



# PROGNOSEN ZUM SANIERUNGSBEDARF

## SCHWEIZER KANALISATION – DER WERT GUTER DATEN FÜR EINSICHTEN IN DIE ZUKUNFT

Die Schweiz hat hervorragend ausgebaute Infrastrukturnetze. Dies gilt auch für die öffentliche Kanalisation, die einen geschätzten Wiederbeschaffungswert von rund 66,4 Mia. Franken hat (VSA 2011, [1]). In den letzten Jahren wurde vermehrt darauf hingewiesen, dass nicht ausreichend in den Unterhalt investiert wird und somit zukünftig mit einem grossen Anstieg des Sanierungsbedarfs zu rechnen ist. Im vorliegenden Artikel wird eine Prognose für den schweizweiten Sanierungsbedarf der Kanalisation vorgestellt.

*Andreas Scheidegger, Eawag; Philipp Beutler, Eawag, Technische Universität Dresden; Max Maurer\*, Eawag, ETH Zürich*

### RÉSUMÉ

#### PRONOSTICS RELATIFS AU BESOIN DE RÉNOVATION DES CANALISATIONS SUISSES

Cet article présente un pronostic concernant le besoin de rénovation des canalisations sur tout le territoire suisse. La durée de vie des conduites a pour cela été déterminée pour la première fois sur base de données suisses. Les pronostics reposent sur une base de données relativement faible, mais permettent néanmoins de tirer certaines conclusions intéressantes.

L'élément central des pronostics est la variabilité de la durée de vie des différentes conduites. Celle-ci est estimée à partir d'ensembles de données comprenant l'âge et l'état des installations. Les résultats montrent les importants écarts entre les différentes communes. La durée de vie moyenne se situe pour les ensembles de données examinés entre 61 et 107 ans. Lorsque ces résultats sont extrapolés à l'ensemble des canalisations de Suisse, il ne faut pas prévoir d'augmentation disproportionnée des investissements de remplacement liée à la forte activité de construction dans les années 60 et 70. Le besoin de rénovation global suisse se stabilisera rapidement, après une éventuelle légère hausse, à un niveau stationnaire.

Les calculs se fondent sur la supposition que les cinq communes analysées sont représentatives pour la Suisse. Pour confirmer cela, nous avons besoin d'autres analyses détaillées des données de canalisation. L'article démontre que nous sommes capables >

### EINLEITUNG

Abwasserleitungen haben eine beschränkte Lebensdauer. Neben biochemisch-physikalischen Prozessen spielen vor allem externe Einflüsse wie Bodensetzungen, mechanische Belastungen etc. eine wichtige Rolle bei der Zustandsverschlechterung von Kanälen. Bei stark gealterten oder beschädigten Leitungen ist eine Reparatur oft nicht mehr sinnvoll, sodass eine Grundsanierung oder Ersetzung notwendig wird.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Kanalisationen eine Lebenserwartung von 50 bis 100 Jahren haben. Da grosse Teile in den 1960er- und 1970er-Jahren erstellt wurden, wird mit einem erhöhten Ersetzungsbedarf in den nächsten Jahrzehnten gerechnet. Dabei stellt sich die zentrale Frage, ob heute genügend in den Werterhalt investiert wird und wie viel Sanierungsbedarf in den nächsten Jahrzehnten nötig sein wird.

In diesem Artikel wird eine Prognose des schweizweiten Ersetzungsbedarfes vorgestellt. Dazu wurden Daten vieler Gemeinden aggregiert und hochgerechnet. Das vorgestellte Resultat kann nicht direkt auf eine spezifische Situation in einer Gemeinde übertragen werden. Die regionale Situation kann stark vom nationalen Trend abweichen, sodass für lokale Aussagen auf jeden Fall eine genauere Untersuchung notwendig ist. Die verwendete Methodik ist jedoch generisch und kann auch auf eine

\* Kontakt: [max.maurer@ifu.baug.ethz.ch](mailto:max.maurer@ifu.baug.ethz.ch)

einzelne Gemeinde angewendet werden, um präzisere Vorhersagen zu erhalten.

