

Der Zustand der öffentlichen Kanalisation in der Bundesrepublik Deutschland

Ergebnisse der ATV-Umfrage 1990

M. Keding, S. van Riesen, B. Esch, Sankt Augustin

Zusammenfassung

Die Frage des Sanierungsbedarfs der öffentlichen Kanalnetze wird zunehmend in den Medien sowie in politischen und fachlich zuständigen Gremien diskutiert. Dabei liegen über den Zustand der öffentlichen Kanalisation in der Bundesrepublik Deutschland bisher nur wenige repräsentative Zahlen vor. Die ATV hat ihre erste Erhebung der Jahre 1984/85 im Jahre 1990 fortgeschrieben. Die Auswertung der ATV-Umfrage 1990 liefert Aussagen zu den derzeitigen Verhältnissen und zu den Fortschritten, die in den letzten Jahren erzielt wurden.

THE CONDITION OF THE PUBLIC SEWERAGE SYSTEM IN THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY – THE RESULTS OF A 1990 ATV SURVEY

Summary

The need for rehabilitation of the public sewerage system is getting more and more attention both in the media and in political and technical bodies. Unfortunately, there are few representative figures on the current state of public sewers in the Federal Republic of Germany. In 1990, ATV updated its 1984/95 survey. The evaluation of the 1990 ATV survey gives a clear picture of the current sewer conditions and the progress that has been made in the past few years.

L'ÉTAT DE LA CANALISATION PUBLIQUE EN R.F.A. – RÉSULTAT D'UNE ENQUÊTE DE L'ASSOCIATION ALLEMANDE POUR L'ASSAINISSEMENT EN 1990

Résumé

La question du besoin en assainissement du réseau d'égouts public est de plus en plus discutée aux médias ainsi qu'aux commissions politiques et techniques. Mais il n'y a que peu de chiffres représentatifs concernant l'état de la canalisation publique en R.F.A. L'Association Allemande pour l'Assainissement a mis à jour sa première enquête de 1984/85. L'évaluation de l'enquête de l'Association Allemande pour l'Assainissement de 1990 fournit des données relatives à la situation actuelle et aux progrès faits dans les dernières années.

1. Lösungsansätze für das Problem „Undichte Kanäle“

Schadhafte Kanalisationen können nachteilige Auswirkungen auf Boden und Grundwasser, aber auch auf den Betrieb von Abwasseranlagen haben. Der Zustand der öffentlichen Kanalisationen in der Bundesrepublik Deutschland ist daher nach wie vor Gegenstand fachlichen und politischen Interesses. Jüngstes Beispiel hierfür ist eine parlamentarische Anfrage zu diesem Thema [1]. Erste Aussagen, die sich auf eine größere Datenbasis abstützten, wurden von der ATV im Jahre 1987 [2] auf der Basis von Umfragen aus den Jahren 1984 und 1985 veröffentlicht. Wesentliches Ergebnis der damaligen Umfrage war, daß der relativ niedrige Untersuchungsgrad des Kanalnetzes noch keine gesicherte Aussage über dessen Zustand zuließ. Die vergangenen Jahre waren gekennzeichnet durch Bemühungen vieler Fachleute, den Kenntnisstand in diesem Fachgebiet auf der Grundlage der Ergebnisse eines Expertengesprächs, das im Jahre 1987 stattfand [3], zu verbessern. Wichtige Aktivitäten waren vor allem

- die Erarbeitung einer Rechtsanalyse durch eine ad hoc Arbeitsgruppe einzelner Bundesländer und Gemeinden [4],
- die Gründung der Gütegemeinschaft 'Herstellung und Instandhaltung von Entwässerungskanälen und -leitungen' [5] für die Qualifizierung von Bauunternehmen (Güteschutz Kanalbau),
- die Ausschreibung eines Forschungsschwerpunktes durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie [6],
- eine intensive Regelwerksarbeit durch die Abwassertechnische Vereinigung, z. B. zu den Themen
 - Zustandsbewertung von Abwasserkanälen und -leitungen,
 - grabenlose Bauverfahren,
 - Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen,
 - Kanaldatenbank,
 - Einleiterdatei,
 - Einbau, Betrieb, Wartung und Kontrolle von Grundstücksentwässerungsanlagen,
 - Richtlinien für die Grundstücksentwässerung [7].

