflussgebiet erstellt werden, erfordern eine erneute Prüfung der StAV-Unterstellung.

### 9.2 Annahmen betreffend Dammbruch

In der Richtlinie Unterstellungskriterien (2002) wird ein plötzlicher Dammbruch

resp. Mauerbruch vorausgesetzt. Bei kleineren Stauanlagen erscheint diese Annahme sehr konservativ, weil für die Erosion einer Bresche Zeit und Wasser erforderlich sind.

Sind bei einem Damm Ufermauern, Spundwände oder eine Bohrpfahlwand vorhanden, wurde in den Untersuchungen aus Gründen der Einheitlichkeit ebenfalls eine Standardbresche angenommen, auch wenn sich diese aus physikalischer Sicht kaum ausbilden kann.

Aus Sicht der Anwendbarkeit des Verfahrens und der Vergleichbarkeit der Resultate sind die in der Richtlinie Unterstellungskriterien definierten Annahmen zu begrüssen. Ein Bruchszenario gemäss Richtlinie tritt aber nicht in dieser Art ein, es ist vielmehr eine Modellvorstellung zum Ermitteln der möglichen Gefährdung.

### 9.3 Einfluss der Dammbreite

Bei der Flutwellenberechnung ist die konkrete Bauweise und der Zustand der Stauanlage, d.h. deren Bruchwahrscheinlichkeit, unerheblich. Es gelten für schmale und breite Dämme die gleichen Schwellenwerte.

Bei Dämmen, welche im Verhältnis zur Stauhöhe sehr breit sind, führt dieser Ansatz zur Frage, was überhaupt als Damm zu klassieren sei. Es wird vorgeschlagen zu prüfen, ob in der Richtlinie ein Grenzwert bezüglich des Verhältnisses Dammbreite / Dammhöhe bzw. Neigung der luftseitigen Dammböschung aufgenommen werden könnte. Bei sehr flachen Dammböschungen, die sich kaum von einem leicht geneigten Gelände unterscheiden, oder bei sehr breiten Dämmen wäre dann kein Bruchszenario zu untersuchen.

Eine weitere Möglichkeit, um eine zu konservative Beurteilung zu vermeiden, wäre bei relativ breiten Dämmen und klei-

nen Stauanlagen (Beispiel siehe Bild 10) die Bresche im Bruchszenario nicht bis auf die Tiefe des Weihergrunds anzunehmen. Die annehmende Breschentiefe könnte beispielsweise von der Dammbreite abhängig gemacht werden.

## 9.4 Praktische Anwendbarkeit des Verfahrens

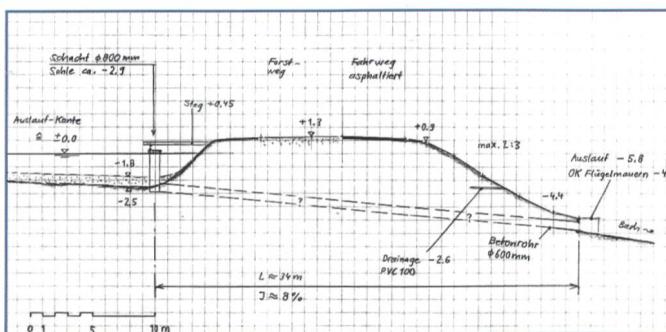
Das Verfahren zum Feststellen einer besonderen Gefahr ist durch einen Ingenieur mit guten Hydraulikkenntnissen in der Praxis anwendbar. Es bringt aber, abgesehen von Bagatelfällen, einen nicht zu unterschätzenden Aufwand für die Datenerhebung im Feld mit sich. In Grenzfällen besteht ein Ermessensspielraum, weil die Abflussintensitäten bei zu schützenden Objekten in der Praxis nur mit beschränkter Genauigkeit bestimmt werden können.

Es wird empfohlen, bei der Untersuchung der StAV-Unterstellung von kleineren Stauanlagen den Schwerpunkt nicht auf Berechnungen, sondern auf Begehungen zu legen und das Flutwellenabfluss-Szenario vor allem im Feld zu entwickeln.