### SCHWIERIGKEITEN DER ZERFALLS- UND ZUSTANDSMODELLIERUNG

In der Schweiz wird heute die durchschnittliche Lebensdauer einer Haltung allgemein mit rund 80 Jahren veranschlagt (z.B. [2]). Diese Zahl basiert in erster Linie auf Erfahrung und nicht auf einer systematischen Datenanalyse. In den Nachbarländern wird mit ähnlicher oder leicht geringerer Lebenserwartung gerechnet (z.B. 40 bis 100 Jahre gemäss DWA [3]). Basierend auf einer Lebensdauer von 80 Jahren müssten im Mittel jährlich  $100\%/80 \text{ Jahre} = 1,25\%$  pro Jahr der Leitungen ersetzt werden. Derzeitig werden jedoch nur jährliche Rückstellungen von etwa 0,8% des Wiederbeschaffungswertes getätigt ([4], S. 24). Es ist unklar, welche Schlussfolgerung aus dieser Diskrepanz gezogen werden kann. Weder weiss man, ob die Lebensdauer von 80 Jahren wirklich repräsentativ für die gesamte Schweiz ist, noch besteht ein Gleichgewichtszustand, für den die 1,25% jährlicher Sanierungsaufwand gelten würden.

Wird die Altersverteilung der Leitungen betrachtet und mit einer Lebensdauer von exakt 80 Jahren gerechnet, müsste mit einem starken Anstieg des Ersetzungsbedarfs gerechnet werden (Fig. 1). Diese vereinfachte Betrachtungsweise ist nicht sehr aussagekräftig, da Kanalisationen nicht einfach nach 80 Jahren kollabieren. Zentraler Schwachpunkt ist, dass in Realität die Lebenserwartungen einzelner Leitungen eine sehr grosse Variabilität aufzeigen. Der Grund dafür ist, dass sich der Zerfall aus kontinuierlichen (z.B. Korrosion) und zufälligen, nicht vorhersehbaren Prozessen (Bodensetzungen, Beschädigung bei Baumassnahmen, Wurzeleinwuchs) zusammensetzt. Zudem ist jede Leitung anderen Einflüssen ausgesetzt (z.B. Abwasserart, Strassenbelastung) und es werden verschiedene Materialien verwendet. Es ist daher sinnvoll, die Alterung nicht als deterministischen, sondern als probabilistischen (zufälligen) Prozess zu beschreiben. Damit kann das Verhalten eines gesamten Einzugsgebietes gut abgebildet werden. Für einzelne Haltungen ist diese Methodik aber recht unpräzise.

Dass diese Variabilität zwischen den Leitungen in den Prognosen berücksichtigt wird, ist wichtig. Figur 1 zeigt zwei Prognosen für ein hypothetisches System, bei

dem ein Grossteil der Leitungen zwischen 1970 und 1990 gebaut wurde. Wird mit einer Lebensdauer von exakt 80 Jahren gerechnet, würde der Ersatz 2030 und 2050 grosse Sprünge machen. Berücksichtigt man aber auch die Variabilität der Lebenserwartung verschiedener Leitungen, dann resultiert ein gradueller Anstieg des Sanierungs- und Ersatzbedarfs auf ein fast konstantes Niveau. Ob und wie stark diese Kurve ansteigt, hängt von der Variabilität der Lebensdauer ab. Die Höhe der «Horizontalen» hängt von der durchschnittlichen Lebensdauer ab. Ausserdem lässt sich aus der Lebenserwartung kein Rückschluss auf den Zustand des Systems ziehen. Es ist jedoch ein entscheidender Unterschied, ob sich die meisten Leitungen eines Systems in einer guten Zustandsklasse oder aber in einer schlechten befinden. Aus diesem Grund wurde an der Eawag ein stochastisches Prognosemodell für Zustand und Sanierungsbedarf von Kanalisationen entwickelt.

### MODELLE UND VORGEHEN

Das neu an der Eawag geschaffene Modell hat folgende Eigenschaften:

- Abschätzung der Lebensdauer und deren Variabilität basiert auf Daten
- Berücksichtigung der heutigen Altersverteilung
- Einbezug heutiger Zustandsverteilung

Für eine gesamtschweizerische Berechnung des zukünftigen Ersetzungsbedarfs benötigt das Modell drei grundlegende Informationen als Eingangsdaten. Es sind dies:

- heutige, schweizweite Alters- sowie Zustandsverteilung aller Leitungen
- Beschreibung des Alterungsverhaltens der Leitungen in Form von Überlebensfunktionen
- Annahme zur zukünftigen Ersetzungsstrategie von Leitungen