Die Vielzahl der ergriffenen Maßnahmen ließ erwarten, daß sich die Kenntnis über den Zustand der öffentlichen Kanali-

sationen erheblich verbessert hat. Dies war Anlaß für die Hauptgeschäftsstelle der Abwassertechnischen Vereinigung die ATV-Umfrage 1990 ‚Zustand der öffentlichen Kanalisation‘ durchzuführen. Um eine direkte Vergleichbarkeit zu erreichen, wurde die Umfrage auf diejenigen Städte und Gemeinden beschränkt, die bereits in der ersten Umfrage eine Stellungnahme abgegeben hatten. Allen Städten und Gemeinden, die sich an der Fortschreibung der Umfrage beteiligt haben, sei an dieser Stelle für ihre Unterstützung gedankt.

2. Darstellung der Datenbasis

An der ATV-Umfrage 1990 haben sich 72 Städte und Gemeinden mit 14,3 Millionen Einwohnern und einer Gesamtkanallänge von 45 951 km beteiligt. Nach Auskunft des Statistischen Bundesamtes betrug die Gesamtlänge des Kanalnetzes in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1987 ca. 310 000 km [8]. Die an der ATV-Umfrage 1990 beteiligten Städte und Gemeinden repräsentieren also einen Anteil von ca. 15 % der Gesamtlänge des bundesdeutschen öffentlichen Kanalnetzes.

Von der an die Kanalisation angeschlossenen Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland ist ein Anteil von 26 % durch die Städte und Gemeinden vertreten, die sich an der Umfrage beteiligt haben. Dies weist darauf hin, daß größere Städte und Gemeinden stärker als kleinere vertreten sind, da bei diesen die spezifischen Kanallängen pro Einwohner relativ gering sind. Dies wird auch durch die nachstehende Tabelle 1 belegt. Im Hinblick auf die Repräsentativität der Umfrage könnte eingewandt werden, daß es sich bei den befragten Kommunen um eine Positvauselektion im Hinblick auf den Zustand der Kanäle handelt. Dies wird aber durch die Ergebnisse der Umfrage 1984/85 und 1990 nicht bestätigt. Insgesamt ergibt die Auswertung einen repräsentativen Überblick über den Zustand der öffentlichen Kanalisationsnetze in der Bundesrepublik Deutschland.

Einwohner	0–10 000	10 000–100 000	>100 000
Anteil der Kommunen	10 %	46 %	44 %

Tabelle 1: Einwohnergrößen der Kommunen

3. Ergebnisse der ATV-Umfrage 1990

3.1 Fremdwasser

Fremdwasserzuflüsse sind ein Hinweis für Anschlüsse von Oberflächengewässern und Drainagen an die Kanalisation. Unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse kann hieraus aber auch auf Zuflüsse durch Undichtigkeiten im Kanalnetz geschlossen werden. Fremdwasser ist unerwünscht und führt zu einer Verteuerung der Transport- und Behandlungskosten für Abwasser. Der mittlere Fremdwasseranteil am Gesamtabwasser bei 58 Städten und Gemeinden beträgt 36 %. Die Verteilung ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Tabelle verdeutlicht die enorme Schwankungsbreite des Fremdwasseranfalls. Der größte Fremdwasseranfall wird mit 300 % angegeben.

3.2 Werkstoffe

Abb. 1 enthält Angaben zur Häufigkeit der Verwendung bestimmter Werkstoffe in öffentlichen Kanalisationen. Die Materialien Steinzeug und Beton/Stahlbeton decken zusammen mit ca. 90 % den weitaus größten Teil des Marktes ab. Ein

Fremdwasseranfall	<30 %	30–50 %	50–100 %	>100 %
zugehöriger Anteil der Kommunen	53 %	31 %	11 %	5 %

Tabelle 2: Fremdwasseranfall

nennenswerter Anteil entfällt noch auf Mauerwerkskanäle, während alle anderen Werkstoffe bei den hier befragten Städten und Gemeinden eine untergeordnete Rolle spielen oder nur in besonderen Fällen zum Einsatz kommen.

