Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 84 (1992)
Heft: 7-8

Artikel: Breitkroniges Wehr
Autor: Hager, Willi H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940571

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: 24.12.2025

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

Breitkroniges Wehr

Ein Versuch zur Standardisierung

Willi H. Hager

Zusammenfassung

Die Abflusseigenschaften des breitkronigen Wehres werden für den üblichen Abflusstyp anhand von Modellversuchen angegeben. Eine vollständige Ähnlichkeit sowie ein hoher Grenzeinstau sind günstige Voraussetzungen für die Standardisierung dieses Wehrtyps.

Résumé: Déversoir à seuil épais

Les caractéristiques d'écoulement du déversoir à seuil épais sont spécifiées suite à des essais hydrauliques dans le domaine d'écoulement type. Une similarité parfaite et la haute submersion limite sont des conditions favorables pour la standardisation de ce type de déversoir.

Summary: Broad-crested weir

The flow features of the broad-crested weir are specified with model data for the weir with a type broad crest. A perfect similarity as well as a high modular limit are favorable in terms of standardisation of this weir type.

Einleitung

Das breitkronige Wehr findet als einfaches Überfallbauwerk bei kurzfristigen oder temporären Abschlussarbeiten im Wasserbau Verwendung; man trifft es infolge der einfachen Geometrie und der kostengünstigen Erstellung aber auch in Entwicklungsländern an, etwa bei Bewässerungsanlagen. Historisch gesehen ist es die früheste Bauform eines Wehres, da es sowohl statisch als auch hydraulisch einfach und trotzdem zufriedenstellend ist. Heute finden sich breitkronige Wehre nur noch selten im Wasserbau, da andere Wehrformen – so das scharfkantige Wehr bei Überfallhöhen bis max. 1 m und das Wehr mit Standardkrone ab Überfallhöhen von etwa 3 m – effizienter scheinen. Im Bereich von rund 1 bis 3 m hingegen hat sich keine Wehrform durchsetzen können. Das scharfkantige Wehr ist statisch nur mehr mit grossem Aufwand auszubilden, während die Vorteile des Standardüberfalls sich noch nicht auszahlen. Das Wehr mit polygonaler oder kreisförmiger Krone hat in diesem Bereich des «Kleinwasserbaus» jedoch eine gute Chance, sich sowohl statisch als auch hydraulisch und kostenmässig durchzusetzen. In der Folge soll das breitkronige Wehr mit vertikalen Ober- und Unterwasserwänden als Spezialfall näher betrachtet werden. Anhand einer Literaturstudie ist dessen Funktionstüchtigkeit und Genauigkeit als Durchflussmessbauwerk bereits nachgewiesen worden (*Hager* 1992).

Beschreibung

Das breitkronige Wehr mit Standardgeometrie zeichnet sich aus durch (Bild 1):

- vertikalen Ober- und Unterwasserabschluss,
- glatte Oberfläche des Wehrkörpers,
- geraden Zu- und Ablaufkanal,
- Rechteckquerschnitt von der Breite b,
- scharfe Oberwasserkante.

Die Geometrie des Überfalls lässt sich beschreiben durch die Überfallhöhe h_o, die Wehrhöhe w, die Wehrlänge L_w und die Unterwassertiefe h_u. Für einen bestimmten Durchfluss Q stellt sich die Überfall-Energiehöhe ein

$$H = h_o + Q^2/[2gb^2(h_o + w)^2]. \quad (1)$$

Der Durchfluss Q lässt sich berechnen durch die Beziehung

$$Q = C_d b(2gH^3)^{1/2}. \quad (2)$$

Dabei entspricht C_d dem auf die Energiehöhe H bezogene Überfallbeiwert. Dadurch entfällt eine Abhängigkeit des Parameters C_d von der Wehrhöhe w. In Abhängigkeit der relativen Wehrlänge $\sigma_w = H/L_w$ lassen sich vier verschiedene Überfallabflusstypen unterscheiden:

$\sigma_w < 0{,}1$	langkroniges Wehr,
$0{,}1 < \sigma_w < 0{,}4$	breitkroniges Wehr,
$0{,}4 < \sigma_w < 1{,}5$	kurzkroniges Wehr, und
$1{,}5 < \sigma_w$	scharfkroniges Wehr.

