

Diss. Nr. 4474

**Strömungsvorgänge
an Freispiegelkanal-Verzweigungen
am Beispiel des Regenüberlaufes**

ABHANDLUNG

zur Erlangung

der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

KARL-CHRISTIAN TAUBMANN

Dipl. Bauing. TU Berlin

geboren am 16. November 1935

deutscher Staatsangehöriger

Angenommen auf Antrag von

Prof. G. Schnitter, Referent

Prof. Dr. A. Hörler, Korreferent

Juris Druck + Verlag Zürich

1970

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit waren entsprechend dem gestellten Thema "Strömungsvorgänge an Freispiegelkanal-Verzweigungen am Beispiel des Regenüberlaufes" zu behandeln. Die Abhandlung umfasst folgende Hauptabschnitte:

1. Einleitung;
2. Problemstellung mit Typensystematik sowie hydraulischen, abwassertechnischen und konstruktiven Gesichtspunkten beim Bau von Regenüberläufen;
3. Vorstudium zwecks Eignungsprüfung verschiedener Regenüberlaufotypen (Modell I);
4. Veröffentlichungen, die im Zusammenhang mit der Problemstellung bisher erschienen sind;
5. Grundlagen der Hydraulik des Regenüberlaufes mit Anwendung auf den Typ "Bodenöffnung" (leaping weir bzw. Springregenüberlauf);
6. Modellversuche am Regenüberlaufotyp "Bodenöffnung" im Freispiegelkanal mit Rechteckprofil (Modell II);
7. Bodenöffnung im Freispiegelkanal mit Kreisprofil (Modell II);
8. Folgerungen für die praktische Anwendung und Dimensionierung der untersuchten Regenüberlaufotypen mit Wahlkriterien und Richtlinien für die hydraulische Berechnung der Zuflussverhältnisse sowie der Entlastungseinrichtung mit Beispielen.

Die vorwiegend unter hydraulischen Gesichtspunkten sowohl theoretisch als auch experimentell durchgeführte Untersuchung weist folgende wichtigsten Ergebnisse auf:

- 1.) Das Streichwehr mit niedriger Ueberfallkante lässt sich höchstens im reinen Fliesszustand "Strömen" anwenden. Es ist jedoch wegen der gemäss Diagr. 4 festgestellten ungünstigen Mehrbelastung des Klärwasserkanals bei Sohlengefällen des Zuflusskanals im Bereich J_{S_0} gegen J_k möglichst zu vermeiden.
- 2.) Das Streichwehr mit hochgezogener Ueberfallkante ist im strömenden und schwach schiessenden Fliessbereich zu empfehlen, wie aus den unter Ziffer 8.2 genannten Wahlkriterien hervorgeht. Im Fliesszustand schwaches "Schiessen" ist jedoch darauf zu achten, dass für sämtliche Zuflüsse bis zum Maximalzufluss

der Wassersprung vor dem Ueberlauf liegt. Bei grösseren Sohlengefällen des Zuflusskanals als $J_{S_0} \approx 10^0/00$ nimmt die Mehrbelastung des Klärwasserkanals gemäss Aussage der Diagramme 2-4 relativ hohe Werte an, so dass unter diesem Gesichtswinkel die Funktionstüchtigkeit dieses Regenüberlauftypes in Frage gestellt ist, wie auch Foto Nr. 4 zeigt.