Diese Inputs sind nicht direkt verfügbar und müssen aus verschiedenen Quellen

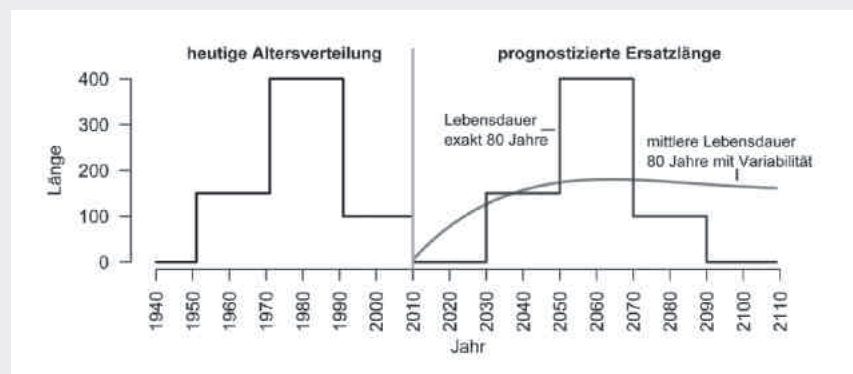


Fig. 1 Prognosen für eine hypothetische Kanalisation mit und ohne Berücksichtigung der Variabilität der Lebensdauern

Pronostics pour une canalisation hypothétique avec ou sans prise en compte de la variabilité de la durée de vie

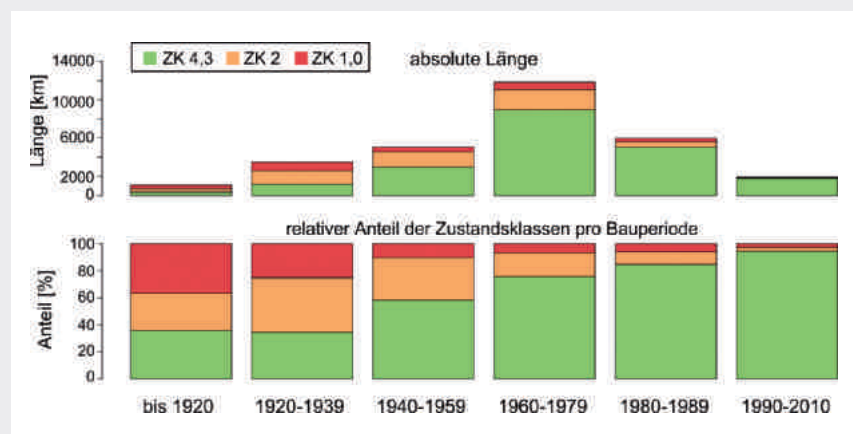


Fig. 2 Hochrechnung der aktuellen Alters- und Zustandsverteilung der gesamtschweizerischen Kanalisation

Projection de l'actuelle répartition d'âge et d'état des canalisations du territoire suisse

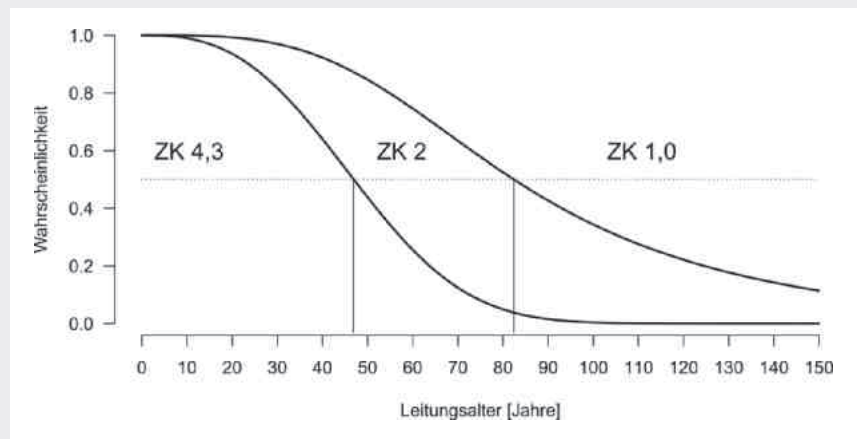
zusammengestellt und hochgerechnet werden.

