

I/1 Biochemische und hydraulische Randbedingungen zur Entstehung biogener Schwefelsäure-Korrosion

Bauassessor Dipl.-Ing. Karl-Heinz Flick

Einleitung

Das Kanalnetz ist i. d. R. so auszulegen, dass der Abwassertransport und die Aufenthaltszeit des Abwassers in Kenntnis seiner Inhaltsstoffe schnell und sicher zu erfolgen hat. Hygiene-probleme dürfen nicht auftreten. Dies gilt sowohl für die Anlieger als auch für die mit den Arbeiten im Kanal befassten Personen. Die Freigefälleentwässerung nun erfährt hinsichtlich ihrer Dimensionierung bekannterweise unterschiedliche technische Randbedingungen. Allen gemeinsam ist, dass Ablagerungen im Kanalnetz unerwünscht sind. Absolut vermeidbar sind sie in etlichen Fällen allerdings nicht. Rückblickend haben wir heute Kanalnetze, die über 100 Jahre alt und im Betrieb sind. Die zum damaligen Planungszeitraum vorgesehenen Randbedingungen konnten jeweils nur für diese Zeit gelten. Vorhersehbar waren sicherlich nicht die heute vorhandenen Abflussmengen, Regenwassermengen, aber insbesondere auch die angeschlossenen Einwohner. Das gleiche gilt sicherlich auch für die Situation im Jahre 2001 mit einem Ausblick auf ein langfristig zu betreibendes Kanalnetz. Es darf auch nicht vergessen werden, dass das Kanalnetz das Abwasser frisch der Kläranlage zuzuführen hat.

Im Zusammenhang mit dem Abfluss, der hydraulischen Berechnung des Abflusses und seiner Abwasserinhaltsstoffe soll nun nachfolgend dargestellt werden, welches Korrosionspotenzial vom Abwasser ausgehen kann, welche hydraulischen Randbedingungen dieses mit beeinflussen und wie diese rechnerisch dargestellt werden können.

1. Hydraulische Berechnung von Abwasserkanälen

Mit dem Arbeitsblatt A 110 der ATV, Ausgabe Oktober 1965, wurde unter dem Titel „Richtlinie für die hydraulische Berechnung von Abwasserkanälen“ Rechenansätze erläutert und begründet zur Bestimmung der Abflußleistung vollgefüllter, aber druckloser Kanäle sowie der zugehörigen Fließgeschwindigkeit. Wesentliche Merkmale dafür waren der Widerstandsbeiwert sowie die Betriebsrauheit. Insbesondere sollte die Betriebsrauheit die Einflüsse des Betriebs und der Bauwerke berücksichtigen, wozu vier verschiedene Werte von $k_b = 0,25$ mm bis $k_b = 1,50$ mm festgelegt waren.

Im August 1988 ist unter dem Titel „Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen“ die 1. Überarbeitung des Arbeitsblattes A 110 der ATV erschienen. Unter Dimensionierung ist die Querschnittswahl zu verstehen bei vorgegebener Abflussleistung sowie Lage und Gefälle; der Leistungsnachweis dient der Berechnung der möglichen Abflussleistung bei vorgegebenem Querschnitt, Lage und Gefälle. Hier wurden nun weiterreichende hydraulische Grundlagen angegeben und für die praktische Anwendung aufbereitet, die sowohl bei der Planung, d. h. bei der Festlegung von Durchmessern und Gefällen, als auch bei der hydraulischen Nachrechnung der Abflussvorgänge in vorhandenen Anlagen zu beachten sind. Das Arbeitsblatt behandelt daher grundlegend die Abflussformen, -zustände und -vorgänge mit den Besonderheiten bei Steilstrecken, Flachstrecken, Druck- und Unterdruck-Entwässerung und auf Grundstücken. Zwischenzeitlich wurde die Überarbeitung der Fassung 1988 von A 110 abgeschlossen [1]. Die Veröffentlichung als 3. Fassung 2001 erfolgt in Kürze.

Berechnung geschlossener Querschnitte – Vollfüllung

Die Dimensionierung bei Neubau und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen orientiert sich normalerweise an der Vollfüllung, wobei diese nicht voll ausgenutzt werden sollte. Erreicht der Bemessungsabfluss etwa 90 % des Abflussvermögens Q_v , wird empfohlen, den nächstgrößeren Querschnitt zu wählen. Hierdurch werden pauschal berücksichtigt:

- Nenngrößen-Unterschreitungen,
- Querschnittsverringerung durch unvermeidliche Ablagerungen – bis 3 % der Querschnittsfläche und
- Gleichsetzung der wirklichen Kanallänge l mit ihrer Projektion l' .

Beim Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen ist die jeweils zulässige Rückstauhöhe oder die Überstauhäufigkeit maßgebend (DIN EN 752-4).

