Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 83 (1991)
Heft: 3-4

Artikel: Wirbelfallschächte zur Brückenentwässerung
Autor: Lehmann, Marc / Volkart, Peter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940989

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: 23.08.2025

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

Wirbelfallschächte zur Brückenentwässerung

Marc Lehmann, Peter Volkart

1. Einleitung

Seit 1947 haben Wirbelfallschächte zunehmend an Bedeutung gewonnen, sei es im Kraftwerkbau oder vor allem in der Kanalisationstechnik. Generell ermöglicht der Wirbelfallschacht, Wasser oder Abwasser geführt und kontrolliert auf einer spiralförmigen Bahn über bedeutende Höhendifferenzen abzuleiten. Es sei hier auf Bild 1 nach *Kellenberger* (1988) verwiesen.

Je nach der Geschwindigkeit des zufliessenden Wassers und der Leitungsgeometrie lässt sich das spiralförmige Einlaufbauwerk (Drallkammer) entweder für schiessenden ($Fr > 1$) oder strömenden Zufluss ($Fr < 1$) gestalten.

Wegen des eher geringen Platzbedarfes des eigentlichen Fallrohres liegt es auf der Hand, zur Entwässerung von Strassenbrücken, insbesondere an Autobahnen, einfache Wirbelfallschächte vorzusehen. Die Sammelleitungen werden im Brückenkasten geführt, wo auch Raum für eine Drallkammer zu finden ist. Das Fallrohr kann dann im Innern eines Brückenpfeilers angeordnet werden.

Diese Lösungsart kann sicher dann zweckmässig sein, wenn besondere Randbedingungen zu berücksichtigen sind. Gedacht sei hier erstens an hohe Brückenpfeiler von 8 bis 10 m Fallhöhe, zweitens an strenge Anforderungen an die Stabilität des Abflusses im Bereich der Pfeilerfundamente oder drittens an eine möglichst begrenzte Lärmentwicklung des Wassers im Innern des als Resonanzraum wirkenden Pfeilers.

Die im folgenden präsentierte Studie trägt diesen drei Gesichtspunkten Rechnung und basiert auf ausgedehnten, systematischen Modellversuchen. Das entsprechende Projekt des Ingenieurbüros Bänziger und Partner, Zürich, ist mittlerweile in Ausführung begriffen.

Den Auftrag zur hydraulischen Modellierung der Wirbelfallschächte erhielt die VAW (Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich) vom Aargauischen Baudepartement.

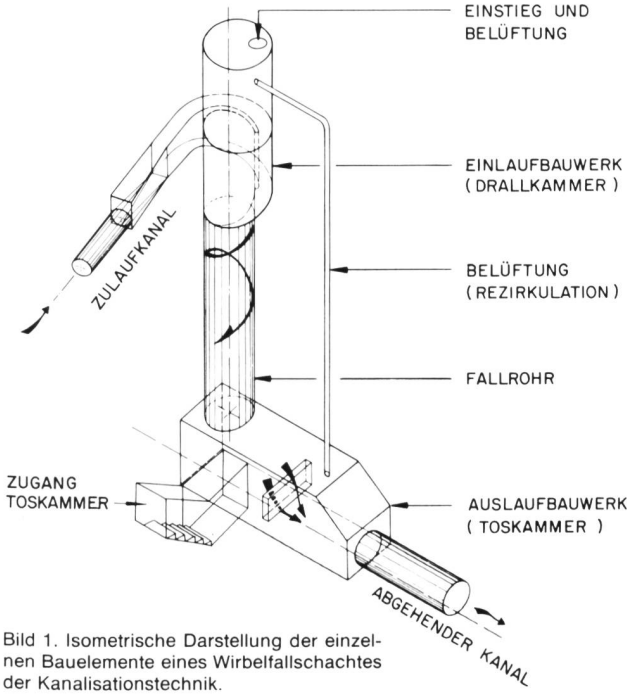

Bild 1. Isometrische Darstellung der einzelnen Bauelemente eines Wirbelfallschachtes der Kanalisationstechnik.