Da es in der Schweiz keine zentrale Datenbank des Leitungsbestandes gibt, liegen keine landesweiten Daten zur Alters- und Zustandsverteilung der Netze vor. Zur Hochrechnung wurde als erster Schritt die Gesamtlänge der Kanalisation jeder Gemeinde mit dem *Urban Water Infrastructure Model* (UWIM) [5] abgeschätzt. Dieses Modell benötigt nur einfach zu erhebende Daten, wie Siedlungsfläche sowie Anzahl der Gebäude und erreicht eine Genauigkeit von etwa 30%, wenn nach Gemeindetypen (z.B. urban kompakt, ländlich zersiedelt etc.) unterschieden wird.

Daten zu Alters- und Zustandsverteilung wurden von Maurer und Herlyn [4] übernommen. Diese Verteilungen wurden wieder nach Gemeindetypen gegliedert und mit der von UWIM prognostizierten Gesamtlänge dieses Gemeindetyps hochgerechnet. Anschliessend wurden die Verteilungen der Gemeindetypen zu einer schweizweiten Verteilung kombiniert. In den Daten sind die Zustände der Leitungen entsprechend der VSA-Normen in fünf Klassen eingestuft. Für die Prognose wurden aber die beiden besten Klassen (4 und 3) sowie die schlechtesten (1 und 0) zusammengefasst. Dies vereinfachte die Befragung der Experten für die Parameterschätzung (siehe nächsten Abschnitt). *Figur 2* zeigt das Resultat der Hochrechnung.

Die Lebenserwartung und deren Variabilität wird mit sogenannten Überlebensfunktionen beschrieben. Eine solche definiert die Wahrscheinlichkeit, dass eine Leitung in einem gegebenen Alter noch nicht einen gewissen Zustand unterschritten hat. Da mehrere Zustandsklassen unterschieden werden, müssen zusätzlich Überlebensfunktionen für die einzelnen Klassen definiert werden (*Fig. 3*).

Die Kalibrierung der Überlebensfunktionen mit den üblicherweise bei den Gemeinden vorhandenen Zustandsdaten ist mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Einerseits sind die meisten Datensätze in der Schweiz relativ klein. Dazu kommt, dass lediglich aktuelle Netzwerke verfügbar sind und historische Daten verworfen werden, d.h. Einträge zu bereits ersetzten Leitungen sind nicht verfügbar. Dies kann zu erheblichen systematischen Fehlern führen [6], da kurzlebige Leitungen häufiger aus dem Datensatz entfernt werden. Zusätzlich braucht es eine Vorstel-



*Fig. 3* Beispiel von zwei Überlebenskurven, die das Alterungsverhalten beschreiben. Die erste Überlebenskurve definiert die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Leitung bei gegebenem Alter in ZK 4 oder 3 befindet und die zweite Kurve die Wahrscheinlichkeit für ZK 2, 1 oder 0. So ist z.B. ersichtlich, dass 50% der Leitungen bei einem Alter von 47 Jahren noch in ZK 4 oder 3 sind und das 50% das Ende der Lebensdauer mit 82 Jahren erreichen

*Exemple de deux courbes de vie qui décrivent le comportement de vieillissement. La première courbe de vie définit la probabilité qu'une conduite d'un âge déterminé se trouve en ZK 4 ou 3 et la deuxième courbe la probabilité pour ZK 2, 1 ou 0. Cela permet de voir par exemple que 50% des conduites sont encore en ZK 4 ou 3 à l'âge de 47 ans et que 50% atteignent la fin de la durée de vie à 82 ans*

lung darüber, wie in der Vergangenheit Leitungen ersetzt wurden. Dies ist besonders dann relevant, wenn Leitungen auch ersetzt wurden, obwohl diese die schlechteste Zustandsklasse noch nicht erreicht haben.

Deswegen ist ein recht komplexes Modell erforderlich, um die Überlebensfunktionen zu kalibrieren ([7], in Vorbereitung). Um das Modell auch für die in der Schweiz typischen kleinen Kanalisationen verwenden zu können, ist die gleichzeitige Berücksichtigung von Daten und Expertenwissen möglich (*Bayes'sche* Inferenz). Je mehr Daten zur Verfügung stehen, desto schwächer wird der Einfluss der ursprünglichen (subjektiven) Expertenmeinungen. Diese Eigenschaft ist wichtig für den Einsatz in kleinen Gemeinden, wo oft nur wenige Daten, dafür aber Experten mit langjährigem Erfahrungsschatz verfügbar sind.

Zur Bestimmung der Überlebensfunktionen lagen nur fünf geeignete Datensätze aus fünf verschiedenen Gemeinden vor. Erforderlich sind Datensätze, die den Zustand einzelner Haltungen und deren Alter beinhalten. Auch werden Informationen benötigt, ob spezifische Haltungen in der Vergangenheit repariert oder saniert wurden.