Berechnung geschlossener Querschnitte – Teilfüllung

Abwasserkanäle und -leitungen laufen in aller Regel unter Teilfüllung. Nur in sehr langen, stationär gleichförmig durchströmten Strecken stellt sich der Wasserspiegel parallel zur Sohle ein, d. h. also fast nie. Dennoch ist dieser Fall als „Grenzwert“ ein geeignetes Beurteilungskriterium, so dass hierfür Teilfüllungskurven aufgestellt und verwendet werden. Theoretische und praktische Untersuchungen haben ergeben, dass der Einfluss der Luftreibung auf das Abflussverhalten teilgefüllter, geschlossener Profile vernachlässigt werden kann. Die Teilfüllungskurven besitzen bei steigender Füllung einen rückbiegenden Teil mit einem Abflussmaximum bei Teilfüllung, dem die höchstmögliche, stabile Normalwassertiefe zuzuordnen ist.

Wegen der Problematik der Belüftung bzw. des Lufteinschlusses bei Kanalisationsleitungen, verbunden mit der daraus resultierenden Gefahr des „Zuschlagens“ der Leitungen, werden die Teilfüllungskurven für die Abflüsse abgebrochen bei

$$\frac{Q_T}{Q_v} = 1,0$$

Dimensionierung und Leistungsnachweis

Die **Dimensionierung** kann mit einer erhöhten betrieblichen Rauheit k_b als Pauschalwert erfolgen für den Fall:

Zusammenfassung lokaler Strömungswiderstände oder Energiehöhenverluste und Berücksichtigung von r_{hy} , J und Re .

ATV-DVWK A 110 [1] hat die Pauschalwerte neu zusammengestellt (**Tabelle 1**) und gibt Beiwerte oder Rechenansätze der nachfolgenden Einzelverlustarten an:

- Lageungenauigkeiten und -änderungen
- Rohrverbindungen
- Zulauf-Formstücke
- Schachtbauwerke in Regelausführung (gerader Durchgang)
- Schachtbauwerke in Sonderausführung (gerader Durchgang)
- Kurvenbauwerke
- Vereinigungsbauwerke

Kanalart	Schachtausbildung		
	Regel- schächte	Angeformte Schächte	Sonderschächte
Transportkanäle	0,50	0,50	0,75
Sammelkanäle ≤ DN 1000	0,75	0,75	1,50
Sammelkanäle > DN 1000	—	0,75	1,50
Mauerwerkskanäle, Ortbetonkanäle, Kanäle aus nicht genormten Rohren ohne besonderen Nachweis der Wandrauheit	1,50	1,50	1,50
Drosselstrecken (1), Druckrohrleitungen (1, 2, 3), Düker (1) und Reliningstrecken ohne Schächte	0,25		
1) Ohne Einlauf-, Auslauf- und Umlenkungsverluste 2) Ohne Drucknetze 3) Auswirkungen auf Pumpwerke			

Tabelle 1: Pauschal-Werte für die betriebliche Rauheit k_b [mm] [1]

Die Anwendung des Pauschal-Konzeptes für genormte Rohre ist ohne weiteren Nachweis im Einzelfalle zulässig und als Regelfall anzusehen. Im Rahmen des Pauschal-Ansatzes bei der Dimensionierung ist die effektive Wandrauheit für derzeit durch den DIN-Normenausschuss Wasserwesen genormte Rohre einheitlich mit $k = 0,1$ mm und die Fließgeschwindigkeit mit $v = 0,8$ m/s angesetzt, um damit auch den Bereich der Teilfüllung mit abzudecken. Für nicht genormte Rohre ohne besonderen Nachweis der effektiven Wandrauheit sowie für Mauerwerks- und Ortbetonkanäle ist $k_b = 1,5$ mm anzusetzen.

Der Pauschal-Ansatz für k_b -Werte enthält in der Regel die Einflüsse von Wandrauheit, Lageungenauigkeit und -änderungen, Rohrstoßen, Zulauf-Formstücken und Schachtbauwerken. Der Einfluss der Schachtbauwerke ist bis einschließlich Scheitelfüllung $h/d \leq 1,0$ uneingeschränkt anwendbar.

Für den **Leistungsnachweis** ist das Individualkonzept anzuwenden, d. h. die detaillierte Berücksichtigung aller Verlusteinflüsse im Einzelfall. Dabei können k_b -Werte haltungs- oder bereichsweise berechnet und angewandt werden. In Abhängigkeit von auftretendem Einstau oder Überstau sind die Verlustbeiwerte für die Schachtbauwerke gesondert bzw. haltungsweise mit den Werten für $h/d > 1,0$ anzusetzen. Damit verbietet sich eine besondere, generelle k_b -Wert-Tabelle für den Einstau-, Überstau- und Überflutungsnachweis.

Flachstrecken und Ablagerungen

Abwasser ist eine Mischung von Wasser mit den verschiedenartigsten Feststoffen, unter welchen stets auch absetzbare anzutreffen sind und deren Sedimentation durch die geeignete Wahl maßgebender Parameter vermieden werden kann.

Hierzu wird in ATV-DVWK-A 110 [1] eine Mindestwandschubspannung von $\tau = 1,0$ N/m² empfohlen. Die Mindestwandschubspannung, die von der Volumenkonzentration an absetzbaren Feststoffen abhängig ist, darf nicht unterschritten werden und hat für Konzentrationen von

$c_T = 0,05 \text{ ‰}$ für Misch- und Regenwasser sowie $c_T = 0,03 \text{ ‰}$ für Schmutzwasser folgende Mindestwerte :

$$\tau_{\min} = 4,1 \cdot Q^{1/3} \text{ (für Regen- und Mischwasserkanäle)}$$

$$\tau_{\min} = 3,4 \cdot Q^{1/3} \text{ (für Schmutzwasserkanäle)}$$

mit Q in m^3/s und zwar unabhängig vom Durchmesser und Gefälle.