2. Entwässerungskonzept der N3-Autobahnbrücke bei Schinznach-Bad

Das auf der Strassenoberfläche abfliessende Regenwasser wird in Strasseneinläufen gesammelt und fliesst durch Entwässerungsrohre im Brückeninnern jeweils von beiden Widerlagern her gegen die Brückenmitte. Zur Überwindung der Höhendifferenz zwischen dem Brückenträger und dem Pfeilerfundament dienen vier Wirbelfallschächte in den Hohlräumen der mittleren Zwillingspfeiler Nr. 11 und Nr. 13 (Bilder 2 und 3).

Am Fuss der Pfeiler gelangt das Wasser jeweils über einen Krümmer direkt in eine Sammelleitung, die den Abfluss einem Regenbecken zuleitet.

3. Anforderungen an die Lösung «Wirbelfallschacht»

Bei der Projektierung ergaben sich zwei Hauptforderungen, die bei den Untersuchungen und hydraulischen Modellversuchen zu berücksichtigen waren:

1. Die direkt betroffene Gegend, Schinznach-Bad, ist ein vielfältig genutztes Erholungsgebiet von regionaler Bedeutung. Daher ist der Einpassung des Projektes in die Landschaft und der möglichst geringen Störung der Ökologie grosses Gewicht beizumessen. Bezüglich der Wahl des hydraulischen Bauwerkes soll somit das Regenwasser möglichst geräuscharm und hydraulisch sicher abgeleitet werden. Diese Forderung führte alsbald zur Ausscheidung der Lösung «Absturzschacht», die am meisten Lärm und unkontrollierte Abflussverhältnisse erzeugt. Ein Wirbelfallschacht mit Drallkammer im Brükkenträger und Fallrohr im Hohlraum des Pfeilers erwies sich als beste Lösung.
2. Ein ausreichender Durchgangsraum für Personen im Brückeninnern im Falle von Revisionsarbeiten war ein weiteres Kriterium bei der Suche nach der Bestlösung.

Aus einer rechnerischen Vordimensionierung konnte festgestellt werden, dass ein Wirbelfallschacht mit schiessendem Zufluss eine deutlich höhere Drallkammer braucht als jener mit strömendem Zufluss, so dass praktisch keine freie Durchgangshöhe im Brückenträger bestehen bliebe. Die «strömende Drallkammer» gewährleistet noch eine vernünftige Durchgangshöhe von rund 1 m (Bild 4).

Hydraulische Modelltests wurden somit an einem für strömenden Zufluss dimensionierten Wirbelfallschacht im Massstab 1:4,3 an der VAW Zürich durchgeführt, um eine unter Berücksichtigung der restlichen Randbedingungen optimale Ausbildung zu finden.

4. Besonderheiten des untersuchten Wirbelfallschachtes mit pseudo-strömendem Zufluss

Aus den vier zu projektierenden Wirbelfallschächten (siehe Bild 2) erwies sich der mit dem grössten Zufluss von total 430 l/s als wegleitend.

Dieser weist im Zulaufkanal einen Sohlenabsturz auf, der durch einen statisch notwendigen Querträger vorgegeben ist (Bild 5). Der Zufluss wird deshalb als pseudo-strömend bezeichnet, weil eine Sohlenstufe kurz vor der Drallkammer naturgemäss eine örtliche Wasserbeschleunigung bewirkt. Je nach Zuströmung und Wasserstand in der Drallkammer wird diese eher schiessend oder eher strömend beaufschlagt.