3.) Die Bodenöffnung (Springregenüberlauf bzw. leaping weir) ist ausschliesslich im Fliesszustand "Schiessen" anwendbar, wie aus den unter Ziffer 8.2 genannten Wahlkriterien ersichtlich ist. Eingehende Modellversuche haben zu einer hydraulischen und konstruktiven Verbesserung dieses Typus geführt, indem das Trennblech in ebener Form mit einer der Geschwindigkeitsverteilung des Wurfstrahles angepassten, halb elliptischen Schneidengeometrie vorgeschlagen wird. Diese Modellversuche wurden sowohl mit Rechteck- als auch Kreisprofilen des Zuflusskanals unter Normalabflussbedingungen durchgeführt. Bezüglich der Mehrbelastung des Klärwasserkanals kann festgestellt werden, dass für den untersuchten Sohlengefälle-Bereich von $10^0/00 < J_{S_0} < 400^0/00$ entsprechend BOUSINESQ-Zahlen von $2 < Bou_0 < 11$ bei Zuflussgrössen des bis zu 10-fachen Grenzabflusses der vertretbare Toleranzwert von $M = 50\%$ nicht überschritten worden ist. Wie die mit dem Rechteck-Kanalprofil durchgeführten Versuche gezeigt haben, kann bei Sohlengefällen von $J_{S_0} \geq 100^0/00$ die Mehrbelastung beim Zufluss von $Q_0 = 2 Q_{gr}$ grösser ausfallen als bei $Q_0 = 10 Q_{gr}$, so dass im kanalisationstechnischen Bedarfsfall eine Drosselung notwendig werden könnte für den Klärwasserkanal.

Summary

This work deals with "Current Developments in Culvert Branching in Case of Rain Overflow". The following major points are covered:

1. Introduction;
2. Approach to the problem by stem types as well as from hydraulic, sewer technology, and construction points of view at the rain-overflow structure;
3. Prestudy concerning a fitness test for the various rain-overflow types (model I);
4. Past studies pertaining to the problem;
5. Basics of hydraulics of rain-overflow with application of the type leaping weir;
6. Model tests at the rain-overflow type leaping weir in the culvert with rectangular profile (model II);
7. Leaping weir in the culvert with circular profile (model II);
8. Conclusions on the practical application and means of measuring the tested rain-overflow types with selected criteria. Terms of reference for the hydraulic calculation of the collection conditions as well as discharge distribution system with examples included.

The research, conducted primarily under hydraulic points of view, has been carried out theoretically and experimentally with the following results:

- 1.) The side weir with low overflow crest is only usable under subcritical flow conditions; due to the overload of the sewage water canal at the slope of the collector canal in the J_{S_0} against J_k range (see Diagram 4), it should be eliminated if possible.
- 2.) The side weir with heightened overflow crest is recommended in an area where subcritical or beginning supercritical flow conditions exist. The selected criteria (see Reference 8.2) illustrate this point. Yet on the early supercritical condition, one should realize that for all collections up to the maximum, the water jump is located before the overflow. With the slope of the discharge canal greater than $J_{S_0} = 10 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$, the overload of the sewage canal takes on relatively high values, according to the statement of Diagrams 2-4. From this viewpoint,

such a rain-overflow type appears functionally questionable, as Photograph 4 also shows.

3.) The leaping weir is only applicable in the pure supercritical flow case, as shown under the selected criteria (see Reference 8.2). Thorough model experiments have led to a hydraulic and construction improvement of this type. This is due to the proposed arrangement of a sheet-metal divider being placed horizontally with one of the water jet's velocity distributors optimally adjusted in a half-elliptical, cutting-edge geometrical design. These model experiments have been tested with rectangular and circular profiles of the collector canal under normal sewerage conditions. Regarding overload of the sewage canal, it may be noted that for the tested slope range of $10^{\circ}/\infty < J_{S_0} < 400^{\circ}/\infty$ (corresponding to Boussinesq-Count of $2 < Bou_0 < 11$), the justifiable tolerance point of $M = 50\%$ has not been surpassed by collector volumes up to the tenfold point of the discharge limits. As the experiments conducted with the rectangular canal profile have shown, it is possible that at slopes of $J_{S_0} = 100^{\circ}/\infty$ the overload at the collector of $Q_0 = 2 Q_{gr}$ will turn out larger than at $Q_0 = 10 Q_{gr}$. Thus, for the purposes of canalization technology, a narrowing stretch could be necessary for the sewage canal.