Die eigentliche Prognose des Ersatzbedarfs wurde mit *Network Condition Simulator* (NetCoS) berechnet [6], basierend auf der heutigen Zustands- und Altersver-

teilung und den Überlebensfunktionen. NetCoS simuliert die zukünftigen Alters- und Zustandsverteilungen. Zusammen mit einer Ersatzstrategie kann nun die zukünftige, jährliche Ersatzlänge bestimmt werden.

Die Ersatzstrategie wurde für diese Studie so definiert, dass der Anteil an Leitungen in Zustandsklasse 1 und 0 nie grösser als 11% sein darf. 11% entsprechen dem heutigen Anteil in diesen Klassen. Die prognostizierten Ersatzlängen bilden somit den Ersatz ab, der erforderlich ist, um den gegenwärtigen Gesamtzustand zu halten. Expansion der Netze oder Ersetzung aus anderen Gründen, etwa Kapazitätsbeschränkungen etc. wurden hier nicht berücksichtigt.

Als Prognosezeitraum wurde 2010 bis 2110 gewählt. Damit lassen sich auch eventuell vorhandene mittel- bis langfristige Trends erkennen.

## ERGEBNISSE UND UNSICHERHEITEN

*Figur 4* zeigt die Resultate der Prognoseberechnungen. Alle fünf Linien stellen den langfristigen Ersatz- und Investitionsbedarf der gesamtschweizerischen Kanalisation dar (*s. Ausgangslage in Fig. 2*). Jede Linie basiert auf einer Überlebenskurve, die aus einem Kanalisationsdatensatz einer Gemeinde identifiziert wurde.

Wie erwartet, variiert das Alterungsverhalten stark zwischen diesen fünf Ge-

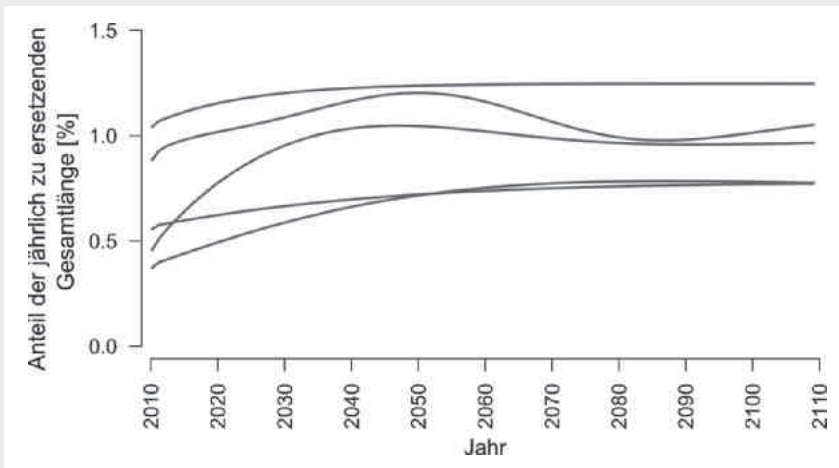


Fig. 4 Prognostizierter jährlicher Ersatzbedarf in Prozent der Gesamtlänge, basierend auf fünf mit Daten unterschiedlicher Gemeinden kalibrierter Überlebenskurven

Besoin de remplacement annuel pronostiqué en pour cent de la longueur totale, basé sur cinq courbes de vie fondées sur les données de diverses communes

meinden. Dies lässt einerseits auf unterschiedliche Bedingungen und Unterhaltschliessen, könnte aber teilweise auch an verschiedenen Interpretationen der Zustandsklassen liegen. Da sich im Moment nicht bestimmen lässt, ob eine Gemeinde repräsentativ für die gesamte Schweiz ist, sind alle fünf Kurven gleichwertig gezeigt, um den möglichen Bereich der Ergebnisse zu demonstrieren.

Aus den Berechnungen (Fig. 4) lassen sich nachfolgende Schlussfolgerungen ziehen:

#### Keine ausgeprägte Sanierungsspitze

Obwohl in Figur 2 sehr deutlich sichtbar wird, dass grosse Teile der Kanalisation in den 60er- und 70er-Jahren gebaut wurden, ist diese Bauspitze nur sehr gedämpft in den Sanierungskurven ersichtlich. Es ist in der Schweiz sehr wahrscheinlich nicht mit einem überhöhten Sanierungsbedarf zu rechnen, um die Bauten der Hochkonjunktur zu ersetzen.