Das Besondere an dieser Untersuchung besteht aus hydraulischer Sicht darin, auch dann eine Lösung zu finden, wenn die Zuströmbedingungen mehrdeutig und viel kom-

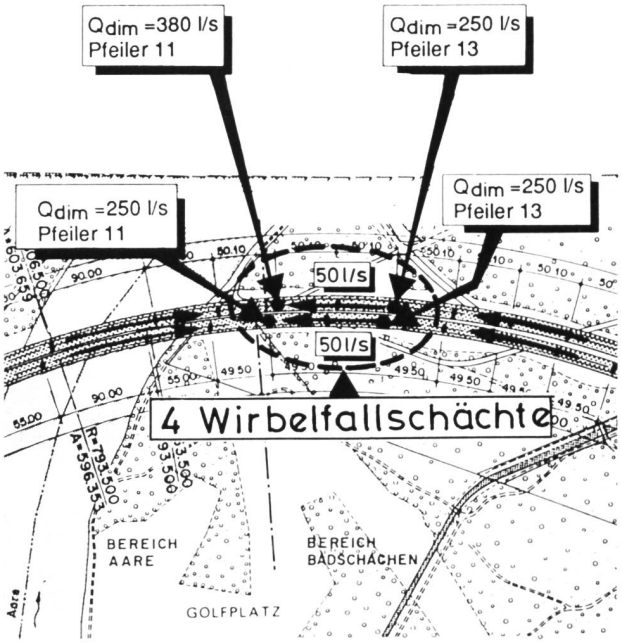

Bild 2. Entwässerungskonzept der Aaretalbrücke bei Schinznach Bad.

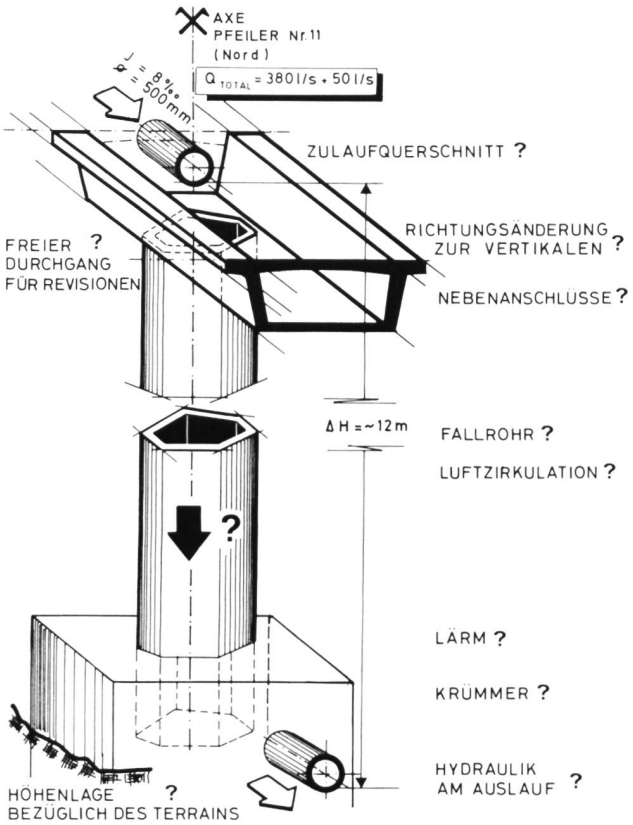

Bild 3. Problemstellung am Beispiel des Pfeilers Nr. 11, Nord: Wie kann das Regenwasser zweckmässig innerhalb der vorgegebenen Brückenelemente abgeleitet werden?

plizierter als üblich sind und zudem sehr harte Randbedingungen (Raumverhältnisse, Unterhalt, Lärm) einzuhalten sind.

Die bekannten Bemessungsregeln für entweder klar schiessenden oder eindeutig strömenden Zufluss, die jeweils noch gewisse Sicherheitsreserven vorsehen, konnten für einmal nicht angewendet werden. Es blieb nur, systematische Modellversuche durchzuführen, um in einem ersten

Bilder 4 bis 6. Einpassung der gefundenen Bestlösung in den Hohlraum des Brückenträgers.