## 10. Fazit und Schlussbemerkungen

Von den rund 320 kleinen Stauanlagen im Kanton Zürich, welche Bestandteil eines Wasserrechts sind, ist nur ein Bruchteil der StAV zu unterstellen. Bei einem Drittel der Anlagen sind sicherheitsrelevante Mängel zu sanieren. Bei der Hälfte der Anlagen besteht kein Handlungsbedarf aus Sicht der Stauanlagensicherheit (siehe Tabelle 1).

Durch die Untersuchung der StAV-Unterstellung wird die Dokumentation über die bestehenden kleineren Stauanlagen im Kanton Zürich ergänzt und aktualisiert. Mit dem Datenblatt und dem Kurzbericht zu jeder Stauanlage wird ein Inventar der



**Bild 10. Dammquerschnitt des unteren Kohlholzweiher bei Embrach. Mit dem verstopfungsanfälligen Auslauf ist bei grösseren Hochwassern ein Überlaufen des Weiher zu erwarten. Wegen der breiten Dammkrone und des relativ geringen spezifischen Abflusses beim Überströmen, ist aber die Bildung einer Bresche bis auf die Tiefe des Weihergrunds infolge eines Hochwasserereignisses praktisch nicht möglich.**

| Kl. | Beschreibung   | Anzahl | Anteil |
|-----|--|--------|--------|
| 1   | der StAV zu unterstellen, unter Aufsicht des Kantons; Massnahmen zur Erfüllung der Anforderungen gemäss Richtlinie Stauanlagensicherheit des Bundes erforderlich | 30     | 9 %    |
| 2   | im bestehenden Zustand der StAV zu unterstellen, Massnahmen erforderlich, Umbau ohne StAV-Unterstellung empfohlen (Absenkung des Stauzels)                       | 13     | 4 %    |
| 3   | im bestehenden Zustand nicht der StAV zu unterstellen, Massnahmen zum Erfüllen der Regeln der Baukunst prioritär (orange in Restrisiko-Matrix)                   | 7      | 2 %    |
| 4   | im bestehenden Zustand nicht der StAV zu unterstellen, Massnahmen zum Erfüllen der Regeln der Baukunst empfohlen (gelb in Restrisiko-Matrix)                     | 87     | 27 %   |
| 5   | im bestehenden Zustand nicht der StAV zu unterstellen, kein Handlungsbedarf aus Sicht der Stauanlagensicherheit (grün in Restrisiko-Matrix)                      | 180    | 57 %   |
| 6   | Rückbau oder Stauanlage existiert nicht mehr   | 3      | 1 %    |

**Tabelle 1. Provisorische Übersicht über die 320 kleinen Stauanlagen im Kanton Zürich (Wasserrechtsanlagen) betreffend StAV-Unterstellung und Sanierungsbedarf, Schätzung vom Oktober 2008.**

Stauanlagen im Kanton Zürich erstellt, mit Fokus auf die Stauanlagensicherheit und wasserbauliche Aspekte.

Nebst der Erhebung des bestehenden Zustands werden Sanierungsempfehlungen abgegeben. Mit der Realisierung dieser empfohlenen Massnahmen wird die Sicherheit aller Stauanlagen im Kanton Zürich verbessert – auch bei denen, die nicht der StAV unterstehen.

Die eingeführte Beurteilung des Restrisikos der Anlagen erlaubt eine nach Priorität geordnete Umsetzung der umfangreichen, anstehenden Sanierungsarbeiten. Die vorhandenen finanziellen Mittel können gezielt entsprechend dem Gefahrenpotenzial eingesetzt werden.

## Referenzen

- Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen (Stauanlagenverordnung, StAV) vom 07.12.1998, SR 721.102  
 Sicherheit der Stauanlagen, Basisdokument Unterstellungskriterien, Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Version 1.0, Biel, Juni 2002  
 Sicherheit der Stauanlagen, Richtlinie, Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Biel, Version 1.1, November 2002  
 Paquier, A., Calcul simplifié des ondes de rupture de barrages; informations techniques du CEMAGREF, note 1, Lyon, décembre 1994  
 «Castor»: Software für die vereinfachte Berechnung von Dammbruchwellen mit dem 1D-Parameterverfahren, CEMAGREF Lyon, <http://www.>

lyon.cemagref.fr/hh/panorama/logiciels/castor/index.shtml

Geografisches Informationssystem (GIS) des Kantons Zürich: Übersichtspläne sowie Ebenen «öffentliche Gewässer und Wasserrechte» und «Strassen», [www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch)