Die vorhandene Wandschubspannung τ_{vorh} errechnet sich mit:

$$\tau_{\text{vorh}} = \rho \cdot g \cdot r_{\text{hy}} \cdot J_R$$

In [1] sind Tabellen (**Tabellen 2 und 3**) mit Grenzwerten für ablagerungsfreien Betrieb von Regen-, Misch- und Schmutzwasserkanälen aufgestellt unter der Annahme einer Betriebsrauheit $k_b = 1,5 \text{ mm}$ und unterschiedlicher Teilfüllungsverhältnisse von $h_T/d = 0,1$ bis $0,5$ sowie für $\tau \geq 1,0 \text{ N/m}^2$. Sie enthalten auch Bereiche, die durch die Einhaltung von $\tau_{\min} = 1,0 \text{ N/m}^2$ gekennzeichnet sind. Die Grenzwerte können mit genügender Genauigkeit für alle k_b -Werte, also im Bereich von $k_b = 0,25 \text{ mm}$ bis $k_b = 1,5 \text{ mm}$ angewandt werden.

Kreisquerschnitt d	$h_T/d \geq 0,10$			$h_T/d \geq 0,20$			$h_T/d \geq 0,30$			$h_T/d \geq 0,50$		
	J_c	v_c	τ_{\min}	J_c	v_c	τ_{\min}	J_c	v_c	τ_{\min}	J_c	v_c	τ_{\min}
mm	‰	m/s	N/m^2	‰	m/s	N/m^2	‰	m/s	N/m^2	‰	m/s	N/m^2
200	*)	*)	*)	4,23	0,43	1,00	2,98	0,46	1,00	2,04	0,48	1,00
250	*)	*)	*)	3,38	0,45	1,00	2,39	0,47	1,00	1,63	0,49	1,00
300	5,35	0,43	1,00	2,82	0,46	1,00	1,99	0,49	1,00	1,48	0,53	1,09
350	4,59	0,44	1,00	2,42	0,47	1,00	1,70	0,50	1,00	1,45	0,58	1,24
400	4,02	0,44	1,00	2,11	0,48	1,00	1,61	0,51	1,05	1,42	0,63	1,39
450	3,57	0,45	1,00	1,88	0,49	1,00	1,53	0,55	1,15	1,40	0,67	1,54
500	3,21	0,46	1,00	1,69	0,50	1,00	1,50	0,59	1,26	1,38	0,71	1,69
600	2,68	0,47	1,00	1,61	0,54	1,14	1,47	0,66	1,48	1,34	0,79	1,97
700	2,29	0,48	1,00	1,59	0,61	1,32	1,43	0,71	1,68	1,31	0,86	2,25
800	2,01	0,49	1,00	1,55	0,64	1,47	1,40	0,77	1,88	1,29	0,93	2,52
900	1,88	0,51	1,05	1,52	0,68	1,62	1,38	0,82	2,08	1,26	0,99	2,79
1000	1,84	0,54	1,15	1,50	0,73	1,78	1,36	0,87	2,28	1,24	1,05	3,05
1100	1,81	0,56	1,24	1,48	0,77	1,93	1,35	0,93	2,49	1,23	1,11	3,31
1200	1,79	0,60	1,34	1,46	0,81	2,07	1,32	0,96	2,66	1,21	1,17	3,57
1300	1,77	0,63	1,43	1,44	0,84	2,22	1,30	1,00	2,84	1,20	1,22	3,82
1400	1,75	0,65	1,53	1,43	0,88	2,37	1,30	1,06	3,05	1,18	1,27	4,07
1500	1,73	0,67	1,62	1,41	0,91	2,50	1,28	1,09	3,22	1,17	1,32	4,31
1600	1,71	0,71	1,70	1,40	0,95	2,65	1,27	1,12	3,39	1,16	1,37	4,55
1800	1,69	0,75	1,89	1,38	1,01	2,93	1,25	1,22	3,77	1,14	1,46	5,03
2000	1,66	0,79	2,06	1,36	1,07	3,22	1,23	1,28	4,11	1,12	1,54	5,50
2200	1,64	0,83	2,24	1,34	1,13	3,48	1,21	1,35	4,46	1,11	1,63	5,97
2400	1,61	0,86	2,41	1,32	1,18	3,74	1,19	1,41	4,80	1,09	1,70	6,42
2600	1,59	0,92	2,58	1,30	1,23	3,99	1,17	1,45	5,11	1,08	1,78	6,87
2800	1,58	0,96	2,75	1,29	1,29	4,27	1,16	1,52	5,45	1,07	1,85	7,32
3000	1,56	0,99	2,92	1,27	1,32	4,50	1,15	1,58	5,78	1,05	1,92	7,76
3200	1,54	1,01	3,07	1,26	1,37	4,78	1,14	1,64	6,11	1,04	1,99	8,19
3400	1,53	1,05	3,24	1,25	1,42	5,01	1,13	1,70	6,44	1,03	2,05	8,62
3600	1,51	1,07	3,39	1,24	1,46	5,27	1,12	1,74	6,74	1,03	2,12	9,05
3800	1,50	1,11	3,56	1,22	1,49	5,48	1,11	1,82	7,09	1,02	2,18	9,47
4000	1,49	1,16	3,73	1,21	1,54	5,75	1,10	1,85	7,39	1,01	2,24	9,89