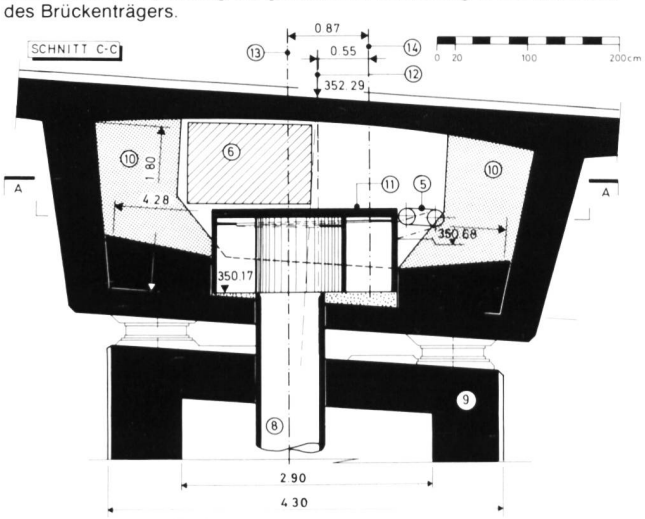

Bild 4. Querschnitt C–C.

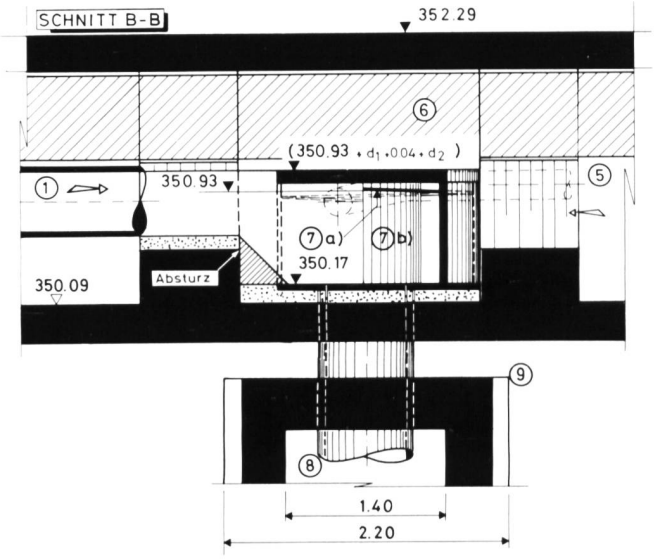

Bild 5. Längsschnitt B–B.

1 Zulaufrohr, Durchmesser 500 mm, $J = 8‰$; $Q = 380$ l/s. 2 Profilwechsel; Kreis/Rechteck. 3 Zulaufkanal; $b = 0{,}50$ m; $J = 8‰$. 4 Einlauframpe; Gefälle 1:1. 5 Zulaufrohr: Durchmesser 250 mm, $J = 6‰$; $Q = 50$ l/s. 6 Reserveraum für Werkleitungen. 7a Berandung; Breite 0,24 m; $J = 10‰$. 7b Leitwandverlängerung. 8 Fallrohr; Durchmesser 650 mm; $L = 9{,}54$ m. 9 Brückenpfeiler Nr. 11; Nord. 10 Rahmenquerträger der Brücke. 11 Drallkammerdeckel. 12 Objektachse. 13 Fallrohrachse. 14 Zulaufkanal.

Schritt auftretende Strömungsphänomene klar zu erkennen und in einem zweiten Schritt konstruktive Lösungen vorzuschlagen.

Die Gegebenheiten, Strömungserscheinungen und Lösungsmöglichkeiten seien in der Folge für den interessierten Ingenieur zusammengestellt (Bilder 4 bis 6).

- Das Zulaufrohr mit einer maximalen Beaufschlagung von 380 l/s hat einen Innendurchmesser von 500 mm und ein Gefälle von 0,8%. Demzufolge entsteht bereits in diesem Entwässerungsrohr ein leicht schiessender Zufluss mit einer Geschwindigkeit von rund 6 m/s (Froudesche Zahl $Fr = 1{,}70$). Das Rohr wird bis vor den Brückenquerträger vorgezogen, wobei an dieser Stelle der Übergang vom Kreisquerschnitt zum Rechteckkanal stattfindet.
- Der kurz ausgebildete *Zulaufkanal zur Drallkammer* besitzt aus hydraulischen wie auch aus konstruktiven Gründen eine gleich grosse Breite von 500 mm und erstreckt sich in Fliessrichtung gesehen vom Profilwechsel

