

Wirbelfallschächte zur Brückenentwässerung

Autor(en): **Lehmann, Marc / Volkart, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **83 (1991)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940989>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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.

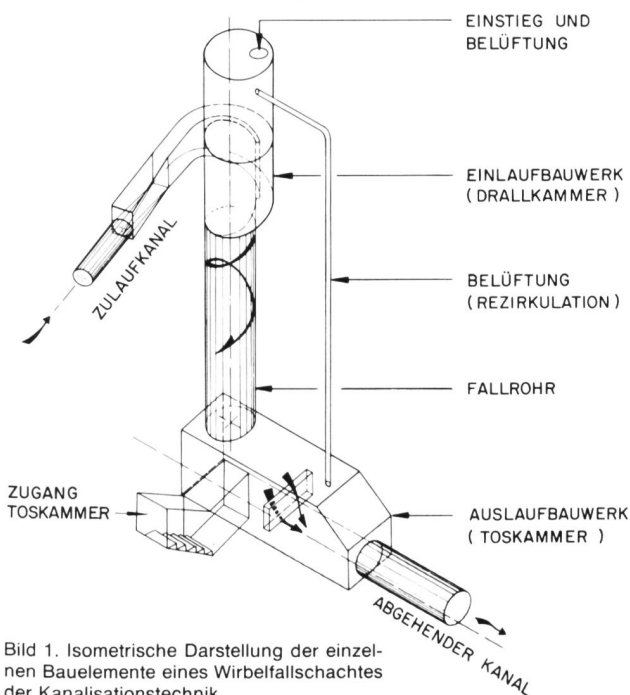


Bild 1. Isometrische Darstellung der einzelnen Bauelemente eines Wirbelfallschachtes der Kanalisationstechnik.

2. Entwässerungskonzept der N3-Autobahnbrücke bei Schinznach-Bad

Das auf der Strassenoberfläche abfließende Regenwasser wird in Strasseneinläufen gesammelt und fließt durch Entwässerungsröhre 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 «Absturzschaft», die am meisten Lärm und unkontrollierte Abflussverhältnisse erzeugt. Ein Wirbelfallschacht mit Drallkammer im Brückenträger 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-

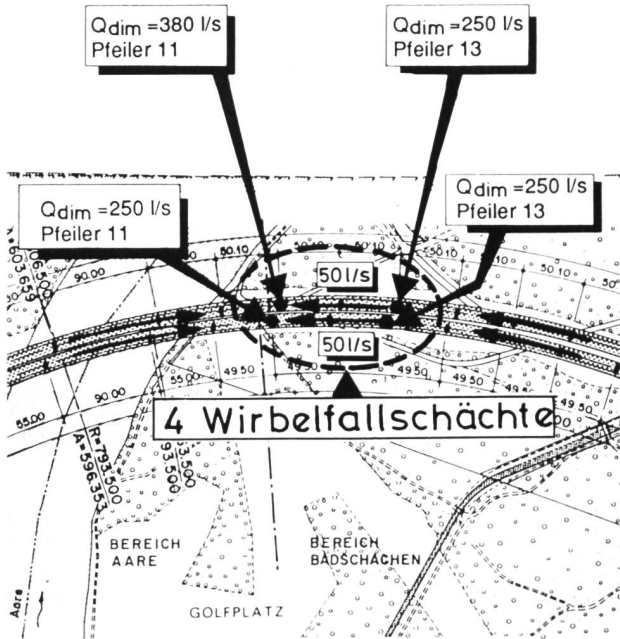


Bild 2. Entwässerungskonzept der Aaretalbrücke bei Schinznach Bad.