Für das breitkronige Wehr ($0{,}1 < \sigma_w < 0{,}4$) lässt sich der Überfallbeiwert praktisch konstant angeben (±1%) zu C_d = 0,326. Dieser typische Abflussbereich soll in der Folge näher beschrieben werden, da er sich auszeichnet durch vollkommene Ähnlichkeit und geeignet wäre für den standardisierten Überfall.

Abfluss-Charakteristika

Anhand eines umfangreichen Messprogramms für Energiehöhen von 27 bis 205 mm über einem Wehr von w = 400 mm Wehrhöhe und L_w = 500 mm Wehrlänge lassen sich die folgenden dimensionslosen Angaben für $-1 < x/H < 3$ entnehmen (Bild 2):

- Das Überfalloberflächenprofil h/H in Abhängigkeit der Lagekoordinate X = x/H,
- das Ablösungsprofil h_a/H hinter der Oberwasserkante mit einem Maximalwert 0,20 H an der Stelle 0,44 H,
- das Bodendruckprofil h_p/H mit einem Anfangswert $h_a(0)$ = 0,565 H und einem Maximalwert 0,73 H an der Stelle 1,05 H,
- Geschwindigkeitsprofile U(Z) mit $U = u/(2gH)^{1/2}$ als Horizontalkomponente und Z = z/H als Vertikalkoordinate an verschiedenen Stellen X = –0,5; 0; +0,5; +1; +2.

Diese Angaben basieren auf rund zehn Versuchen mit

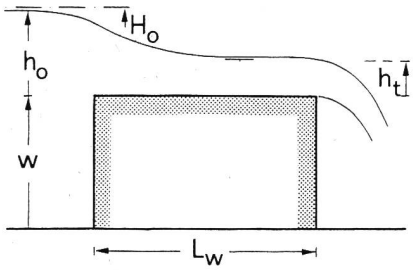

Bild 1. Breitkroniges Wehr.

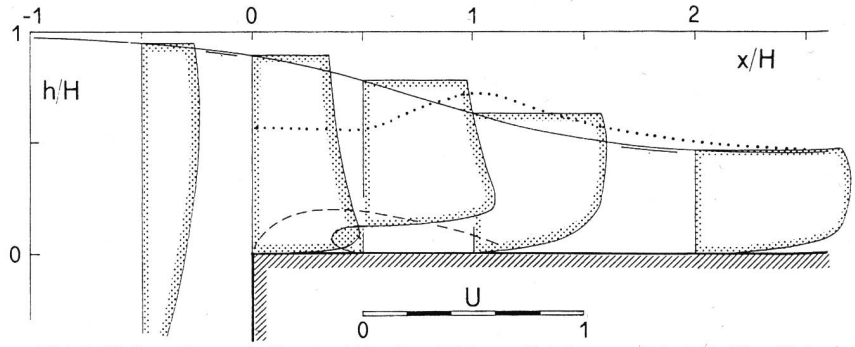

Bild 2. Abflusseigenschaften breitkroniger Wehre mit $0{,}1 < \sigma_w < 0{,}4$. (—) Oberflächenprofil, (- - -) Ablösungsprofil, (. . .) Bodendruckprofil und Geschwindigkeitsprofile U (Z).

$0{,}1 < \sigma_w < 0{,}4$. Aus Übersichtlichkeitsgründen sind die einzelnen Messpunkte weggelassen, sie liegen jedoch eng zusammen und weisen auf eine ausserordentlich gute Ähnlichkeit hin. Bei gegebener Überfall-Energiehöhe lassen sich somit die wichtigsten Eigenheiten Bild 2 direkt entnehmen.