*) $J \geq 1/DN$

Tabelle 2: Grenzwerte für ablagerungsfreien Betrieb von Regen- und Mischwasserkanälen [1]

Kreisquer- schnitt d	$h_T/d \geq 0,10$			$h_T/d \geq 0,20$			$h_T/d \geq 0,30$			$h_T/d \geq 0,50$		
	J_c	v_c	τ_{min}	J_c	v_c	τ_{min}	J_c	v_c	τ_{min}	J_c	v_c	τ_{min}
mm	‰	m/s	N/m ²	‰	m/s	N/m ²	‰	m/s	N/m ²	‰	m/s	N/m ²
150	*)	*)	*)	5,64	0,41	1,00	3,98	0,44	1,00	2,72	0,45	1,00
200	*)	*)	*)	4,23	0,43	1,00	2,98	0,46	1,00	2,04	0,48	1,00
250	*)	*)	*)	3,38	0,45	1,00	2,39	0,47	1,00	1,63	0,49	1,00
300	5,35	0,43	1,00	2,82	0,46	1,00	1,99	0,49	1,00	1,36	0,51	1,00
350	4,59	0,44	1,00	2,42	0,47	1,00	1,70	0,50	1,00	1,18	0,52	1,01
400	4,02	0,44	1,00	2,11	0,48	1,00	1,49	0,51	1,00	1,16	0,56	1,13
450	3,57	0,45	1,00	1,88	0,49	1,00	1,33	0,52	1,00	1,14	0,60	1,26
500	3,21	0,46	1,00	1,69	0,50	1,00	1,22	0,53	1,03	1,12	0,64	1,37
600	2,68	0,47	1,00	1,41	0,51	1,00	1,20	0,59	1,20	1,09	0,71	1,61
700	2,29	0,48	1,00	1,30	0,55	1,07	1,16	0,63	1,36	1,07	0,78	1,83
800	2,01	0,49	1,00	1,26	0,58	1,20	1,14	0,69	1,53	1,05	0,84	2,06
900	1,78	0,50	1,00	1,25	0,63	1,33	1,12	0,73	1,69	1,03	0,90	2,27
1000	1,61	0,50	1,00	1,23	0,67	1,45	1,11	0,78	1,86	1,01	0,95	2,49
1100	1,49	0,52	1,02	1,21	0,69	1,57	1,09	0,82	2,01	1,00	1,00	2,70
1200	1,46	0,54	1,09	1,19	0,73	1,69	1,08	0,87	2,17	0,99	1,05	2,91
1300	1,45	0,56	1,17	1,18	0,77	1,82	1,07	0,92	2,33	0,98	1,10	3,11
1400	1,44	0,60	1,25	1,16	0,79	1,93	1,06	0,95	2,48	0,96	1,15	3,31
1500	1,41	0,61	1,32	1,16	0,83	2,05	1,04	0,98	2,62	0,96	1,19	3,51
1600	1,40	0,63	1,40	1,14	0,86	2,16	1,03	1,01	2,76	0,95	1,23	3,71
1800	1,38	0,68	1,55	1,12	0,91	2,38	1,01	1,07	3,05	0,93	1,31	4,10
2000	1,35	0,71	1,68	1,10	0,96	2,60	1,00	1,15	3,35	0,91	1,39	4,49
2200	1,34	0,76	1,83	1,08	1,01	2,82	0,99	1,22	3,64	0,90	1,47	4,86
2400	1,32	0,79	1,97	1,07	1,06	3,04	0,97	1,26	3,90	0,89	1,54	5,23
2600	1,30	0,82	2,10	1,06	1,11	3,25	0,96	1,33	4,18	0,88	1,61	5,60
2800	1,29	0,86	2,25	1,05	1,16	3,47	0,95	1,39	4,46	0,87	1,67	5,96
3000	1,27	0,88	2,37	1,04	1,20	3,67	0,94	1,43	4,72	0,86	1,73	6,32
3200	1,25	0,90	2,50	1,03	1,25	3,89	0,93	1,49	5,00	0,85	1,80	6,68
3400	1,24	0,94	2,63	1,02	1,29	4,10	0,92	1,53	5,25	0,84	1,85	7,03
3600	1,23	0,97	2,76	1,01	1,32	4,29	0,91	1,56	5,49	0,84	1,91	7,38
3800	1,23	1,01	2,91	1,00	1,36	4,48	0,90	1,62	5,76	0,83	1,97	7,72
4000	1,22	1,03	3,03	1,00	1,42	4,71	0,90	1,68	6,03	0,82	2,02	8,06

*) $J \geq 1/DN$

Tabelle 3: Grenzwerte für ablagerungsfreien Betrieb von Schmutzwasserkanälen [1]

Bei den in der Regel nicht konstanten Abflüssen ist der für diese Betrachtung maßgebende Abfluss Q dadurch bestimmt, dass die Zeit mit Ablagerungen ($\tau_{vorh} < \tau_{min}$) nicht mehr als das doppelte der Zeit ohne Ablagerungen ($\tau_{vorh} \geq \tau_{min}$) beträgt.