Résumé

Les processus d'écoulement aux branchements d'un canal à surface libre ont été étudiés dans le présent travail sur l'exemple du déversoir d'orage ou de crues. Le travail est subdivisé de la manière suivante:

1. Introduction
2. Exposé du problème, avec considérations relatives à l'épuration des eaux usées et aux bases de dimensionnement hydraulique des différents types de déversoirs d'orage.
3. Etude préliminaire servant à examiner les caractéristiques propres aux différents types de déversoirs d'orage (Modèle I).
4. Aperçu des publications relatives au problème posé parues antérieurement.
5. Relations fondamentales de l'écoulement des déversoirs d'orage, avec application au cas du "Leaping Weir".
6. Essais sur modèle du type de déversoir "Leaping Weir", aménagé dans un canal de section rectangulaire à écoulement libre (Modèle II).
7. "Leaping Weir" aménagé dans un canal de section circulaire à écoulement libre (Modèle II).
8. Conséquences pour l'application pratique et pour le dimensionnement des types de déversoirs étudiés, avec critères régissant le choix de ces types. Données de base pour le calcul hydraulique de l'ouvrage d'évacuation et de l'écoulement à son entrée, avec exemples.

Cette étude, tant théorique qu'expérimentale, consacrée principalement à l'aspect hydraulique du problème, a conduit aux résultats suivants:

- 1.) Le déversoir à crête déversante abaissé n'est utilisable que dans le cas d'un écoulement en régime tranquille. Selon le diagramme 4, on constate une surcharge défavorable de la canalisation d'amenée à la station d'épuration lorsque la pente du radier de la canalisation d'amenée au déversoir varie entre J_{S_0} et J_k . Ce type de déversoir est si possible à éviter.
- 2.) Le déversoir à crête déversante surélevé est à recommander dans le cas d'un écoulement en régime tranquille ou en régime faiblement torrentiel (voir critères donnés sous chiffre 8.2). Il convient cependant de relever qu'en régime

faiblement torrentiel le ressaut hydraulique se forme avant le déversoir pour tous les débits jusqu'au débit maximum. La surcharge de la canalisation d'amenée à la station d'épuration devient relativement élevée pour des pentes du radier de la canalisation d'amenée au déversoir supérieures à $J_{S_0} = 10 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$ (diagrammes 2 - 4 et photo no 4). L'utilisation d'un tel type de déversoir est alors problématique.

3.) Le déversoir du type "Leaping Weir" n'est utilisable que dans le cas d'un écoulement en régime torrentiel (voir critères sous chiffre 8.2). Par le choix d'une géométrie appropriée de la tôle délimitant l'ouverture du radier de la canalisation, une amélioration tant hydraulique que constructive de ce type a été obtenue. Cette tôle, choisie plâne dans la présente étude, est découpée en une forme semi-elliptique adaptée à la répartition des vitesses du jet à trajectoire parabolique. De nombreux essais sur modèle ont été réalisés avec ce type pour une section rectangulaire, respectivement circulaire de la canalisation d'amenée au déversoir, sollicitée par un écoulement normal. Avec des pentes du radier variant entre $10 \text{ }^{\circ}/\text{oo} < J_{S_0} < 400 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$ et avec des débits amenés atteignant 10 fois le débit critique (nombres de Boussinesq: $2 < Bou_0 < 11$), la surcharge de la canalisation d'amenée à la station d'épuration ne dépasse pas la tolérance fixée $M = 50 \%$. Dans le cas d'une canalisation à section rectangulaire de pente $J_{S_0} \geq 100 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$, les essais ont montré que la surcharge peut être plus élevée avec $Q_0 = 2 Q_{gr}$ qu'avec $Q_0 = 10 Q_{gr}$. La canalisation d'amenée à la station d'épuration devrait alors être dotée d'un étranglement.