Werkstoffverteilung der Kanäle

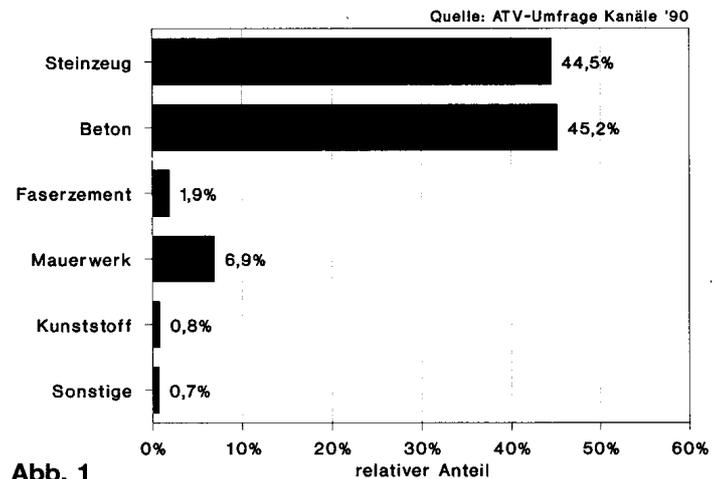


Abb. 1

3.3 Altersverteilung

In der Umfrage 1984/85 lagen der Altersverteilung Angaben von 32 Städten und Gemeinden zugrunde. In der ATV-Umfrage 1990 haben sich 63 Städte und Gemeinden zu diesem Thema geäußert. Die Altersverteilung der Kanäle bei diesen Städten und Gemeinden ist in Abb. 2 dargestellt. Gegenüber der ersten Umfrage haben sich geringfügige Änderungen ergeben. 1 % aller Kanäle sind älter als 100 Jahre, 12 % älter als 75 Jahre und 26 % älter als 50 Jahre.

Altersverteilung der Kanäle

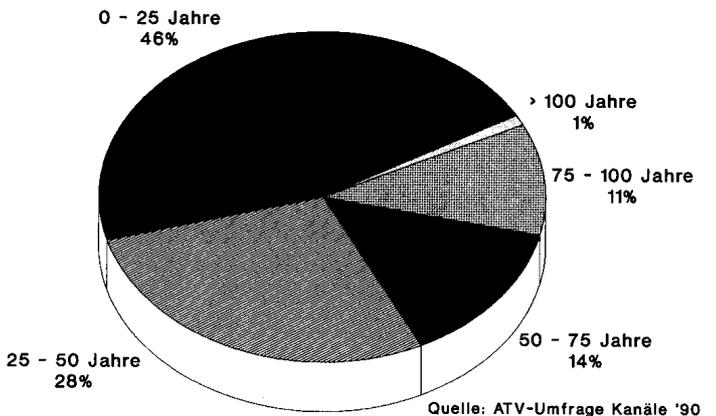


Abb. 2

3.4 Kanaldurchmesser

Zur Verteilung der Kanäle auf begehbare (> DN 800) und nichtbegehbare (< DN 800) Kanäle entsprechend den Unfallverhütungsvorschriften lagen Angaben von 67 Kommu-

nen mit 42 953 km Kanal vor. Die Unterscheidung nach Kanaldurchmessern ist insofern von Interesse, als in beiden Bereichen unterschiedliche Inspektionsverfahren zum Einsatz kommen können. Wie auch bereits in der Umfrage von 1984/85 — allerdings dort auf einer kleineren Datenbasis — ergab sich, daß ca. 80 % aller Kanäle im nichtbegehbaren und 20 % aller Kanäle im begehbaren Bereich liegen.

3.5 Stand der Kanalinspektion

Zur Kanalinspektion stehen neben älteren Verfahren wie der Spiegelung auch moderne Verfahren wie die TV-Untersuchung zur Verfügung. Diese Verfahren sind hinsichtlich ihrer Aussage nicht als gleichwertig zu betrachten. In die Umfrage wurden daher nur Inspektionsergebnisse der letzten 10 Jahre einbezogen. Die Umfrage 1984/85 hatte ergeben, daß der mittlere Untersuchungsgrad der Kanalnetze 33 % betrug, wobei noch ein erheblicher Anteil von Kommunen insbesondere aus dem kleinen und mittleren Bereich noch weniger als 25 % ihres Kanalnetzes inspiziert hatten. Dieses Ergebnis war unbefriedigend und ließ eine genauere Abschätzung des Schadensbehebungsbedarfs nicht zu.