2. Biogene Schwefelsäure-Korrosion

Biogene Schwefelsäure-Korrosion in Abwasseranlagen ist eine seit Jahrzehnten bekannte Thematik. Mit der derzeitigen stark rückläufigen Entwicklung des Wasserverbrauchs und dem damit verbundenen Schmutzwasserabfluss wird die Situation verschärft.

Für den Neubau stehen die Planungsinstrumente zur Verfügung, um präventiv diesen Belastungen entgegen zu treten. Betroffen sind gleichermaßen Mischwasser- und Schmutzwasserkanäle. Für den Transport des häuslichen, gewerblichen und industriellen Schmutzwassers gelten letztendlich bei der Schwerkraftentwässerung die gleichen hydraulischen Randbedingungen. Als Transportmittel steht das im Abwasser enthaltene Wasser zur Verfügung. Bei der

Rohrmaterialentscheidungen sind die Kenntnisse und Erfahrungen über Fließ- und Transportvorgänge sowie über Wechselwirkungen von Abfluss und Rohrmaterial von Bedeutung. Zur Vermeidung und Beseitigung von Ablagerungen werden die Abflussvorgänge bedarfsweise unterstützt durch die regelmäßige Wartung der Kanäle mittels der Hochdruckreinigung.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Abwasserkanäle Bauwerke sind, die für einen langfristigen Einsatz errichtet werden. Die erwartete Langlebigkeit der Infrastruktureinrichtung Abwasserkanal kann allerdings nur dann erreicht werden, wenn bereits in der Planungsphase alle relevanten quantitativen und qualitativen Einflussgrößen Eingang finden in die technische und wirtschaftliche Projektbewertung. Im Zusammenhang mit dem deutlichen Rückgang der abzuleitenden Schmutzwassermenge gewinnt die Beurteilung der möglichen Korrosion durch Abwasser aktuell an Bedeutung. Das hierzu gehörende Planungsinstrument steht zur Verfügung mit der Berechnung des Z-Wertes nach Pomeroy.

Abwassermenge, -anfall und -beschaffenheit

Der Wasserverbrauch je Einwohner bei Haushalten und Kleingewerbe hat sich in den letzten Jahren stabilisiert bei 128 bis 130 l je Einwohner und Tag [2]. Anzumerken ist, dass es sich dabei um einen durchschnittlichen Wasserverbrauch handelt über den Gesamtverbrauch an Frischwasser in Deutschland. Die von Betreibern von Abwasserbeseitigungsanlagen und Wasserversorgungsunternehmen berichteten Zahlen zum Ist-Verbrauch und -Abfluss häuslicher und gewerblicher Abwasser lassen erkennen, dass ein Wert von 128/E·d nicht der tatsächlichen hydraulischen Belastung entspricht. Verbrauchswerte von 60 bis 90/E·d sind realistisch [2]. Dies gilt nicht nur für den ländlichen Bereich, in dem immer schon der Durchschnittsverbrauch geringer ist. Ebenso von Interesse sind zusätzlich die Darstellungen über die Verbrauchsschwankungen im Tagesverlauf je nach Abflussgebiet.

Regenwassermenge und -anfall

Die Bemessung der Mischwasserkanäle für die Regenwasserableitung richtet sich nach den maßgebenden Regenspenden, der Topografie und Bebauung. Erfahrungen belegen, dass während 2/3 der Jahreszeit der Frischwasserkanal allein zum Transport des Schmutzwassers dient. Folglich sind Mischwasserkanäle über die längste Betriebszeit Schmutzwasserkanäle.

Schmutzwasserabfluss

Mit der Herausgabe des ATV-Arbeitsblattes A 110 im Jahr 1988 wurden erstmalig Grenzwerte dargestellt für den ablagerungsfreien Betrieb. Mit der in Kürze vorliegenden 3. Fassung wird dieser Bereich ausführlicher behandelt. Die Darstellung von Grenzgeschwindigkeiten stellt bei der Bemessung der Abwasserkanäle und -leitungen nur einen Aspekt dar. Bei auftretenden Ablagerungen und deren notwendiger Beseitigung sind dann allerdings die Beanspruchungen durch Hochdruckspülen zu beachten.

Biologische und chemische Belastungen wirken auf die Kanalrohre. Säuren, Laugen und aggressive Abwasserinhaltsstoffe beanspruchen diese und führen zur Zersetzung, Verformung und Korrosion. Korrosionsschäden sind zu unterscheiden nach solchen im Scheitel und an der Sohle.

Nachweise umfassen folglich:

- Hydraulische Dimensionierung unter Beachtung von Ablagerungen [1]
- Statischer Nachweis zum Tragverhalten der Rohre [3]

- Chemischer Nachweis zur Wechselwirkung Abwasser / Boden / Grundwasser / Rohrmaterial [4], [5]
- Wartungsnachweis zur Hochdruckspülfestigkeit des Rohrmaterials [6], [7], [8]
- Biologischer Nachweis zur biogenen Schwefelsäure-Korrosion [9]

Diese Nachweise sind Bestandteil einer umfassenden Planung.