#### Grosse Unterschiede in den Sanierungs- und Ersatzkurven

Die Daten aus den fünf Gemeinden führen zu sehr unterschiedlichen Ersatzbedürfnissen. Dies liegt an den ungleichen Überlebensfunktionen der Kanäle. So reicht die mittlere Lebensdauer von 61 bis rund 107 Jahre. Es ist im Moment unklar, ob diese Unterschiede auf Bauqualität, Unterschiede im Baugrund, Unterschiede in der Zustandsklassifizierung oder systematische Fehler in den Daten zurückzuführen sind. Man weiss auch nicht, ob zufälligerweise vor allem gute Beispiele ausgewertet wurden.

#### Anstieg des Sanierungsbedarfes

Der aus einer repräsentativen Auswertung der in den GEPs ausgewiesenen Bedarfe hervorgegangene Sanierungsbedarf von 0,8% ([3], S. 24) passt gut in das Kurvenbündel hinein. Daraus lässt sich schliessen, dass die geplanten GEP-Massnahmen recht gut den effektiven Sanierungsbedarf erfassen. Es muss aber damit gerechnet werden, dass dieser Sanierungsbedarf in den kommenden Jahren noch leicht ansteigen wird.

### FAZIT UND AUSBLICK

Die hier aufgezeigten Berechnungen basieren auf den besten, den Autoren im Moment vorliegenden Daten und der Annahme, dass der gegenwärtige Zustand der Kanalisation langfristig gehalten werden soll. Trotzdem (oder gerade deswegen) sollten die Resultate mit sehr viel Vorsicht interpretiert werden:

- Der hochgerechneten Altersverteilung liegen Daten von insgesamt 15% der gesamten Kanallänge der Schweiz zugrunde. Für die Zustandsverteilung ist dieser Wert mit 3% sogar noch geringer. Trotz erheblichem Aufwand für die Extrapolation und das Erheben dieser Daten<sup>1</sup>, ist dies immer noch eine recht dünne Grundlage.
- Die Parameter der Zerfallsmodellierung basieren auf fünf Gemeinden mit insgesamt 8253 Haltungen (=325 km). Wie gut diese Gemeinden den schweizerischen Durchschnitt repräsentieren, ist nicht bekannt.

<sup>1</sup> Dazu wurden 280 GEP-Berichte analysiert.

- Es gelingt nur mit sehr viel Aufwand und Glück an historische Sanierungsdaten zu gelangen. Deshalb mussten zur Kalibrierung der Überlebensfunktionen Modellannahmen getroffen werden. Diese Annahmen scheinen plausibel, lassen sich aber kaum überprüfen, da die entsprechenden Informationen in der Regel nicht archiviert werden. Die dadurch eingeführte Unsicherheit in den Berechnungen kann nicht quantifiziert werden.
- Für die Prognosen wurde nicht berücksichtigt, dass auch Leitungen in mittlerem oder gutem Zustand ausgetauscht werden, z.B. wegen zu geringer Kapazität oder im Rahmen einer Strassenbausanierung. Ebenfalls sind (Folge-) Kosten für Erweiterungen nicht eingerechnet. Das heisst, die prognostizierten Ersatzlängen sind tendenziell zu tief und werden wohl in Realität etwas höher ausfallen.

#### GUTE DATENSÄTZE

Die Autoren sind sehr interessiert an guten Datensätzen zur Kanalisation. Wenn Sie die Arbeiten der Autoren mit Ihren Daten unterstützen möchten, sind Sie gebeten, mit einem der Autoren Kontakt aufzunehmen (Mailadresse s. S. 16).

Der wichtigste Punkt bleibt aber die Annahme, dass der heutige Zustand der Kanalisation (11% der Kanäle in ZK 0 und 1) ein wünschenswerter Zustand für die Zukunft ist. Diese Annahme hat substantielle Auswirkungen auf die Zustandsverteilung und damit auf die Gesamtkosten von Sanierung und Ersatz. Es ist von zentraler Bedeutung, dass dieser Punkt in der Zukunft fundierter abgeklärt wird.

