



Merkblatt Schiessende Abflüsse

Das Verhalten von schiessenden Abflüssen unterscheidet sich grundsätzlich von dem bei strömenden Abflüssen. Jegliche Querschnitts- und Richtungsänderungen produzieren Stosswellen. So stellt sich z.B. bereits ein gewellter Abfluss ein, wenn ein mehr als 50% gefüllter Zufluss aus dem Rohr in den Schacht (U-Gerinne) einfließt.

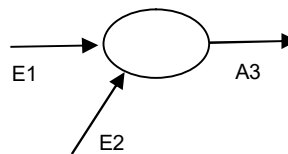
Aufgrund dieser Stosswellen, kann der Abfluss z.B. an der Auslaufschachtwand anschlagen und zu einem Zuschlagen des Auslaufrohres führen. Dadurch entsteht ein abrupter Umschlag vom Freispiegelabfluss hin zu einem instabilen Druckabfluss mit eingeschlossenen Luftpaketen.

Fließzustände

$Fr < 0.75$	klar strömend, Radian können (z.B. bei Platzmangel) auch kleiner als in der TED-Norm angegeben ausfallen.
$0.75 < Fr < 1.5$	Übergangsbereich: Wellenbildung => Kontrolle, ob Freispiegelabfluss noch gewährt ist (z.B. konjugierende Wassertiefe ermitteln) Der Bereich um $Fr \approx 1$ sollte vermieden werden.
$Fr > 1.5$	klar schiessend => Anwendung des vorliegenden Merkblattes

Definition

E1: Zulauf
E2: seitlicher Zulauf
A3: Auslauf



Zielsetzung

Das Merkblatt soll eine einheitliche Anwendung erleichtern und Hilfestellungen bieten für die Dimensionierung und Ausgestaltung von Schachtbauwerken bei schiessenden Abflüssen.

Inhalt und Limiten

Das Merkblatt kann nicht die ganze Theorie der Hydraulik umfassen und ersetzt fundierte Grundkenntnisse der Hydraulik nicht. Ebenso erhebt das Merkblatt auch nicht den Anspruch in jedem Punkt zu 100% wissenschaftlich fundiert zu sein. Bislang beschränken sich die verfügbaren Forschungsergebnisse auf Schächte, bei denen Zuläufe (E1/2) und Auslauf (A3) keine Höhendifferenzen aufweisen.

In der Realität werden kaum solche einfachen Verhältnisse anzutreffen sein, weshalb immer eine behutsame Adaption der Theorie nötig ist.

Das Merkblatt umfasst folgende Anhänge:

- Krümmerschächte
- Vereinigungsbauwerke
- Konstruktionsgrundsätze



Schiessende Abflüsse - Anhang Krümmerschächte

Ablauf	Verantw.	Nr.	Merkmale / Dokumente
		1	Ist der Zufluss eindeutig schiessend?
		2	In GEP-Berechnung ersichtlich Einlauftrumpete, Massnahmen im Ablauf. Begleitmassnahme: Bankette hochziehen
		3	$H_{ux} < 0.5 DN_{E2}$ UND $V_{ux} < 2.5 \text{ m/s}$ ODER $H_{ux} < 0.5 DN_{E2}$ UND $h_{krit} < 0.75 DN_{A3}$
		4	Gemäss Hager oder DWA
		5	
		6	
		7	



Handbuch ERZ-TAZ

Schiessende Abflüsse - Anhang
Krümmerschächte

Ablauf	Verantw.	Nr.	Merkmale / Dokumente
<pre> graph TD Start([1]) --> P8[8 Massnahmen zur Verbesserung] P8 --> D9{9 Massnahmen angemessen?} D9 -- Ja --> U[Massnahmen umsetzen] U --> E1([Ende]) D9 -- Nein --> D10{10 Einstau zulässig?} D10 -- Ja --> S[Schacht nach TED-Norm, einfache Massnahmen zur Einstaureduktion] S --> E2([Ende]) D10 -- Nein --> P8 </pre>	8	8	<ul style="list-style-type: none"> - Vergrösserung des Ablaufdurchmessers - Verlängerung des Schachtes - Bankett hochziehen - Kurvenradius vergrössern - Abdeckblech - Zulaufverhältnisse verändern - Sohlabsturz in Kammer
	9	9	<ul style="list-style-type: none"> - Kosten-/Nutzenverhältnis - Wie hoch ist Energiepotential der Zuläufe?
	10	10	Energiehöhe ermitteln, Kellerkoten im betroffenen Bereich prüfen