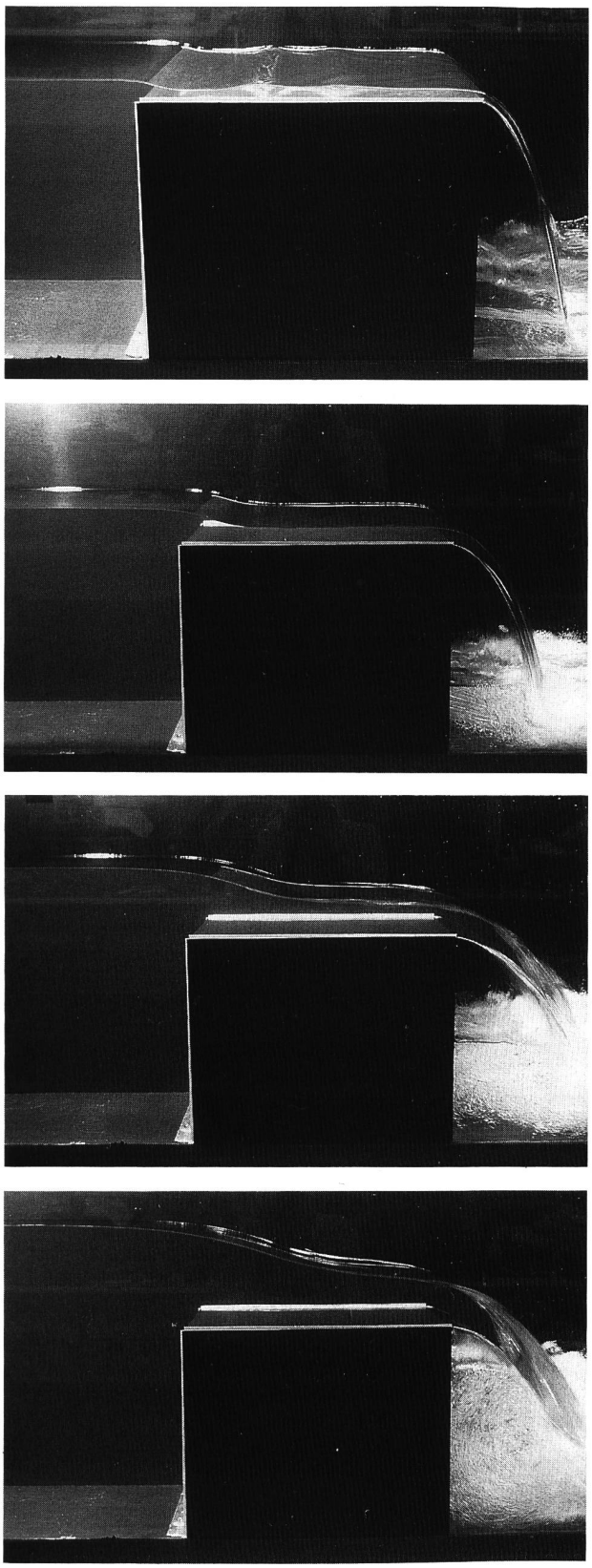

Bild 3. Frontalansichten des breitkronigen Wehres für (von oben nach unten) $\sigma_w = 0{,}06$, 0,13, 0,27 und 0,39.

Fotografien

Um den Abflussvorgang zu verdeutlichen, sind Fotos hergestellt worden, die typische Strömungsvorgänge zeigen. Bild 3 bezieht sich auf Frontalansichten für verschiedene Werte $\sigma_w < 0{,}40$. Bei $\sigma_w = 0{,}06$ stellen sich Oberflächenwellen ein, die mit denjenigen des ondulierenden Wassersprungs verglichen werden können. Für $0{,}1 < \sigma_w < 0{,}4$ ergibt sich der besprochene Abfluss mit einem Mittelstück von praktisch konstanter Fliesstiefe $h_m = 0{,}46H$. Fälschlicherweise wird oft angenommen, hier stelle sich kritischer Abfluss ein. Wie sich anhand von Bild 2 jedoch nachweisen lässt, ist mit $U_m \simeq 0{,}7$ der Wert $\mathbf{F}_m = u_m/(gh_m)^{1/2} = (2gH)^{1/2}U_m/[(gH)^{1/2}(h_m/H)^{1/2}] = (2)^{1/2}0{,}7/0{,}46^{1/2} = 1{,}46$. Bei einer langen Wehrkrone verzögert sich der Abfluss, und es kann sich der beschriebene ondulierende Wassersprung einstellen.