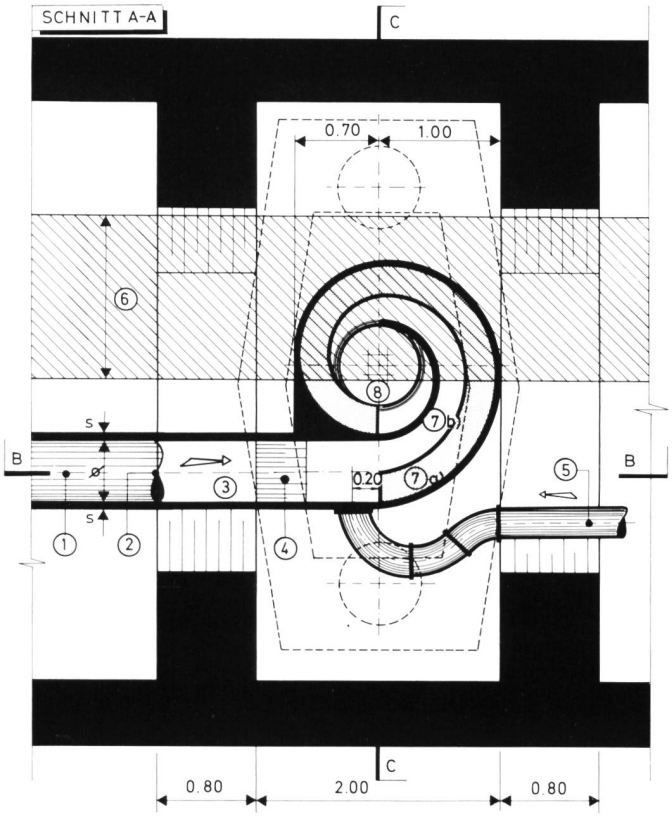

Bild 6. Schnitt A–A.

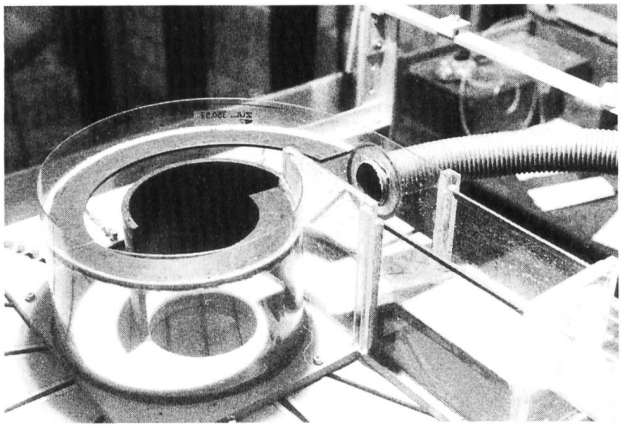

Bild 7. Bestvariante mit einkragendem Deckenelement. Der Profilwechsel findet direkt vor dem Querträger statt. Die Einleitung von 50 l/s erfolgt seitlich vor der Einmündung in die Drallkammer. In der Drallkammer wird ein Berandungselement und eine Leitwandverlängerung um 180° eingebaut.

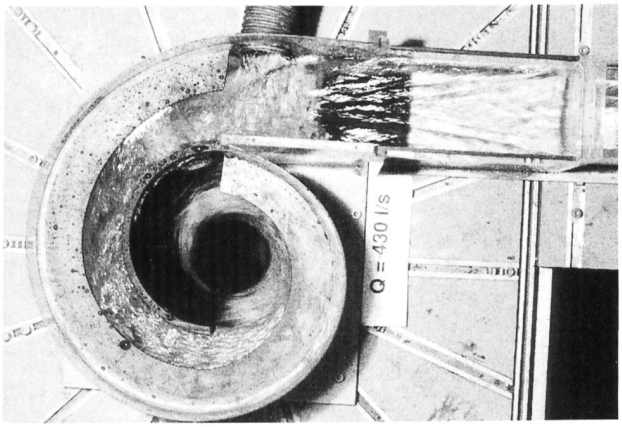

Bild 8. Das Fallrohr besitzt auch bei 430 l/s genügend Sicherheit gegen das Zuschlagen des Einlaufwirbels.

bis zur Achse des Brückenpfeilers. Um die Höhe des Querträgers zu überwinden, ist vor der Einmündung in die Drallkammer eine Einlauframpe mit einer Neigung von 1:1 vorgesehen. Dadurch lassen sich allfällige Ablagerungen durch die Strömung beseitigen, und es entstehen optimale Abflussverhältnisse.