Hydraulischer Nachweis zum ablagerungsfreien Abfluss

Für den hydraulischen Nachweis ist auf das ATV-Arbeitsblatt A 110 zu verweisen, in dem die auf die Nennweiten bezogenen Mindestfließgeschwindigkeiten genannt sind. Die Schmutzwassermenge ist vor dem Hintergrund des Wassersparens, verbrauchsärmerer Haushaltsgeräte und des hohen Ausstattungsgrades an Sanitärgegenständen in den Haushalten kritisch zu betrachten. Die Freigefälleentwässerung benötigt Wasser zum Transport der Abwasserinhaltsstoffe.

Nachweis gegen biogene Schwefelsäure-Korrosion

Der Nachweis der Eignung bzw. das Aufzeigen von Gefahren für die Rohrwerkstoffe durch biologische Angriffe wird erbracht durch die Abschätzung der biogenen Schwefelsäurekorrosion. Sehr oft findet diese Tatsache erst Beachtung während der Betriebszeit oder durch die Feststellung von Schäden am Kanalnetz. Darüber hinaus wird durch deutlich veränderte Randbedingungen der Abfluss verändert. Das bestehende Kanalnetz muss dann mit dieser Situation fertig werden [11], [12], [13].

Hier sollen nun Hinweise gegeben werden über die Abschätzung dieses Gefahrenpotenzials. Ansatzpunkte sind:

- Schmutzwassersammler,
- Mischwasserkanäle,
- Einmündungen von Druckleitungen einzelner Pumpwerke und Druckentwässerungsanlagen in das Freispiegelnetz,
- Kanäle mit deutlich reduziertem Schmutzwasseranteil,
- Abwässer mit langen Aufenthaltszeiten im Kanalnetz,
- Kanäle mit geringen Abflüssen im Ausbau,
- Abwasserkanäle mit geringem Gefälle,
- Abwasserkanäle mit Einmündungen aus bestimmten Industrie- und Gewerbebetrieben sowie noch nicht kurzgeschlossenen Hauskläranlagen.

Das ATV-Merkblatt M 168 [14] beschreibt die verschiedenen Formen der Korrosion, gibt Hinweise für Planung, Bau und Betrieb und unterstützt praxisnah die Auswahl geeigneter Werkstoffe.

Die biogene Schwefelsäure-Korrosion greift zementgebundene Werkstoffe und solche mit Zementauskleidungen an. Notwendige Voraussetzung für die biogene Schwefelsäurekorrosion ist die Sulfidentwicklung. Dafür ist von entscheidendem Einfluss die organische Verschmutzung des Abwassers. Unterstützt wird die Sulfidentwicklung durch die Abwassertemperatur, die Abflussverhältnisse und durch das Vorhandensein von Ablagerungen im Kanalnetz. Von Bedeutung sind auch lange Transportzeiten für die Feststoffe im Abwasser und daraus entstehende biologische und biochemische Prozesse.

Für die Abschätzung des Gefährdungspotenzials des Abwassers für das Einsetzen von biogener Schwefelsäurekorrosion kann die Anwendung der so genannten “Z-Formel” von Pomeroy [15], [9] empfohlen werden. Sie gilt für die Beurteilung von Abwässern mit kontinuierlicher organischer Belastung und verbindet hydraulische und biologische Randbedingungen zu einer gemeinsamen dimensionslosen Kenngröße (Z-Wert) zur Beurteilung:

$$Z = \frac{3 \cdot \text{BSB}_5 \cdot U}{l^{1/2} \cdot Q^{1/3} \cdot b}$$

Darin bedeuten:

- BSB_5 = definiert als der Standardbedarf an biochemischem Sauerstoff über 5 Tage bei 20 °C (BSB_5), multipliziert mit dem Temperaturfaktor $1,07^{(T-20)}$, in mg/l
- Organische Verschmutzung: in g $\text{BSB}_5/\text{E} \cdot \text{d}$
- Wasserverbrauch in l/E·d
- I = Gefälle der Rohrleitung in ‰
- Q = Durchfluss in l/s
- U/b = Verhältnis des benetzten Umfanges zur Spiegelbreite der Strömung
- Z = Aller Wahrscheinlichkeit nach zu erwartende Verhältnisse
- Z > 5000: Sulfid kaum vorhanden sein oder nur in sehr geringen Konzentrationen
- Z ~ 7500: Spitzenkonzentration von wenigen Zehnteln eines mg/l gelösten Sulfids können auftreten; Beton und Mauerwerk können schwach angegriffen werden. Beträchtliche Korrosion kann manchmal in der Nähe von Punkten mit hoher Turbulenz beobachtet werden.
- Z ~ 10000: Die Sulfidkonzentration ist dergestalt, dass Geruch zunehmend auftreten kann; Beton und Mauerwerk können beträchtlichen Schaden erleiden, besonders in der Nähe von Punkten hoher Turbulenz.
- Z ~ 15000: Zeitweise ausgeprägter Geruch. Rascher Angriff an Betonteilen an Punkten mit hoher Turbulenz ist zu erwarten sowie starker Angriff an anderen Stellen. Bei einem Betonrohr mit 25 mm Wanddicke muss mit der Zerstörung innerhalb von 25 Jahren gerechnet werden.
- Z ≥ 25000: Gelöstes Sulfid wird meistens vorhanden sein. Kleinere Betonrohre sind wahrscheinlich nach 5 bis 10 Jahren zerstört.

