

Diss. ETH Nr. 8691

WIRBELFALLSCHAECHE IN DER KANALISATIONSTECHNIK

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels eines
DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

Vorgelegt von:

Markus Heinrich Kellenberger
Dipl. Ing. ETH
geboren am 26. 9. 1956
von Walzenhausen AR

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. D. Vischer, Referent
Prof. Dr. T. Dracos, Korreferent

ZUSAMMENFASSUNG

Der erste Wirbelfallschacht wurde 1947 für Wasserkraftanlagen in Italien entwickelt. Seither hat dieses Bauwerk zunehmend an Bedeutung gewonnen, wobei sich das Einsatzgebiet vom Kraftwerkbau zur Kanalisationstechnik verschob.

Der Wirbelfallschacht ermöglicht, Wasser oder Abwasser geführt und kontrolliert durch einen Einlaufwirbel auf einer Spiralbahn über beträchtliche Höhendifferenzen abzuleiten. Der hohe Grad an Energieumwandlung im Fallrohr und der damit verbundene geräuscharme Betrieb sind ebenso geschätzte Eigenschaften, wie die eindeutigen Abflussverhältnisse mit der Trennung von Wasser und Luft über die gesamte Fallhöhe.

Mit der vorliegenden Arbeit gelingt es erstmals, das ganze Bauwerk für verschiedenste Randbedingungen und einen weiten Spielraum der Geometrie konsequent und mit grosser Genauigkeit zu dimensionieren und zu gestalten. Schrittweise ist es möglich, die einzelnen Bauelemente wie

- Zulaufgerinne
- Drallkammer
- Fallrohr
- Schachtfuss
- Belüftung

mit einfachen Formeln, zu entwerfen. Insbesondere konnte mit einer ausgedehnten Versuchsreihe die Drallkammer für schiessenden Zufluss derart optimiert und standardisiert werden, dass sowohl bezüglich Formgebung und Platzbedarf, als auch bezüglich Abflusskapazität und hydraulischer Berechnung, eine gegenüber strömendem Zufluss nicht minder leistungsfähige Lösung gefunden wurde.

Neben den theoretischen Angaben führten zahlreiche Besichtigungen, Planstudien und Gespräche mit Fachleuten zu Hinweisen für Bau, Betrieb und Unterhalt solcher Anlagen. Diese Aspekte sind gerade in der Kanalisationstechnik neben der rein hydraulischen Gestaltung für eine störungsfreie, praxistaugliche Funktion der gesamten Anlage von zentraler Bedeutung.

RESUME

Le premier puits de chute à vortex, datant de 1947, a été construit en Italie pour un aménagement hydro-électrique. Depuis lors, ce type de construction a pris une importance croissante. Aujourd'hui, il est principalement utilisé en technique des canalisations.

Le puits de chute à vortex permet d'évacuer l'eau ou les eaux usées sur de grandes dénivellations par un mouvement hélicoïdal contrôlé. L'importante transformation d'énergie qui a lieu dans le puits vertical, le fonctionnement particulièrement silencieux de l'ouvrage, l'écoulement stable imposant une séparation nette de l'eau et de l'air sur toute la hauteur de chute sont des caractéristiques appréciées de cette construction.

Grâce au présent travail, il s'avère possible pour la première fois de concevoir et de dimensionner l'ensemble de l'ouvrage avec une grande précision, ceci dans une vaste gamme de variation des conditions extérieures et de la géométrie. A l'aide de formules simples permettant d'éviter les itérations jusqu'ici nécessaires, les éléments suivants peuvent être successivement déterminés:

- canal d'amenée
- chambre spirale
- puits vertical
- pied du puits
- conduit d'aération

Sur la base d'un programme d'essais étendu, il a été en particulier possible d'optimiser et de standardiser la chambre spirale pour un écoulement d'entrée torrentiel, de sorte qu'au niveau de la configuration à donner et de la place requise, respectivement du calcul hydraulique et de la capacité d'écoulement, la procédure et les choix à retenir sont comparables à ceux du cas de l'écoulement tranquille.

En plus des études théoriques, de nombreuses visites d'installations, des analyses de plans et des discussions avec les spécialistes ont permis d'établir un catalogue de recommandations concernant la construction, l'exploitation et l'entretien de tels ouvrages. Ce sont ces aspects qui, alliés à la conception purement hydraulique, revêtent une importance primordiale surtout dans le domaine des canalisations.

RIASSUNTO

Il primo pozzo di scarico a vortice fu sviluppato nel 1947 in Italia, nell'ambito della costruzione di impianti idroelettrici. Da allora l'istallazione di tali costruzioni ha acquistato sempre maggior importanza trovando campo d'applicazione nella canalizzazione.

Pozzi di scarico a vortice permettono di dirigere deflussi, sia d'acque potabili che luride, in maniera controllata dall'imbocco del pozzo lungo il canale a spirale superando anche notevoli differenze d'altezza. Le principali qualità richieste sono un alto grado di dissipazione d'energia lungo la galleria di scarico, un esercizio con fragore limitato, così pure chiare condizioni idrauliche di deflusso senza miscelazione acqua-aria lungo l'altezza di caduta.

Con il presente lavoro si è riusciti per la prima volta a disegnare e dimensionare in maniera conseguente e molto precisa l'intera costruzione tenendo conto di svariate condizioni e per molte diverse geometrie. E così possibile progettare progressivamente e con semplici formule i diversi elementi dell'istallazione, segnatamente:

- canale d'invito
- camera a spirale
- pozzo di scarico a caduta libera
- fondo del pozzo
- areazione

In particolare grazie all'esecuzione di diverse ed estese esperienze su modello è stato possibile ottimizzare e standardizzare la camera a spirale per regime idraulico veloce nella sua forma e nello spazio necessario in maniera tale da raggiungere per qualsiasi condizioni di scorrimento capacità di scarico non minori a camere per regime lento.

La costruzione, la conduzione ed il mantenimento di tali installazioni, accanto a considerazioni teoriche, è stata possibile grazie ad ispezioni, all'esame di numerosi piani di studio oltre che attraverso colloqui con tecnici competenti. Proprio tali aspetti rivestono nella prassi al fine di raggiungere una idoneità di funzionamento, accanto al dimensionamento idraulico vero e proprio, un'importanza centrale.

ABSTRACT

The first vortex drop-shaft was developed in Italy, in 1947, for use in a hydro-power station. Since then this structure has become increasingly important and is nowadays mainly used in sewage systems.

In the vortex drop-shaft water or waste-water, directed and controlled by an inlet vortex chamber, follows a spiral path through a considerable length of vertical shaft. The high level of energy dissipation in the drop-shaft and the resulting quiet operation, as well as the separation of water and air along the whole length of the drop-shaft, are highly appreciated features of this structure.

The present work allows the whole structure to be designed for the most various situations and with a wide range of geometrical possibilities. Using this design procedure the following different elements

- approach channel
- vortex chamber
- drop-shaft
- bottom of the shaft
- aeration

can be dimensioned with simple formulae. An extensive series of experiments allowed the shape of the vortex chamber for supercritical approach flow to be optimized and standardized. It could be shown that this vortex drop-shaft is just as effective in terms of shape and space requirement and discharge capacity, as that for subcritical approach flow.

In addition to the theoretical details, numerous visits on site, analyses of plans and discussions with experts led to recommendations for the construction, operation and maintenance of vortex drop-shafts. Particularly in sewage systems, these aspects are just as important as the purely hydraulic design, in order to ensure practical and trouble-free operation of the whole installation.