Das Ablösungsbereich nimmt hinter der scharfkantigen Oberwasserkrone mit vertikaler Begrenzungswand eine beträchtliche Höhe von 0,20 H ein. In Bild 4 wurde ein Druckanschluss mit Fluoreszine beschickt, womit sich die Ablösungszone sowie auch der Stromlinienverlauf bildlich wiedergeben. Nach Bild 2 beträgt die mittlere Geschwindigkeit an der Stelle X = + 0,5 etwa U = 0,55, am Bodenablösungshochpunkt wird deshalb ein Wert von etwa $U_M = 0{,}54$ auftreten. Mit einer Wassertiefe von $h_M/H = 0{,}80$, also einer Vorwärtsströmungstiefe von $0{,}8H - 0{,}2H = 0{,}6H$ ergibt sich für die Froudezahl $\mathbf{F}_M = (2gH)^{1/2}\ 0{,}54/[(gH)^{1/2}\ 0{,}6^{1/2}] = 2^{1/2}\ 0{,}54/0{,}6^{1/2} = 0{,}99$. Damit lässt sich auch experimentell als kritischer Punkt der Hochpunkt der Bodenablösung ausweisen. Für den Überfallbeiwert folgt $Q = (2gH)^{1/2}\ U_M b\ 0{,}6H = C_d b(2gH^3)^{1/2}$, also $C_d = 0{,}6 \cdot 0{,}54 = 0{,}324$ gegenüber 0,326(+0,6%) nach Abschnitt 2.

Das Einstauverhalten ist eine wichtige Eigenschaft von Überfall-Messbauwerken. In Bild 5 ist anhand einer Bildserie der Einfluss des Unterwassereinstaus $y_t = h_u/H$ dokumentiert. Für $y_t = 0{,}03$ liegt der Tauchstrahl mit überlagerter Deckwalze vor. Bei $y_t \cong 0{,}45$ wechselt der Tauchstrahl in den Wellstrahl und bei $y_t = 0{,}52$ stellt sich ein Abfluss mit praktisch horizontalem Spiegel weit ins Unterwasser ein (Bild 5c). Bei $y_t = 0{,}68$ wird dann am Wehrende eine stehende Welle erzeugt (Bild 5d), der Abfluss über die Wehrkrone ist jedoch noch durchwegs schiessend. Weiterer Unterwassereinstau bringt dann jedoch die Welle zum Brechen. Sie bewegt sich bei etwa $y_t = 0{,}78$ an den Endpunkt der Bodenablösung hin und beeinflusst erst jetzt den Zufluss. Während sich dann noch ein direkter Wassersprung einstellt, wird dieser für $y_t = 0{,}85$ ondulierend mit brechender Front. Bei $y_t = 0{,}90$ treten lediglich noch Ondulationen auf, während der tiefeingestaute Abfluss mit $y_t = 0{,}95$ praktisch eine horizontale Oberfläche aufweist.

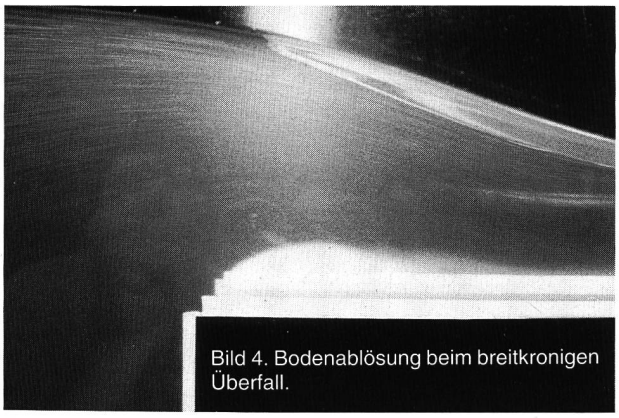

Bild 4. Bodenablösung beim breitkronigen Überfall.