Diese Situation hat sich in den vergangenen 5 Jahren grundlegend geändert. Tabelle 3 zeigt, daß nunmehr der mittlere Untersuchungsgrad bei den nichtbegehbaren Kanälen 58 % und bei den begehbaren Kanälen 75 % beträgt. Unter Berücksichtigung der unter 3.4 genannten Durchmesserverteilung ergibt sich hieraus ein mittlerer Untersuchungsgrad für alle Kanäle der an der Umfrage beteiligten Kommunen von 61%. Damit ist sowohl im Bereich der nichtbegehbaren wie auch besonders im Bereich der begehbaren Kanäle eine erhebliche Verbesserung des Kenntnisstandes festzustellen.

Durchmesser	≤ DN 800	> DN 800	Gesamt
Untersuchungsgrad	54 %	69 %	57 %

Tabelle 3: Mittlerer Untersuchungsgrad bezogen auf die Kanallänge

In Abb. 3 ist die Verteilung des Untersuchungsgrades bei den einzelnen Gemeinden dargestellt. Bei dem Vergleich mit der Verteilung der Jahre 1984/85 ist festzustellen, daß der Anteil der Gemeinden, die weniger als ein Viertel ihres Kanalnetzes untersucht haben, erheblich gesunken ist. Erfreulich ist, daß der Anteil der Gemeinden, die mehr als 50 % ihres Kanalnetzes untersucht haben, erheblich gestiegen ist. Auch die 1984/85 noch festzustellende Polarisierung zwischen Kommunen mit sehr niedrigem Untersuchungsgrad und Kommunen mit sehr hohem Untersuchungsgrad ist in der extremen Ausprägung nicht mehr vorhanden.

Als Fazit aus der Betrachtung des Untersuchungsgrades ist festzustellen, daß das Problem der undichten Kanäle offensichtlich wesentlich breiter ins Bewußtsein der Kommunen gedrungen ist, als dies noch 1984/85 der Fall war.

3.6 Zustand der Kanäle

Nach dem der Inspektionsgrad an der Kanalisation erheblich verbessert ist, sind nun auch genauere Abschätzungen des Zustandes der Kanäle möglich. In der ATV-Umfrage 1990 wurde die Frage gestellt, wie hoch der Anteil der Kanäle an der untersuchten Gesamtlänge ist, der schadhaft ist. Hierzu konnten Angaben in % oder km gemacht werden.

Untersuchungsgrad der Kanäle

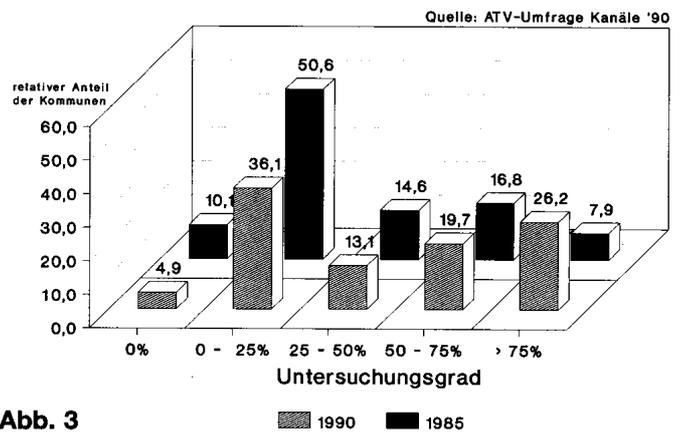


Abb. 3

Es lagen Angaben von 58 Städten und Gemeinden hierzu vor. Das Ergebnis ist in Tabelle 4 dargestellt. Der mittlere Anteil schadhafter Kanäle an der untersuchten Gesamtlänge beträgt bei den begehbaren Kanälen 18 % und bei den nichtbegehbaren Kanälen 23 %. Bezogen auf alle Kanaldurchmesser und den unter 3.5 genannten Untersuchungsgrad beträgt der Anteil der schadhafter Kanäle 22 %. Damit hat sich die in der Interpretation der Ergebnisse der ersten Umfrage aufgestellte Hypothese, daß mit zunehmendem Untersuchungsgrad der Schadanteil sinken wird, bestätigt. Als Ergebnis der ersten Umfrage konnte der mittlere Anteil schadhafter Kanäle nur grob abgeschätzt werden.