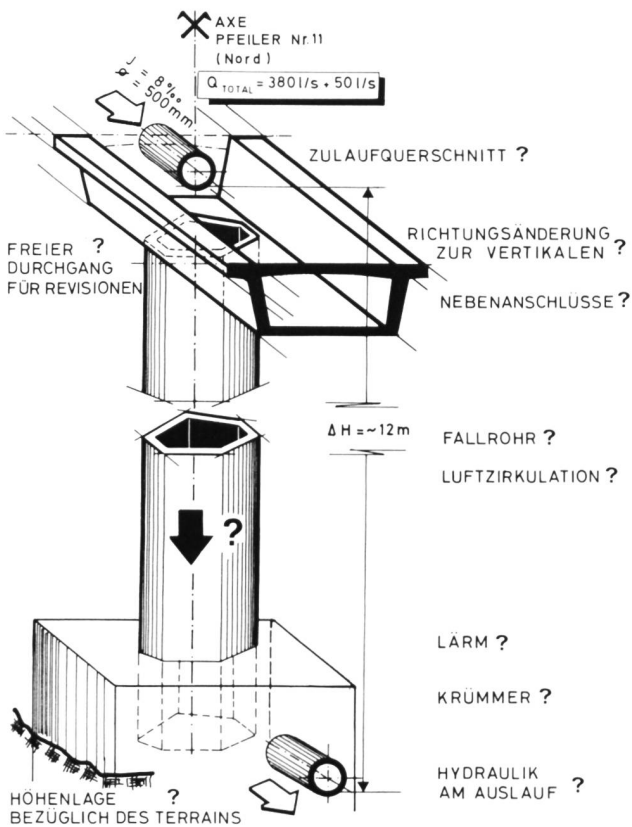


Bild 3. Problemstellung am Beispiel des Pfeilers Nr. 11, Nord: Wie kann das Regenwasser zweckmässig innerhalb der vorgegebenen Brückenelemente abgeleitet werden?

pazierter 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.

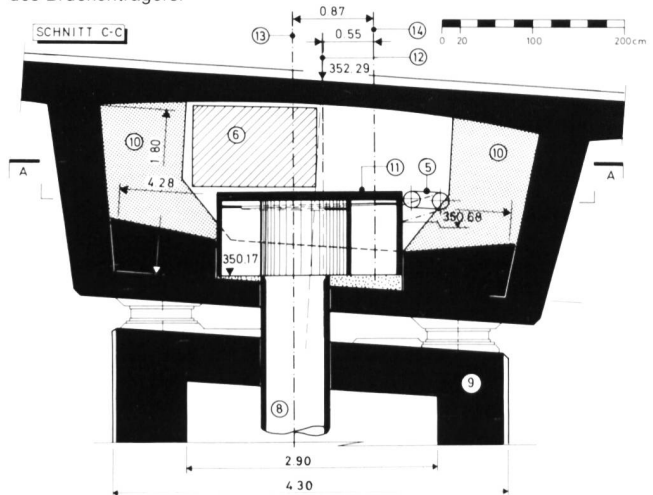


Bild 4. Querschnitt C-C.

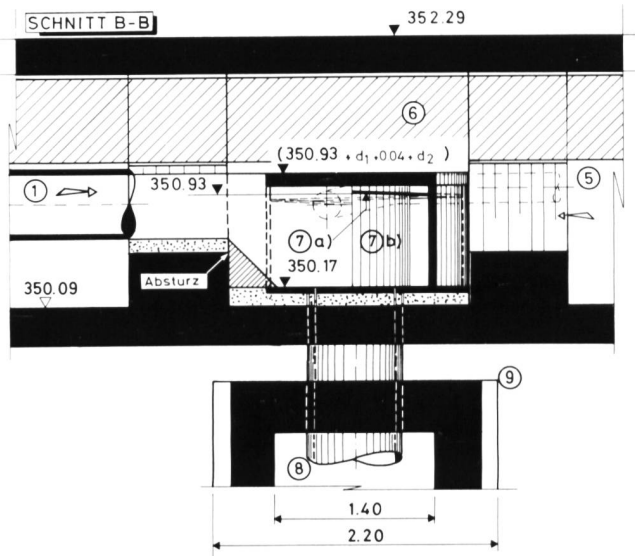


Bild 5. Längsschnitt B-B.

1 Zulaufrohr, Durchmesser 500 mm, $J = 8\%$; $Q = 380 \text{ l/s}$. 2 Profilwechsel; Kreis/Rechteck. 3 Zulaufkanal; $b = 0,50 \text{ m}$; $J = 8\%$. 4 Einlauframpe; Gefälle 1:1. 5 Zulaufrohr; Durchmesser 250 mm, $J = 6\%$; $Q = 50 \text{ l/s}$. 6 Reserveraum für Werkleitungen. 7a Berandung; Breite 0,24 m; $J = 10\%$. 7b Leitwandverlängerung. 8 Fallrohr; Durchmesser 650 mm; $L = 9,54 \text{ m}$. 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