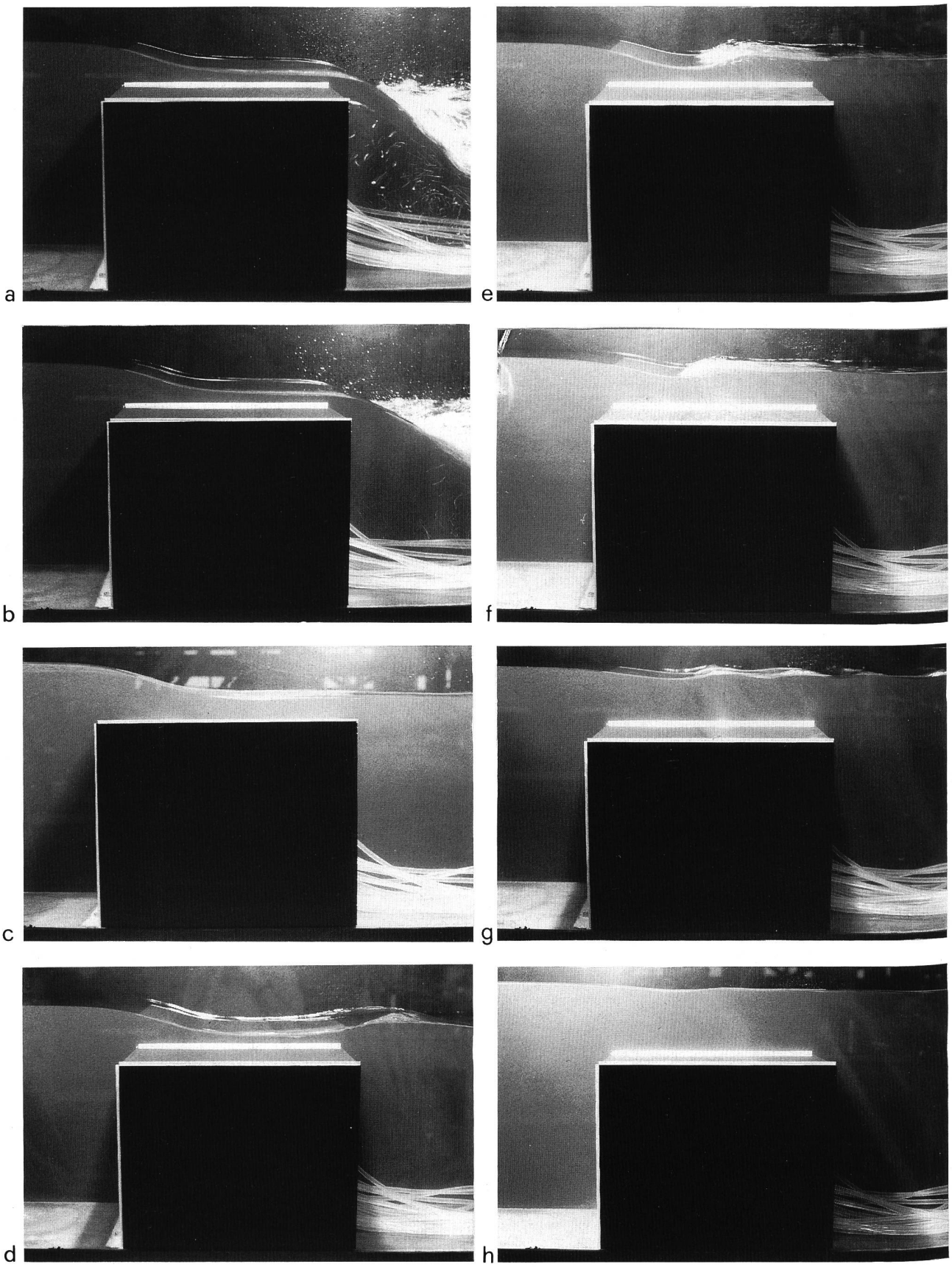

Bild 5. Einstauverhältnisse beim breitkronigen Überfall. y_t = a) 0,03, b) 0,20, c) 0,52, d) 0,68, e) 0,78, f) 0,85, g) 0,90, h) 0,95.

Beachtlich am breitkronigen Überfall ist wohl die extrem hohe Einstaufreiheit. Der Unterwasserstand darf somit bis zu fast 80% der Energiehöhe H reichen, ohne dass eine Beeinflussung des Durchflusses aufträte. Beim scharfkantigen Überfall muss der Unterwasserspiegel mindestens 50, besser 100 mm unter der Überfallkrone liegen, beim Standardüberfall hängt der Grenzeinstau vom Schussrinnengefälle ab, beträgt aber nur rund y_t = 0,5

(*Sinniger* und *Hager,* 1989). Damit lässt sich das breitkronige Wehr hervorragend auch bei flachen Gebieten mit hohem Rückstau einsetzen.

Schlussfolgerungen

Das breitkronige Wehr im Abflussbereich $0{,}1 < H/L_w < 0{,}4$ besitzt einen vollständig ähnlichen Strömungsverlauf. Das Oberflächenprofil, das Bodendruckprofil, das Ablösungsprofil sowie die Geschwindigkeitsprofile lassen sich allein mit der Zuflussenergiehöhe H normieren. Bild 2 zeigt das verallgemeinerte Strömungsbild. Der zugehörige Überfallbeiwert C_d bleibt auf ±1% konstant. Ferner lässt sich dieses Wehr bis auf knapp 80% einstauen, ohne dass die Abflusskonfiguration ändern würde. Damit sind die Voraussetzungen gegeben für einen standardisierten Überfalltyp, der sich vorteilhaft für Überfallhöhen zwischen 1 m und 3 m einsetzen lässt.