– Die aus Gründen des freien Durchgangs im Brückeninnern für strömenden Zufluss konzipierte *Drallkammer* wurde für einen Abfluss von 380 l/s gemäss *Drioli,* 1969, und *Kellenberger,* 1988, dimensioniert. Damit dieses Einlaufbauwerk auch unter den vorhandenen, leicht schiessenden Verhältnissen einwandfrei funktioniert, sind zwei zusätzliche Einbaukörper notwendig:

1. Aus der vertikalen Drallkammerinnenwand kragt eine horizontale Berandung beschränkter Breite nach innen, so dass der Wasserspiegel bis zum maximalen Abfluss von 430 l/s überall unter der zulässigen Projektkote 350,93 m ü.M. gehalten wird (Bild 7). Ohne diesen Einbau würde die Wandströmung infolge der zu hohen Geschwindigkeit über die Drallkammerwand hinwegfliessen.
2. Eine Verlängerung der inneren vertikalen Leitwand (sogenannte «Nase») um 180 Grad korrigiert das Problem der sonstigen Strahlablösungen des Abflusswirbels bei der Einleitung ins Fallrohr. Dadurch kann gesichert werden, dass der ganze Abfluss an der Fallrohrinnenwand haftet und somit den Luftkern des Wirbelfallschachtes nicht stört. Konstruktiv gesehen bietet diese Variante zusätzlich eine gewisse statische Abstützungsmöglichkeit im mittleren Bereich des nicht allzu kleinen Drallkammerdeckels (Durchmesser ca. 2 m).
3. Somit entsprechen die Hauptabmessungen der Kam-

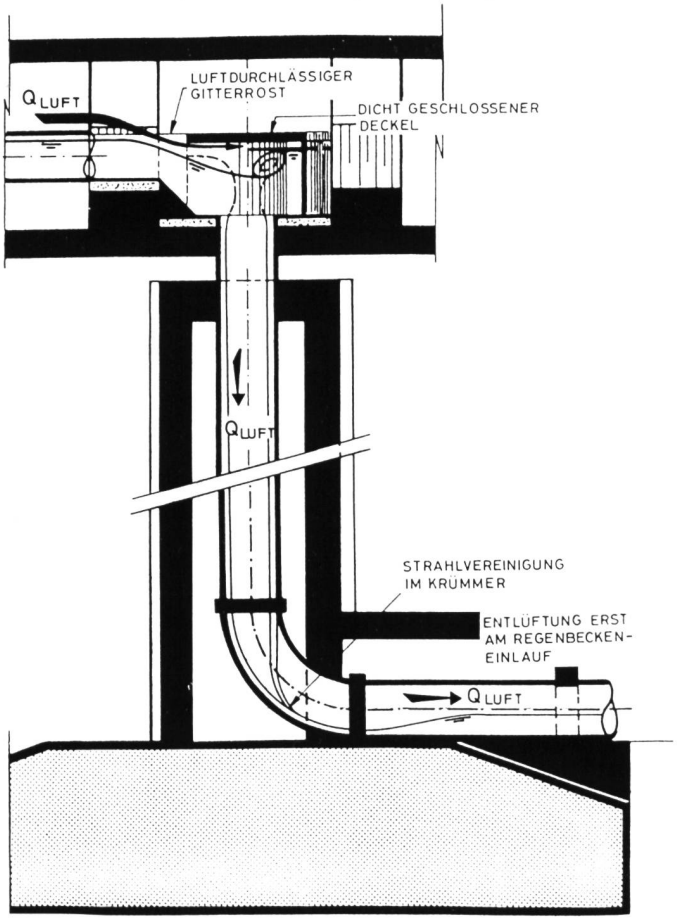

Bild 9. Belüftungskonzept des Wirbelfallschachtes.