Das Berechnungsbeispiel zeigt auf, wie bei bestehenden Kanälen der veränderte Schmutzwasserabfluss sich auswirkt auf die mögliche Korrosion infolge biogener Schwefelsäure. Die Randbedingungen sind :

- DN: 250 bzw. 500
- Betriebsrauheit: 1,5 mm
- Sohlgefälle: 5 ‰
- Einwohner: 5000
- Wasserverbrauch: Variation von 150 bis 75 l/E·d

Das Ergebnis (**Bilder 1 und 2**) lässt sich bezogen auf den Z-Wert wie folgt zusammenfassen:

- Steigende Z-Werte bei fallendem Gefälle und steigender Temperatur
- Steigende Z-Werte bei geringem Wasserverbrauch unter sonst gleichen Bedingungen
- Die Verringerung des Wasserverbrauchs kommt in der Wirkung einer Temperaturerhöhung des Abwassers gleich.

Die Feststellung von Z-Werten größer als 7500 sollte dann der Anlass sein, eine genaue Berechnung der Schwefelsäure-Bildung und der biogenen Schwefelsäure-Korrosion durchzuführen.

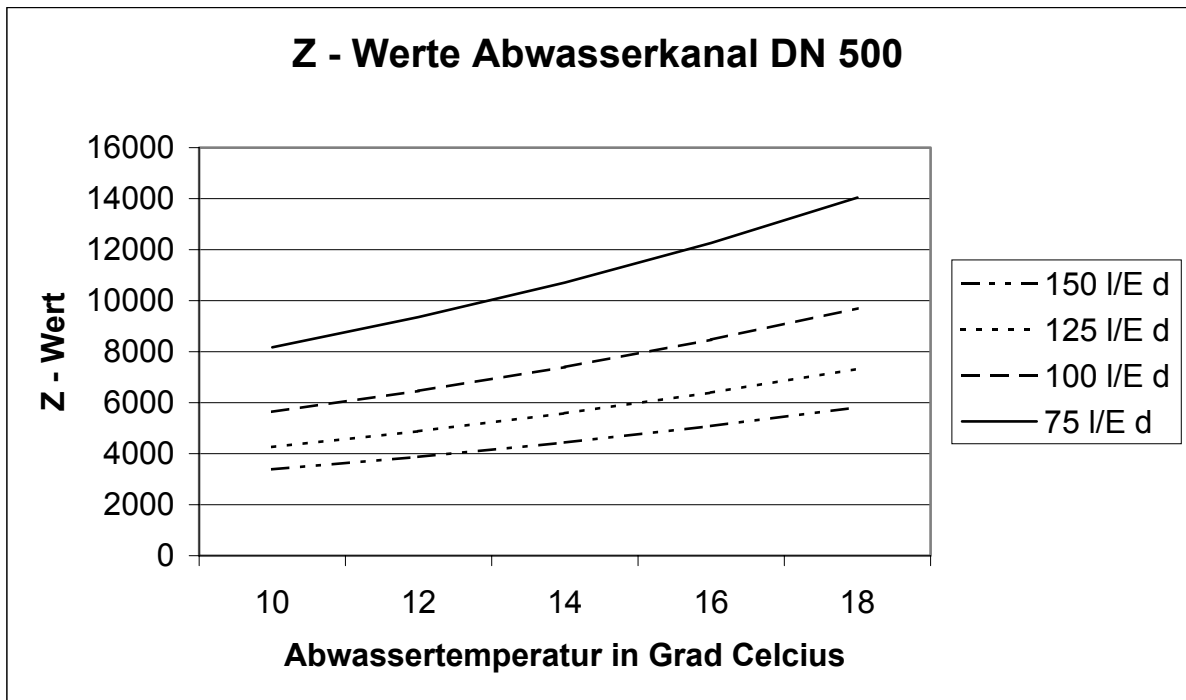


Bild 1: Beispiel zur Ermittlung der Korrosionswahrscheinlichkeit

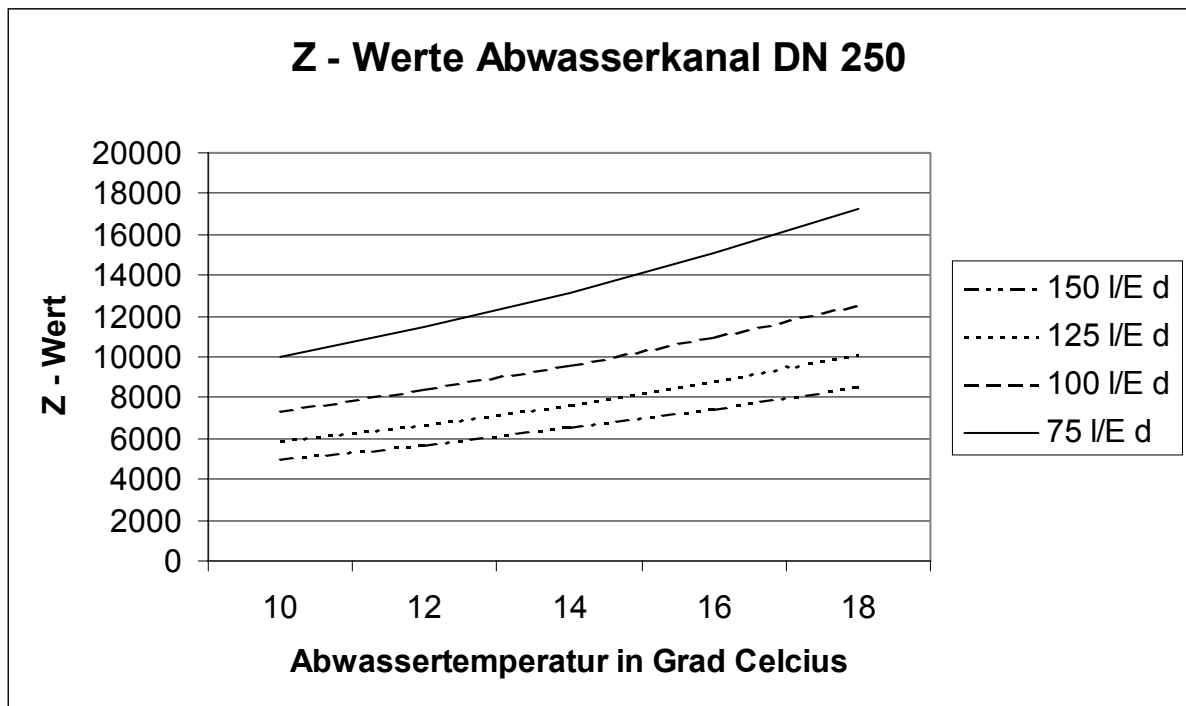


Bild 2: Beispiel zur Ermittlung der Korrosionswahrscheinlichkeit

Die zur Verfügung stehende Software [16] erlaubt die schnelle und unkomplizierte Überprüfung von Schmutzwasserabflüssen auf eine Gefährdung des Rohrmaterials durch biogene Schwefelsäure-Korrosion. Die Verknüpfung der Berechnung nach Pomeroy mit der hydraulischen Berechnung nach ATV A 110 stellt zudem ein geeignetes Hilfsmittel dar zum Nachweis ablagerungsfreier Abflüsse.

Literatur

- [1] ATV-Arbeitsblatt A 110 – Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen – Gelbdruck, Ausgabe 02/2000
- [2] Jahresbericht der Wasserwirtschaft
- [3] ATV-DVWK-A 127 – Statische Berechnung von Abwasserkanälen, Ausgabe 08/2000
- [4] DIN 4030 – Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase, Ausgabe 06/1991