Schiessende Abflüsse - Anhang Vereinigungsbauwerke

Das nutzungsspezifische Funktionieren eines Vereinigungsbauwerkes ist – wie üblich in der Kanalisationstechnik – über eine grosse Spannweite variierende Zuflussmenge sicherzustellen. Die näher zu betrachtenden Fliesszustände sind in den vier Hauptkapiteln definiert:

- Trockenwetterabfluss
- Überströmte Bankette bei kleinen Abflüssen
- Nutzungsspezifische Abflusszustände
- 10-jährlicher Spitzenabfluss Q_{ux}

Trockenwetterabfluss Q_{tw}

- Schleppspannung $\tau > 2 \text{ N/m}^2$ anstreben, nach Rücksprache mit ERZ mind. $\tau > 1 \text{ N/m}^2$. Bei einfacheren Verhältnissen genügt der Nachweis der Minimalgeschwindigkeit nach SI-A190: $v > 0.7 / 0.8 / 1.0 \text{ m/s}$.
- Die Kontinuität des benetzten Querschnittes ist zu gewährleisten (keine kontraproduktiven Verengungen oder Aufweitungen).
- Keine «Totwasser-Zonen»

Überströmte Bankette

Werden Bankette bei Abflüssen kleiner RG30 überströmt (z.B. durch unterwasserseitigen Rückstau), genügt der Nachweis, dass das Bankett ein Mal pro Regenereignis RG 30 (rund 20-30 mal jährlich) zuverlässig von Ablagerungen befreit wird.

Nutzungsspezifische Abflusszustände

Wenn aufgrund des Abflussregimes gewisse Zustände häufig erreicht werden oder bis zu einem bestimmten Abfluss vorgegebene Fliesszustände einzuhalten sind, dann sind für die spezifischen Zustände die entsprechenden Nachweise zu führen. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn:

- ein Rückstau aus dem Schachtbauwerk die Selbstreinigung der Kanäle beeinträchtigen würde,
- eine Pumpendruckleitung einmündet,
- Vereinigungen mit Zuflüssen aus einem Entlastungsüberlauf beschickt werden
- oder die Vereinigung oberhalb einer Hochwasserentlastung (sollte bis zur Anspringwassermenge sauber angeströmt werden) liegt.

10-jährlicher Spitzenabfluss Q_{ux}

Zuerst wird mit gewählten Annahmen berechnet, in welchem Fliesszustand sich Zu- und Abflüsse befinden könnten und wo ein allfälliger Fliesswechsel stattfindet. Anschliessend wird der Schacht oder die Kammer entworfen. Zum Schluss wird mit einer Kontrollrechnung geprüft ob die getroffenen Annahmen zutreffend sind. Falls nein, muss mit geänderten Annahmen erneut eine Bearbeitung erfolgen.



Handbuch ERZ-TAZ

Schiessende Abflüsse - Anhang Vereinigungsbauwerke

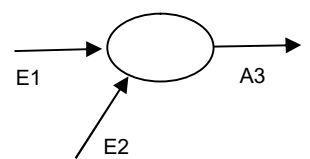
Abflusszustände in der Vereinigung und ihre erforderlichen Nachweise

Je nach Zufluss- und Abflussverhältnissen stehen ganz unterschiedliche Fragestellungen und Lösungsansätze im Vordergrund. Nachstehende Tabelle zeigt auf:

- welche Nachweise zwingend zu führen sind
- und welche Ziele aus Sicht des Kanalnetzbetreibers anzustreben sind.
- sie erhebt jedoch keinerlei Anspruch auf wissenschaftliche Vollkommenheit.

Weitere Nachweise sind fallweise selbstständig zu führen. Vor allem ist auch immer eine Gewichtung des Gefahren- bzw. Energiepotentials der Zuläufe vorzunehmen.