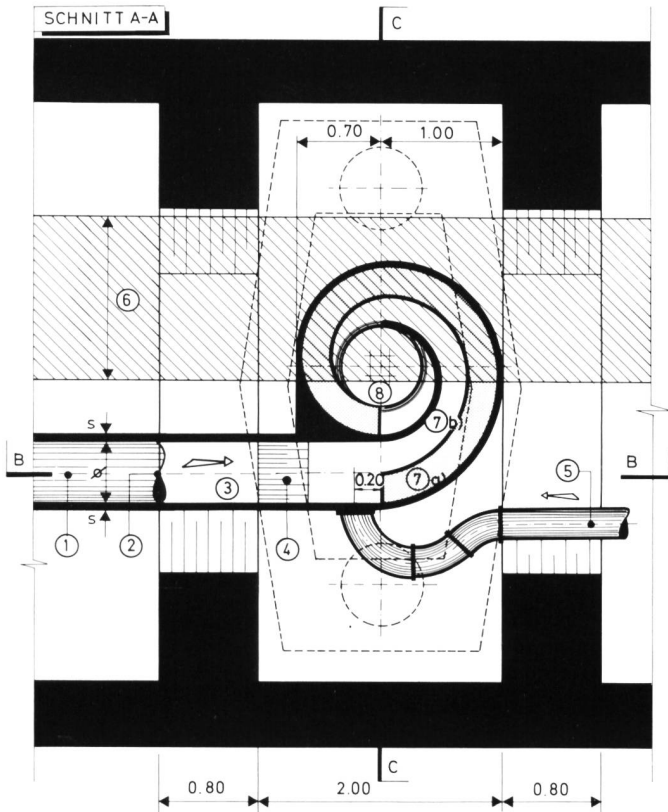


Bild 6. Schnitt A-A.

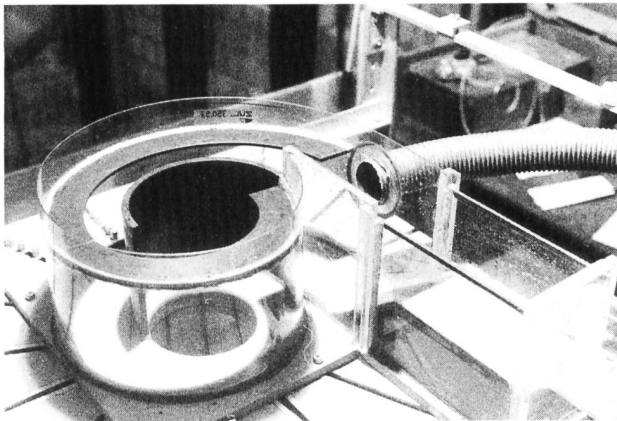


Bild 7. Bestvariante mit einkragendem Deckenelement. Der Profilwechsel findet direkt vor dem Querträger statt. Die Einleitung von 50 l/s erfolgt seitlich vor der Einmündung in die Drallkammer. In der Drallkammer wird ein Berandungselement und eine Leitwandverlängerung um 180° eingebaut.

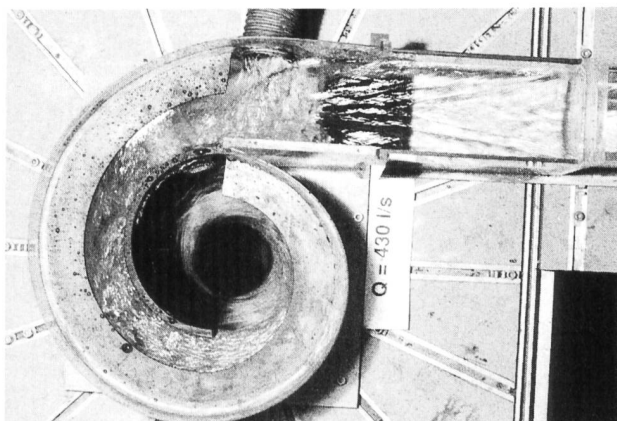


Bild 8. Das Fallrohr besitzt auch bei 430 l/s genügend Sicherheit gegen das Zuschlagen des Einlaufwirbels.

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 schiesenden 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-