Durchmesser	≤ DN 800	> DN 800	Gesamt
Schadanteil	23 %	18 %	22 %

Tabelle 4: Mittlerer Schadanteil bezogen auf die Kanallänge

Die Verteilung der einzelnen Schadanteile ist in Abb. 4 wiedergegeben. Der Schwerpunkt liegt deutlich im Bereich <25 %. Insbesondere die sehr hohen Schadanteile sind auf kleine Untersuchungsgrade (z. B. untersucht 6,5 km, davon schadhaf 5,7 km) zurückzuführen.

Sanierungs-/Erneuerungsbedarf der untersuchten Kanäle

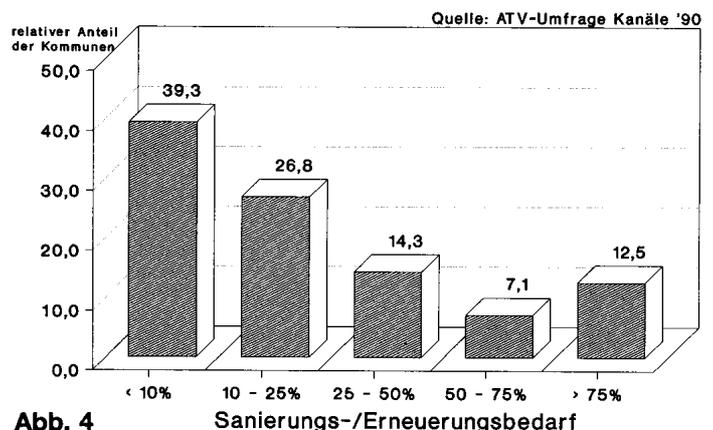


Abb. 4

3.7 Schadensbilder

Im Sinne der Instandhaltung von Kanalisationen ist ein Schaden ein Zustand, der eine im Hinblick auf die Verwendung unzulässige Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit be-

dingt. Die Feststellung, daß ein Kanal schadhaft ist, ergibt noch keine Aussage über die Auswirkungen des Schadens auf die Umwelt. Insbesondere kann hieraus auch keine Aussage über den Grad der Undichtigkeit oder die Menge austretenden Abwassers gemacht werden. Hierzu ist eine Schadensbewertung erforderlich, in die neben Kriterien wie Qualität des Abwassers, Art des umgebenden Bodens wie Höhe des Grundwasserstandes auch das Schadensbild selbst eingehen muß. Aus diesem Grunde wurden auch besonders die Schadensbilder erneut abgefragt. Hierzu wurden die im ATV-Merkblatt M 143 Teil 1 [9] definierten Schadensbilder zugrunde gelegt. Diese waren von den Befragten nach einem Punktesystem zu bewerten. Das Ergebnis ist in Abb. 5 dargestellt. In der Abbildung sind die einzelnen Schadensbilder nach der Häufigkeit ihres Auftretens aufgelistet. Riß- und Scherbenbildung, Undichtigkeiten von z. B. Rohrverbindungen und Abflußhindernisse, z. B. Wurzeleinwuchs, sind die am häufigsten vertretenen Schadensbilder.