## Anschriften der Verfasser

Heinz Hochstrasser, dipl. Bau-Ing. ETH  
 AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich, Walcheplatz 2, Postfach, CH-8090 Zürich, [heinz.hochstrasser@bd.zh.ch](mailto:heinz.hochstrasser@bd.zh.ch)

David Felix, dipl. Bau-Ing. ETH

Pöyry Energy AG (vormals Electrowatt-Ekono), Hardturmstrasse 161, Postfach CH-8037 Zürich, [david.felix@poyry.com](mailto:david.felix@poyry.com)

# Zustandserfassung und Instandstellung von Talsperren

Eduard Ammann

## 1. Einleitung

In meiner gut 35-jährigen Tätigkeit hatte ich die Gelegenheit mehrere kleine Stauanlagen zu beurteilen. Neben Zustandsaufnahmen und Sicherheitsanalysen konnte ich auch verschiedene Sanierungsprojekte realisieren.

Das Ganze begann 1975 mit der Sanierung der Staumauer Muslen über dem Walensee und setzte sich bis heute fort. Zurzeit wird die Staumauer Eguchi im Safiental saniert und das Sanierungsprojekt für die Gewölbesperre Pian Sapeio, in den Bergen hinter der Küste Liguriens, wartet auf die Genehmigung aus Rom.

Ich habe auch schon mehrmals über meine Arbeiten berichtet, und ein paar Vorträge wurden in Publikationen des ICOLD oder in «Wasser, Energie, Luft» veröffentlicht.

In meinem heutigen Referat versuche ich die massgebenden Punkte der Zustandserfassung und Instandstellung einer Staumauer zusammenzufassen und einige Folgerungen allgemeiner Natur aus meinen Projekten zu ziehen.

Ich muss aber betonen, dass es keine Kochbuchlösungen gibt und die Projekte immer individuell auf die Anlage zugeschnitten werden müssen. Neben un-

konventionellen Lösungen sind oft auch gewisse Kompromisse gefragt.

Das hier an kleineren Anlagen aufgezeigte Vorgehen führt natürlich auch bei grossen Stauanlagen zum Ziel.

## 2. Zustandserfassung

Die Zustandserfassung beginnt in der Regel mit der Prüfung der Unterlagen, darauf folgt eine Begehung der Anlage und erst dann werden die ersten Berechnungen durchgeführt.

### 2.1 Prüfung der Unterlagen

Neben den aktuellen Anlagedaten sind häufig noch Pläne aus der Erstellungszeit, alte Berechnungen, Umbaupläne, usw. vorhanden. Manchmal muss man allerdings etwas insistieren bis die Anlagebesitzer die alten Unterlagen zusammensuchen, oft gar selbst ins Archiv gehen und die Aktenberge durchforsten.

Beschriebe in Fachzeitschriften, Prospekte der Kraftwerksgesellschaft, alte Fotos, Zeitungsartikel aus der Erstellungszeit, usw. liefern zusätzliche Informationen über eine Anlage. Falls vorhanden, werden natürlich auch die Resultate von Materialprüfungen und der Staumauerüberwachung gesichtet.

Häufig kann man bereits anhand der alten Pläne und Berechnungen feststellen, dass eine Sanierung der Anlage unumgänglich ist. Z.B. weil der Mauerquerschnitt zu schlank ist oder weil die Berechnungen ohne Berücksichtigung der Auftriebskräfte durchgeführt wurden.

### 2.2 Begehung

An der Begehung prüft man als erstes ob die Anlage den vorhandenen Plänen entspricht, da die früher archivierten Baupläne selten der effektiven Ausführung entsprechen. Selbst wenn vertrauenswürdige Unterlagen vorliegen, müssen die wichtigsten Abmessungen unbedingt vor Ort kontrolliert werden.

Dann wird der Zustand der verschiedenen Anlageteile beurteilt: Welche sind in gutem Zustand und können unverändert weiter verwendet werden, welche sind beschädigt, lassen sich aber mit vernünftigem Aufwand in Stand stellen und welche werden am besten ersetzt. Dabei sollte man auch prüfen was von der Bedienung und Zugänglichkeit her sowie im Bezug auf Service und Unterhalt noch den heutigen Ansprüchen genügt und was nicht. Bei der Begehung muss man sich unbedingt von Anlagebesitzer und Be-