Diese Punkte relativieren die für diesen Bericht gemachten Berechnungen stark. Deshalb möchten die Autoren auch keine Empfehlungen über die Lebensdauer oder über den absoluten Finanzbedarf für die Sanierung der Kanalisation abgeben. Einige grundsätzliche Aussagen bleiben:

- Der gesamtschweizerische Sanierungsbedarf für die Kanalisation wird sich, evtl. nach einem leichten Anstieg, relativ rasch in einem stationären Zustand einpendeln. Es ist nicht mit überhöhten Ersatzinvestitionen für die Bauten aus den 60er- und 70er-Jahren zu rechnen.
- Die Planung mit der durchschnittlichen Lebensdauer mag für die Anlagebuchhaltung sinnvoll sein, für die Planung

von Sanierungs- und Instandhaltungsmassnahmen hingegen nicht.

- Die bisher verwendete durchschnittliche Lebenserwartung von 80 Jahren scheint nicht völlig falsch zu sein. Es zeigt sich aber eine grosse Variabilität der Lebenserwartung zwischen den Gemeinden.

Im Rahmen der Untersuchung wurden private Liegenschaftsentwässerungen nicht betrachtet. Die vorgestellten Resultate betreffen nur die öffentlichen Kanalisationen. Das verwendete Prognosemodell wäre grundsätzlich in der Lage, auch Aussagen zur Liegenschaftsentwässerung zu machen. Dafür müssten aber spezifische Daten über deren Zustand und Ersatzfähigkeit in der Vergangenheit vorliegen. Den Autoren ist nicht bekannt, dass es solche Datensätze gibt.

Will man in der Schweiz quantitative Informationen über den zukünftigen Sanierungsbedarf haben, dann ist mit den verfügbaren Daten vorsichtiger umzugehen. Nur wenn man Zugriff auf historische Daten hat, gelingt es, aus der Vergangenheit zu lernen. Für Bauwerke, die mehrere Generationen überdauern, ist das die einzige Möglichkeit, das zukünftige Verhalten zu quantifizieren.

Der Aufwand, historische Daten zu archivieren, ist heute minimal. Moderne Datenanalysetechnologien helfen die archivierten Daten gezielt zu nutzen. Auf diese Weise können wir viel über unser Jahrhundertbauwerk Kanalisation lernen.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] VSA, *Kommunale Infrastruktur (KI) und Konferenz der Vorsteher der Umweltschützerämter der Schweiz (KVU) (2011)*. «Kosten und Leistungen der Abwasserentsorgung – Erhebung 2010». VSA, Zürich
- [2] Martin, P. et al. (2009): «Wiederbeschaffungswert der Umweltinfrastruktur. Umfassender Überblick für die Schweiz». Umwelt-Wissen Nr. 0920, Bundesamt für Umwelt, Bern: 94 S.
- [3] DWA (2005), «Wertermittlung von Abwasseranlagen – Systematische Erfassung, Bewertung und Fortschreibung», Arbeitsblatt DWA-A 133
- [4] Maurer, M.; Herlyn, A. (2006). «Zustand, Kosten und Investitionsbedarf der schweizerischen Abwasserentsorgung». Eawag. Download unter [www.eawag.ch/forschung/sww/schwerpunkte/infrastrukturen/zustand\\_kosten/index](http://www.eawag.ch/forschung/sww/schwerpunkte/infrastrukturen/zustand_kosten/index)
- [5] Maurer, M. et al. (2012) *Quantifying costs and lengths of urban drainage systems with a simple static sewer infrastructure model*. *Urban Water Journal*. In press
- [6] Scheidegger, A. et al. (2011). «Network condition simulator for benchmarking sewer deterioration models». *Water Research*, 45(16), 4983–4994
- [7] Egger, C. et al. (in Vorbereitung). «Sewer deterioration modelling – dealing with a lack of historical sewer condition records»
- [8] Maurer, M. et al. (2010). «Factors affecting economies of scale in combined sewer systems.» *Water Science & Technology*, 62(1), S. 36

#### > SUITE DU RÉSUMÉ

d'émettre des avis quantitatifs concernant le comportement de l'infrastructure des canalisations grâce à la nouvelle méthode développée par l'Eawag.



**Ein Partner ...  
drei starke Marken !**







**Systemtechnik AG**

3S Systemtechnik AG  
Pumpen System Service  
Brunnmattstrasse 7  
5236 Remigen

Tel. 056 297 88 20  
Fax. 056 297 88 29  
info@pumpen-3s.ch  
[www.pumpen-3s.ch](http://www.pumpen-3s.ch)