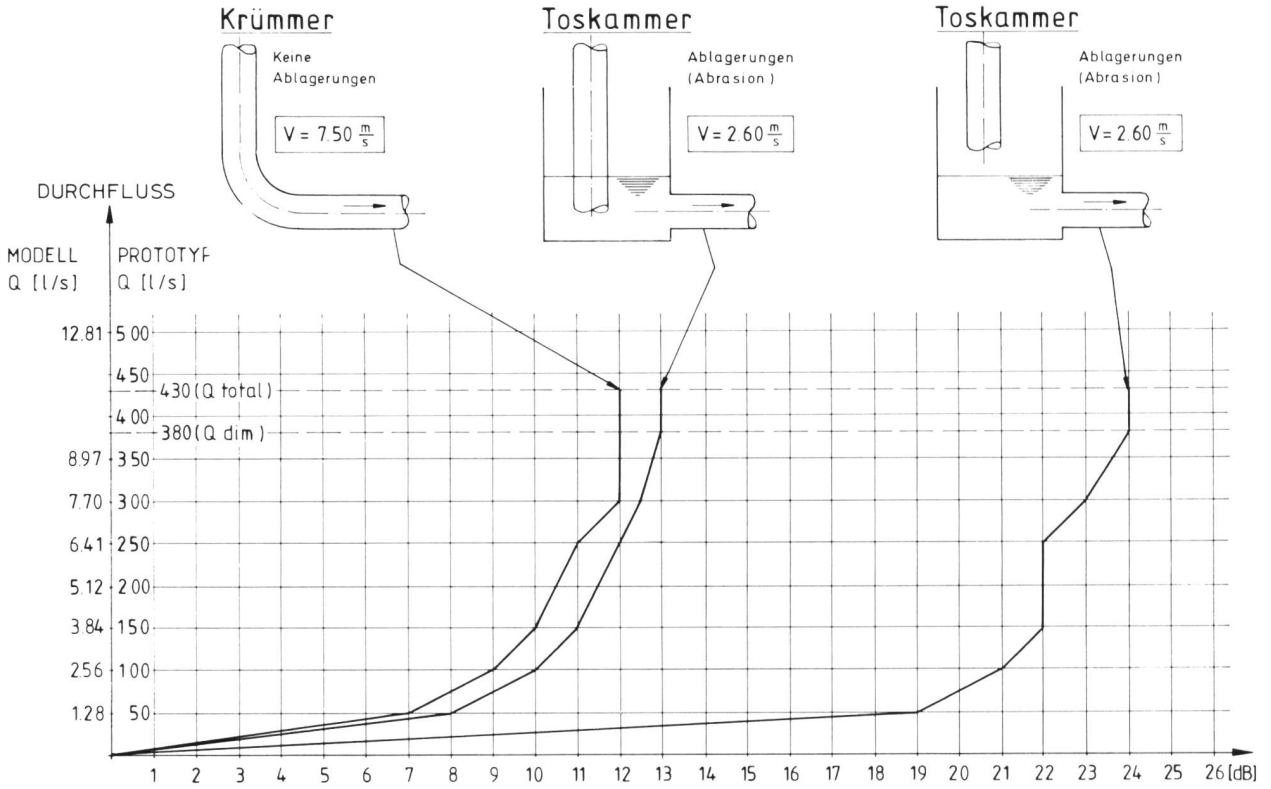

Bild 10. Schematischer Vergleich der im Modell untersuchten Varianten von Auslaufbauwerken in bezug auf Lärm, Ablagerungen und Auslaufgeschwindigkeit.

mer dem strömenden Fall, die «Nase» dagegen weist die für Schiessen übliche lange Form auf.