Mittlere Schadenshäufigkeit

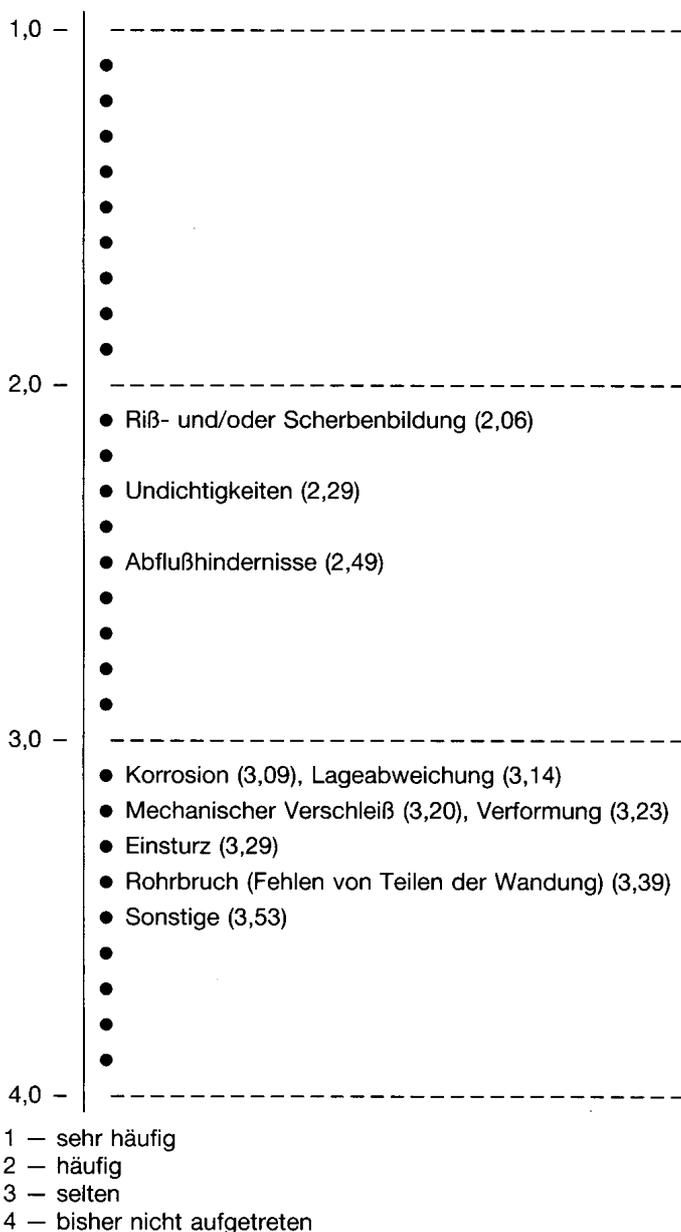


Abb. 5: Häufigkeiten von Schadensbildern

3.8 Schadensbehebungsverfahren

Von den an der Umfrage beteiligten Kommunen wurden in der Vergangenheit Schäden an 1 949 km Kanal durch Verfahren der Sanierung, Erneuerung oder Instandsetzung behoben. Dies entspricht 4,9 % der zugehörigen Gesamtlänge der Kanalnetze. Die Verfahren zur Schadensbehebung sind im ATV-Merkblatt M 143 Teil 1 beschrieben. Die Häufigkeit der Anwendung dieser Verfahren bei den beteiligten Kommunen ist in Abb. 6 dargestellt. Die Abbildung zeigt, daß allein 62 % der Kanäle in der Vergangenheit in offener Bauweise erneuert wurden. Erneuerung in offener Bauweise und Reparatur bilden zusammen einen Anteil von 75 % aller eingesetzten Verfahren. Dies zeigt, daß noch sehr stark mit den konventionellen, in der Praxis bewährten Verfahren, gearbeitet wurde. Inwieweit bei der Auswahl der Verfahren auch hydraulische Aspekte (größere Rohrdimension wegen höherer Abflußmenge) eine Rolle gespielt haben, kann aus der Umfrage nicht entnommen werden.