Literatur:
Hager, W.H. (1992). Breitkroniger Überfall. «wasser – energie – luft;» erscheint demnächst.
Sinniger, R.O. und *Hager, W.H.* (1989). Constructions hydrauliques – Ecoulements stationnaires. Presses Polytechniques Romandes: Lausanne.

Adresse des Verfassers: Dr.sc.techn. *Willi H. Hager,* Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

Surélévation du barrage de Lalla Takerkoust (Maroc)

Conception, réalisation, auscultation

Roger Cornut

1. Introduction, description sommaire des travaux

Le barrage-poids de Lalla Takerkoust sur l'oued N'Fis, situé dans les premiers contreforts du Haut-Atlas à 35 km au Sud de Marrakech, a été construit entre 1928 et 1934 (figure 1).

Sa surélévation de 9 mètres (1978–1980) a permis de doubler le volume de la retenue qui avait perdu, par envasement, le tiers de sa capacité initiale (figure 2). La partie non déversante du barrage (273 m) a été surélevée par adjonction de béton et ancrages précontraints dans la partie centrale, les plots de rive étant simplement «engraissés» (figure 5) sur le parement aval.

Dans la zone précontrainte de 162 m de longueur, l'équilibre est assuré par 54 tirants de fort tonnage, espacés généralement de 3 mètres (minimum 2 m) et ancrés à 25 m sous le niveau de fondation, ce qui représente une longueur moyenne de câble de 90 m (maximum 114 m). Le béton de surélévation intéresse en fait une hauteur de 20 m, entre la reprise de bétonnage sur le parement aval et le couronnement; les dimensions de l'ouvrage imposaient en effet un épaississement aval qui a été lié à l'ancien béton par des câbles ancrés dans une galerie existante et des tirants scellés dans le béton (figures 3 et 4).

L'évacuateur de crues, 4 passes de 15 m de largeur, a été équipé de nouvelles vannes du type segment de 6,70 m de hauteur, ce qui a nécessité une surélévation de 7,60 m des déversoirs et de 7,00 m des piliers. Ces derniers sont précontraints horizontalement par des câbles et verticalement par des tirants en rocher pour reprendre les efforts des vannes et assurer la stabilité générale des plots (figure 6).

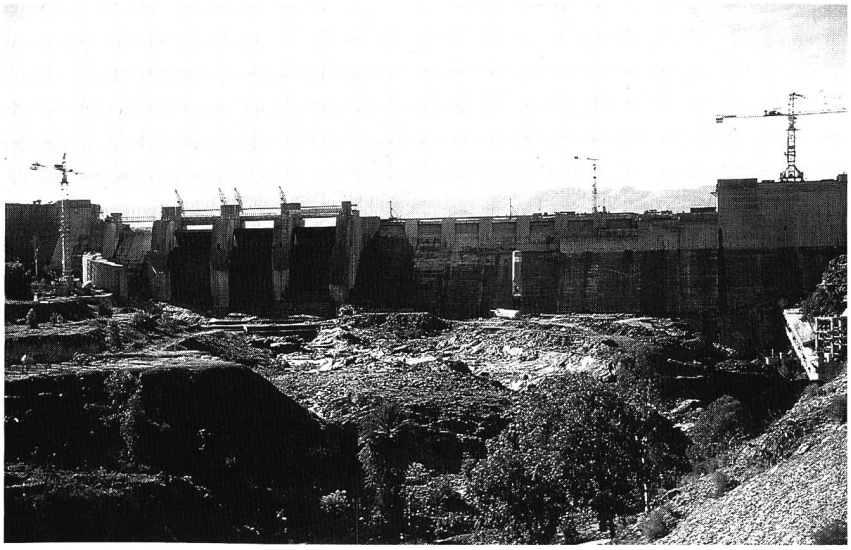

Figure 1. Vue aval en cours de surélévation.
De gauche à droite on distingue:
- l'évacuateur de crues dont une passe est déjà surélevée,
- la partie centrale non encore modifiée sur sa gauche mais où les travaux sont en cours sur sa droite sous le niveau du couronnement,
- le barrage surélevé sur lequel roule une grue à tour.