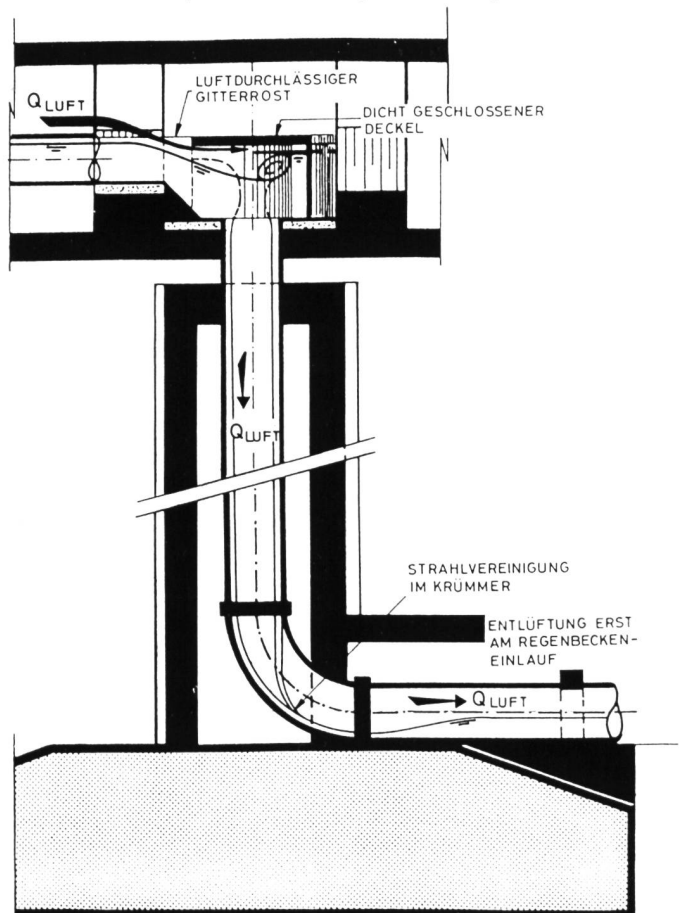


Bild 9. Belüftungskonzept des Wirbelfallschachtes.

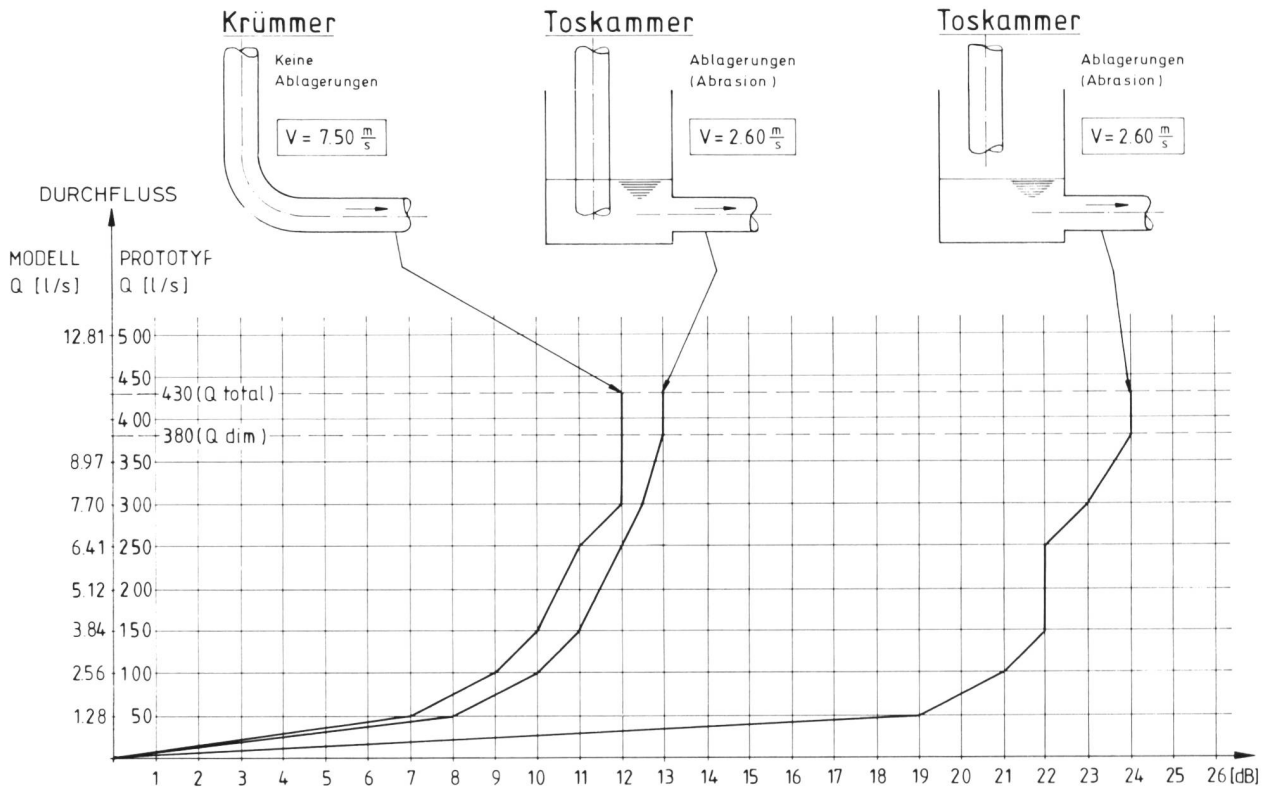


Bild 10. Schematischer Vergleich der im Modell untersuchten Varianten von Auslaufbauwerken in Bezug auf Lärm, Ablagerungen und Auslaufgeschwindigkeit.

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 Luftdurch-

satz 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

- Dioli, 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.