Verfahren zur Schadensbehebung

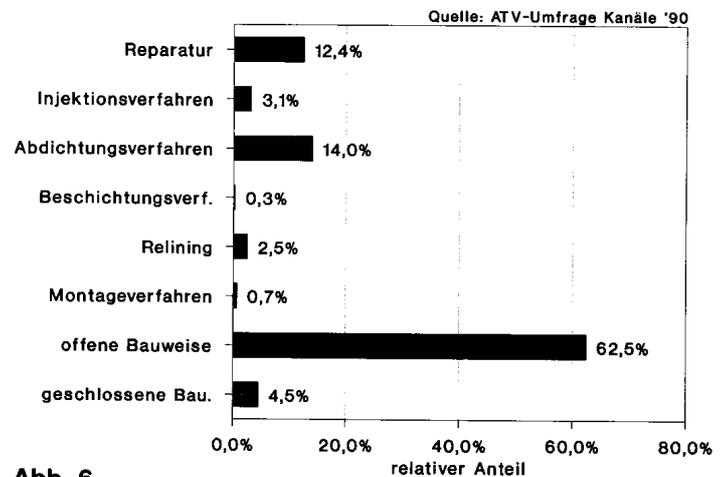


Abb. 6

3.9 Investitionsbedarf für die Schadensbehebung

In der Umfrage wurde die Frage nach dem geschätzten mittelfristigen Investitionsbedarf für die Schadensbehebung gestellt. Hierzu lagen Angaben von 46 Kommunen vor. Der gesamte Investitionsbedarf wird hier auf 4,3 Milliarden DM geschätzt. Bei einer hier zugrundeliegenden schadhaften Kanallänge von 4 821 km ergeben sich Sanierungskosten von DM 890,- pro laufender Meter. Wenn man diese Zahl unter Zugrundelegung eines Anteils schadhafter Kanäle von 22 % und einer Gesamtlänge des Kanalnetzes von 310 000 km hochrechnet, ergibt sich ein Gesamt-sanierungsbedarf von 61 Milliarden DM für die Bundesrepublik Deutschland allein im öffentlichen Bereich.

Weiterhin wurde in der Umfrage die Frage gestellt, welcher Betrag derzeit jährlich für Maßnahmen zur Schadensbehebung bereitgestellt wird. Der Gesamtbetrag für 46 Städte und Gemeinden beläuft sich auf 278 Millionen DM. Wenn man diese Zahl ins Verhältnis setzt zum Gesamtbedarf der Befragten von 4,3 Milliarden DM, ergibt sich hieraus ein Zeitraum von mindestens 15 Jahren, der für die Behebung aller Schäden erforderlich ist. Hierbei wurden zukünftige Alterungsprozesse und -schäden noch nicht berücksichtigt.

3.10 Private Abwasserleitungen

Über den Zustand des privaten Leitungsnetzes liegen bisher keine Untersuchungen vor. Dieser Zustand ist unbefriedigend, da die Bedeutung des privaten Leitungsnetzes für die

Gesamteinschätzung der Problematik von erheblicher Bedeutung ist. Daher wurde in der Umfrage auch ein erster Versuch unternommen, einen Einstieg in diese Thematik zu bekommen.

Bei 10 Städten und Gemeinden lagen Zahlen über die Länge des privaten Entwässerungsnetzes vor. Hierbei handelt es sich um 2 Städte mit weniger als 100 000 Einwohnern und 8 Städte mit mehr als 100 000 Einwohnern. Bei diesen Städten betrug die Gesamtlänge des öffentlichen Kanalnetzes 12 228 km und die Länge des privaten Kanalnetzes 24 846 km. Das Verhältnis von 1 : 2 zwischen öffentlichen und privaten Netz bestätigt die Bedeutung der privaten Netze. Weiterhin bestätigt das genannte Verhältnis die in der Vergangenheit verschiedentlich angestellten Abschätzungen der Länge des gesamten privaten Netzes in der Bundesrepublik Deutschland mit etwa 600 000 km.

Weiterhin wurde die Frage gestellt, ob Zustandskontrollen im privaten Netz vorgenommen wurden. Derartige Kontrollen sind problematisch, da die rechtliche Grundlage hierfür nicht abgesichert ist und es sich daher hier eher um Eigeninitiativen einzelner Tiefbauämter handelt. Insofern war es überraschend, daß von den an der Umfrage beteiligten 72 Städten und Gemeinden immerhin 20 bereits Kontrollen im privaten Bereich vorgenommen haben. Über deren Ergebnisse wurden aber keine Aussagen gemacht.

4. Folgerungen aus der ATV-Umfrage 1990

- Die neueste Erhebung der Abwassertechnischen Vereinigung zeigt deutlich, daß in der Vergangenheit der Schwerpunkt der Aktivitäten der Städte und Gemeinden im Bereich der Inspektion der Kanalnetze lag. Dies ist folgerichtig, da, wie die erste Umfrage zeigte, der Untersuchungsgrad in der Vergangenheit für zielorientierte Entscheidungen nicht ausreichend war. Es ist damit zu rechnen, daß die Inspektionsphase im Sinne einer ersten Bestandsaufnahme in den nächsten Jahren abgeschlossen wird. Der Anteil schadhafter Kanäle an der Gesamtlänge öffentlicher Kanäle in der Bundesrepublik Deutschland ist aufgrund der ATV-Umfrage 1990 mit ca. 20 % abzuschätzen.
- Der nächste Schritt vor der Sanierung/Erneuerung muß eine Bewertung der Ergebnisse der Inspektion mit dem Ziel der Erarbeitung eines Prioritätenkataloges für jede Stadt und Gemeinde sein. Hierzu sind Kriterien erforderlich, die derzeit von der ATV-Arbeitsgruppe 1.6.3 „Zustandsbewertung von Abwasserkanälen und -leitungen“ erarbeitet und voraussichtlich 1991 vorliegen werden.
- In der Praxis laufen die Phasen Inspektion, Bewertung und Sanierung/Erneuerung je nach Arbeitsfortschritt parallel, so daß in der Vergangenheit auch bereits Schäden behoben wurden. Der Schwerpunkt lag hierbei eindeutig auf der Erneuerung, d. h. der Anwendung konventioneller Verfahren. Dies zeigt den Bedarf nach weiterer Technolo-