Fall	E1		E2		Ziel	Nachweise für Qux	Bemerkungen
	strömen	schliessen	strömen	schliessen			
Ziel: strömender Abfluss am Auslauf A3							
1	X		X		<ul style="list-style-type: none"> - keine Ablagerungen - keine relevanten Energielinienindifferenzen - kein unzulässiger Rückstau nach oben - minim. Kammergrösse 	<ul style="list-style-type: none"> - Schleppspannung - Sohlenabsturz (Energie- + Impulssatz) 	<ul style="list-style-type: none"> - 90°-Vereinigungen gegebenfalls zulässig. - keine TED-Norm-Minimalradien vorgeschrieben
2		X		X	- Wechselsprung in Kammer	- Lage des Sprunges	<ul style="list-style-type: none"> - Lage variiert abhängig von Abfluss - Auswirkungen auf AL prüfen
Ziel: schiessender Freispiegel-Abfluss am Auslauf A3							
3	X		X		<ul style="list-style-type: none"> - analog Fall 1 - zzgl. genügend Energie für erforderliche Beschleunigung 	<ul style="list-style-type: none"> - Nachweise nach Fall 1 - zzgl. Grenzabflusstiefe bei $A3 < 0.85 DN_{A3}$ - Energie Zuläufe E1, E2 > Energie Grenzabfluss A3 	- Gefällsknick am Auslauf ist zu vermeiden
4		X	X		<ul style="list-style-type: none"> - Auslauf sicher schiessend - keine Beeinflussung entgegen Fliessrichtung E2 	<ul style="list-style-type: none"> - Impulssatz - Sohle_{E2} über WSP $Q_{uxE1-A3}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - Zuströmwinkel E2 nicht relevant, wenn Impuls E1 genügend gross ist. - andernfalls ist Rückstau in E2 zu prüfen und DL oder EL massgebend
5	X			X	<ul style="list-style-type: none"> - kompakte KE - Auslauf schlägt nicht zu 	- Energie- + Impulssatz	- rechtwinklige Einmündung möglich, wenn Sohle _{E2} > WSP _{E1-A3}
6		X		X	<ul style="list-style-type: none"> - kein Zuschlagen des Auslaufes - kein Fliesswechsel im Schacht - KE so kompakt wie möglich 	Bagatellkriterium: <ul style="list-style-type: none"> - max. 1/3 des Impuls E2 wird für schiessenden Freispiegelabfluss in A3 benötigt *) - möglicher Rückstau in E2 problemlos 	<ul style="list-style-type: none"> - für $DN_{A3} \leq 500$ mm: Normblatt 13.43; Normschacht 900/1100 mm, längsgestellt, mit zwei Einläufen. - ab $DN_{A3} 600$ mm: KE mit Radien $< 3 \cdot DN_{E1}$ möglich; Wenn Grenzabfluss_{A3} $< 0.5 DN_{A3}$, kann ohne Radien vereinigt werden.
					<ul style="list-style-type: none"> - Durchflusskapazität Q_C - Wellenhöhe - Effektive Abflusstiefen aufgrund Vereinigung bestimmen 	<ul style="list-style-type: none"> - Verlängerung Ablauf max. Welle $< 1.0 DN \Rightarrow$ keine max. Welle $< 1.2 DN \Rightarrow 1 \cdot DN_{A3}$ max. Welle $> 1.2 DN \Rightarrow 2 \cdot DN_{A3}$ - Verlängerung Zulauf und Aufteilung des gesamten Vereinigungswinkels sind situativ zu beurteilen 	



Spezialfälle

Wenn beide Zuflüsse schiessend sind und der innenliegende Zufluss 2 so dominant ist, dass der Zufluss 1 abgeklemmt wird, darf die Vereinigung erst nach vollständiger Richtungsänderung von Zufluss 2 erfolgen. Ausser, die Auswirkung auf den Zufluss 1 wurde im Detail untersucht.



Schiessende Abflüsse - Anhang Vereinigungsbauwerke

Bei drei und mehr schiessenden Zuflüssen kann der Nachweis unter Vernachlässigung des schwächsten Zuflusses geführt werden bzw. es sind die beiden Zuflüsse zu berechnen, welche ohne Einfluss der vernachlässigten Zuflüsse am problematischsten aufeinander einwirken.

*) In der Regel bei Abflusstiefe in A bei $0.85 \cdot DN_{A3}$.