- Diese speziell gestaltete Drallkammer erlaubt auch die Einleitung von zusätzlich 50 l/s Regenwasser (vom Fahrbahnbereich zwischen den Pfeilern stammend), so dass der totale Abfluss auf 430 l/s steigt. Diese Einleitung geschieht hydraulisch am besten seitlich der Einmündung in die Drallkammer, und zwar rechtwinklig zur Hauptströmung (Rohrdurchmesser 250 mm). Dadurch kann eine günstige Energieumwandlung der Hauptströmung vor dem Einlaufbauwerk erzielt werden (Bild 8).
- Das *lotrechte Fallrohr* weist einen Innendurchmesser von 650 mm und eine Gesamtlänge von 9,54 m auf und befindet sich hauptsächlich im Hohlraum des Brückenpfeilers. Der Hohlraum wirkt bezüglich des Schalles als Resonanzraum.
- Das aus dem Fallrohr austretende Wasser wird in einem *Krümmer* mit Innendurchmesser 650 mm um 90 Grad in die Horizontale umgelenkt und direkt in die abgehende Sammelleitung geführt. Mit dieser Lösung können Lärmemissionen auf ein Minimum reduziert und Ablagerungen ausgeschlossen werden (Bild 10). Die Lösung mit Krümmer anstelle einer Toskammer kann aber nicht generell für Wirbelfallschächte oder gar Absturzschächte empfohlen werden. Es stellt sich nämlich das Problem, dass derjenige Teil des Fallrohrstrahles, der auf der Seite der Innenkrümmung strömt, den freien Luftkern unterbindet. Es findet eine Strahlvereinigung im Krümmer statt (Bild 9). Wegen der beschränkten Bauhöhe der Drallkammer wurde hier ein sehr grosszügiger Fallrohrdurchmesser gewählt. Erst diese Gegebenheit sowie der Wunsch nach einem möglichst geräuscharmen Abfluss ergaben für einmal den Krümmer als geeignete Lösung.
- Für eine ausreichende *Belüftung* des Bauwerkes wird Luft vom Brückeninnern her über den Zulaufkanal in die Drallkammer eingespeist. Der erforderliche Luftdurchsatz bei einem Abfluss von 430 l/s wurde modelltechnisch zu 78 l/s (Natur) bestimmt und strömt im Raum zwischen der Berandung und der Unterkante des Deckels hindurch (Bild 9).

5. Ausblick

Das beschriebene Bauwerk zeigt, dass Wirbelfallschächte zur Strassenentwässerung über grössere Höhendifferenzen, vorwiegend bei Brücken, gut geeignet sein können. Der grundlegende Vorteil liegt darin, dass – im Gegensatz zu einfachen Leitungssystemen Krümmern, Falleitungen und Engstellen – klar definierte Abflusszustände vorliegen. Unkontrolliertes, mit Rückstau und Strömungspulsationen verbundenes Zuschlagen der Rohre ist ausgeschlossen. Die Entlüftung kann klar geführt werden. Da im Wirbelfallschacht Fliessenergie gewollt umgewandelt wird, tritt auch die Gefahr der Abrasion infolge von Steinen und Sand in den Hintergrund. Das Verstopfen durch sperrige Gegenstände ist kaum wahrscheinlich. Grundsätzlich koppelt ein Wirbelfallschacht die Strömung im tiefliegenden Unterwasser ab von derjenigen im Oberwasser auf Strassenniveau. Ein vorübergehender Rückstau unten führt nicht zu einem Überstau der Strasseneinläufe.

Fliesst nur wenig Wasser, folgt der Abfluss dennoch einer geführten Strahlbahn; unkontrolliertes Versprühen ist gerade im Hinblick auf Vereisung bisher nicht beobachtet worden.

Adresse der Verfasser: Dipl. Ing. *Marc Lehmann* und Dr. *Peter Volkart*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

Literatur

Drioli, C.: Su un particolare tipo di imbocco per pozzi di scarico, «L'Energia Elettrica», Okt. 1947.

Kellenberger, M. H.: Wirbelfallschächte in der Kanalisationstechnik, VAW-Mitteilung Nr. 98, Zürich, 1988.