- [5] G. Petzow, H. Schubert: Materialeigenschaften im Spiegel des Kanalrohreinsatzes. Korrespondenz Abwasser, 05/1992
- [6] H. R. Steiner, Dr. H. O. Howe: Hochdruckspül-Festigkeit in Abwasserleitungen und -kanälen. Steinzeuginformation 2000
- [7] K.-H. Flick, J. Zanders: CEN-Steinzeugrohre (TC 165 WG 2) setzt Maßstäbe in Europa, Steinzeug Information 1999, Fachverband Steinzeugindustrie e. V.
- [8] H. R. Steiner: Verhalten von Abwasserkanälen bei der Reinigung mit Hochdruckspülung, Korrespondenz Abwasser 02/1992
- [9] R. Bielecki, H. Schremmer: Biogene Schwefelsäure-Korrosion in teilgefüllten Abwasserkanälen, Heft 94/1987, Mitteilungen des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig
- [10] DIN EN 476 (Ausgabe 1997): Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme
- [11] C.-H. Rolfs: Säureschutz für Abwasserkanäle – heute! – und morgen? Anforderungen an die Abwasserentsorgung aus ganzheitlicher Sicht, IRO Band 20, Vulkan Verlag
- [12] L. Barenthien: Der Abwassertransport aus der Sicht von Planung und Betrieb, IRO Band 20, Vulkan Verlag
- [13] U. Rosentreter: Bautechnische Lösungsansätze für nachhaltiges Instandsetzen von Abwasseranlagen aus Beton, IRO Band 20, Vulkan Verlag
- [14] ATV-Merkblatt M 168 (Ausgabe 1998): Korrosion von Abwasseranlagen – Abwasserableitung
- [15] R. Pomeroy: Das Problem von Schwefelwasserstoff in Abwasserkanälen, Feugres-Publikation Nr. 6
- [16] Steinzeug Abwassersysteme GmbH, Köln: Programm zur hydraulischen Berechnung teilgefüllter Leitungen und zur Abschätzung des Gefährdungspotenzials durch biogene Schwefelsäurekorrosion, Stand 2000

Verfasser: Bau-Ass. Dipl.-Ing. Karl-Heinz Flick
Fachverband Steinzeugindustrie e. V.
Max-Planck-Straße 6
50858 Köln
Telefon: (0 22 34) 5 07 – 2 04
Telefax: (0 22 34) 5 07 – 2 09
e-mail: Karl.Heinz.Flick@steinzeug.com