Schiessende Abflüsse - Anhang Konstruktionsgrundsätze

TED-Normschacht 13.41

Innerhalb eines Normschachtes 900/1100 bestehen rein konstruktiv kaum genügende Platzverhältnisse für eine saubere hydraulische Ausbildung / Berücksichtigung der schiessenden Abflüsse. Maximal wird deshalb das Bankett auf der Kurvenaussenseite auf 1.5mal DN hochgezogen.

Zudem wird der Normschacht bei klar schiessenden Abflüssen nur noch bis zu folgenden Winkeln angewendet, damit der Krümmungsradius auf 3mal DN begrenzt werden kann:

DN 300 ... 400	$\alpha < 60^\circ$	(analog Anwendungsgrenze nach TED-Norm)
DN 500	$\alpha < 45^\circ$	
DN 600	$\alpha < 30^\circ$	
DN 800	$\alpha < 20^\circ$	

TED-Normschacht 900/1100 mm, längsgestellt, mit zwei Einläufen 13.43

Selbst bei kleinen Durchmessern ergeben schiessende Abflüsse oft rechnerische Probleme, die aber im Kanalbetrieb kaum negative Auswirkungen zeigen. Damit nicht in jedem untergeordneten Fall eine aufwändige Kammer erstellt werden muss, kann für solche Fälle ein TED-Schacht 13.43 verwendet werden. Dieser bietet hydraulische Vorteile bei vernachlässigbaren Mehrkosten.

Ein TED-Schacht 13.43 ist immer 900 x 1100 mm gross, damit die Schachtrohre direkt auf den Schachtfuss (Höhe rund 1000 mm) abgestellt werden können.

Kammern

- Anstelle von langen, hochgezogenen Banketten werden die Zu- und Abläufe besser bündig mit dem Konstruktionsbeton verlegt. Leichte Profilaufweitungen oder gar kleine Knicke in der Wand können toleriert werden. Für eine konstruktiv gute Ausführung des Übergangs Gerinne – Konstruktionsbeton ist eine Schalungseinlage unerlässlich.
- Bei Gerinnebreiten ≤ 60 cm darf das Bankett einseitig nicht zu hoch sein, damit die Zugänglichkeit gewährleistet ist.
- Der Einstieg ist so zu wählen, dass der Spülschlauch in direkter Linie zu allen Zuläufen geführt werden kann. Zudem ist die Leiter ausserhalb der Wellenzonen anzuordnen

Massnahmen bei eingestauten Schächten

- Zur Minimierung der Auslaufverluste reicht es in der Regel aus, wenn anstelle der standardmässigen Ausrundung mit $R = 3$ cm eine Ausrundung mit $R \geq 1/6 \cdot DN$ ausgeführt wird. Zur Sicherstellung der Dichtheit beim Rohranschluss ist darauf zu achten, dass das Gelenkstück in jedem Fall 20 cm im Konstruktionsbeton eingebunden ist. Die notwendige grössere Wandstärke beschränkt sich i.d.R. auf die Rohraussparung
- Damit keine Ablagerungen entstehen ist zu prüfen, ob die Bankette entsprechend Einstauhöhe hochgezogen werden sollen. Achtung: betriebliche Bedürfnisse (Zugänglichkeit der Rinne, Kammerhöhe, etc.) nicht vernachlässigen.

Massnahmen zur Verbesserung der Hydraulik

- Vergrösserung des Auslaufdurchmessers.
- Verlängerung des Schachtes (meist 2-mal DN_{A3}): dadurch sinkt die Wellenhöhe vor dem Schachtauslauf. Die notwendige Länge der Verlängerung kann zwar nicht berechnet werden. Eine kleine Verlängerung ist immer besser als gar keine.
- Bankett hochziehen (Welle bleibt in Gerinne > geringere Abflussstörung)
- Krümmungsradius vergrössern (verkleinert die maximale Wellenhöhe)
- Abdeckblech (nur als Nachrüstung für best. Schächte)
- Zulaufverhältnisse verändern (Gefälle oder Linienführung so anpassen, dass maximale Wellenhöhe sinkt oder kein schiessender Abfluss herrscht)
- Sohlabsturz in Kammer: kann bei richtiger Ausbildung ein geringeres Wellenmaximum am Auslauf bewirken (Wurfparabel des Zuflusses berücksichtigen).
- Eine Be-/Entlüftung von A3 unmittelbar nach der Kammer reduziert pulsierende Abflüsse.