gieentwicklung bei den neuen Verfahren auf. Die Förderung eines entsprechenden Forschungsschwerpunktes durch den Bundesminister für Forschung und Technologie ist daher dringend erforderlich.

- Die Betrachtung der zu erwartenden Kosten zeigt, daß diese in der Regel realistisch eingeschätzt werden. Die derzeitigen jährlichen Investitionen müßten im Hinblick auf das hochgerechnete bundesweit erforderliche Gesamtvolumen von 61 Milliarden DM verdoppelt werden, um das Problem der undichten Kanäle bis zum Jahre 2000 lösen zu können.
- Die Zustandskontrolle der Grundstückentwässerungen von Industrie und Haushalten ist für die Gesamtproblematik der schadhafte Kanäle von ebenso großer Bedeutung wie der öffentliche Bereich. Die Aktivitäten hier stehen aber wegen der ungeklärten rechtlichen Situation noch weit hinter den Bemühungen der Kommunen im öffentlichen Bereich zurück. In den einzelnen Bundesländern müßten kurzfristig die rechtlichen Grundlagen für die Kontrolle privater Entwässerungssysteme geschaffen werden.
- Die ATV-Umfrage 1990 bestätigt auch wiederum die Erfahrung, daß bei der Betrachtung des Problems mit erheblichen Streuungen sowohl hinsichtlich des Schadensbehebungsbedarfs wie auch des Auftretens von Schadensbildern zu rechnen ist. Aussagen über die Umweltauswirkungen schadhafter Kanäle sollten nur auf der Grundlage fachlich begründeter Zustandsbewertungen vorgenommen werden.

Literatur:

- [1] Gefährdung von Grundwasser und Oberflächengewässer durch undichte Abwasserkanäle und -leitungen
Große Anfrage im Deutschen Bundestag
Bundestagsdrucksache 11/6328 vom 29. 1. 1990
- [2] *Keding, M.; Stein, D.; Witte, H.:*
Ergebnisse einer Umfrage zur Erfassung des Istzustandes der Kanalisation in der Bundesrepublik Deutschland
KORRESPONDENZ ABWASSER 2/87, S. 118–122
- [3] Gefahr für das Grundwasser durch undichte Abwasserkanäle?
Bericht über ein Sachverständigengespräch zum Thema undichte Abwasserkanäle
KORRESPONDENZ ABWASSER 4/87, S. 306 ff.
- [4] Dichtheit von Kanalisationsanlagen
– Systemanalyse, rechtliche und technische Grundlagen –
Düsseldorf im September 1987, unveröffentlicht
- [5] *Howe, H.; van Riesen, S.:*
Güteschutz im Kanalbau – Qualitätsanforderungen für Bauunternehmen
KORRESPONDENZ ABWASSER 11/88, S. 1099 ff.
- [6] BMFT:
Bekanntmachung über die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben auf dem Gebiet „Umweltschonende Technologien zur Sanierung undichter Kanäle“ vom 27. 11. 1989
- [7] ATV:
Jahresbericht 1989, St. Augustin 1990
- [8] Statistisches Bundesamt:
Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung
Fachserie 19, Reihe 2.1, Stand 1987
- [9] ATV:
Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Entwässerungskanälen und -leitungen, Teil 1: Grundlagen
ATV-Merkblatt M 143 Teil 1, St. Augustin, Dezember 1989

17. Dezember 1990
Es/Brtabel

Korrektur !!

Durchmesser	< DN 800	> DN 800	Gesamt
Untersuchungsgrad	58 %	75 %	61 %

Tabelle 3: Mittlerer Untersuchungsgrad bezogen auf die Kanallänge