

GIS-Anwendung in der integrierten Rehabilitierungsplanung von urbaner Wasserinfrastruktur

Franz Tscheikner-Gratl, Christian Mikovits, Robert Sitzenfrei, Wolfgang Rauch und Manfred Kleidorfer

Universität Innsbruck · franz.tscheikner-gratl@uibk.ac.at

Short paper

Zusammenfassung

Dieser Beitrag beschreibt die benötigten, vorhandenen und verwendeten Daten für die integrierte Rehabilitierungsplanung von siedlungswasserwirtschaftlicher Infrastruktur (Wasserversorgungsnetzwerke und Kanalisationssysteme). Weiters wird der Umgang mit fehlenden und unplausiblen Daten gezeigt und eine Anwendung von GIS-Systemen in der Rehabilitierungsplanung präsentiert. Anhand von urbanen Gebieten mit unterschiedlicher Größe und Datenqualität wird gezeigt, wie die vorgeschlagene Vorgehensweise umgesetzt werden kann, und welche Vorteile sich daraus ergeben. Mit einer gewichteten GIS-basierten Überlagerung verschiedener Netzinformationen konnten Hotspots im Kontext einer integrierten Rehabilitierungsplanung identifiziert werden.

1 Einleitung

Die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser in ausreichender Qualität, Quantität sowie mit ausreichendem Druck (TWV 2001) und die Ableitung desselben nach Gebrauch unter Gewährleistung des Umweltschutzes und nachhaltiger Entwicklung sowie der öffentlichen Gesundheit und Sicherheit (EN 752 2008), sind ein integraler Bestandteil unserer Lebensqualität. Die urbane Wasserinfrastruktur, welche die Erfüllung dieser Aufgaben gewährleisten soll, nähert sich immer mehr dem Ende ihrer Lebensdauer. In Österreich sind 13 % der Kanäle (von 90.000 km) und 33 % (von 77.000 km) der Wasserleitungen älter als 40 Jahre (BREINDL 2014). Dies wird nach Schätzungen von NEUNTEUFEL et al. (2012) bis zum Jahr 2021 österreichweit zu einem Reinvestitionsbedarf von 4,2 Milliarden € im Bereich der Wasserversorgung sowie 6,6 Milliarden € für die Abwasserableitung führen. Trotz dieser enormen Summen sind die öffentliche Wahrnehmung und auch das Interesse an dieser Problematik begrenzt. Zumeist beschränkt sie sich auf einzelne Schadensfälle an den Netzen, soweit diese oberirdisch sichtbar sind oder einen anderen direkt merkbaren Einfluss auf die Funktionstüchtigkeit der Netze haben. Ebenfalls Beachtung finden sie allerdings dann wenn, Neuerrichtungen, Reparatur-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten angrenzende Infrastrukturanlagen (z. B. des öffentlichen Verkehrs) beeinträchtigen. Das Ziel der integrierten Rehabilitierungsplanung von Wasserinfrastrukturen ist daher die Minimierung solcher Störungen – sofern dies technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist – durch eine ganzheitliche Betrachtung verschiedenster Infrastrukturnetzwerke, welche im Straßenkörper selbst bzw. in dessen Umfeld vorhanden sind (DISIVO & LADIANA 2011). Die Grundlage einer solchen Betrachtungsweise bildet ein gutes Datenmanagement, welches die not-

wendigen Informationen zur Modellierung von Alterungsprozessen, Prognose von Investitionsvolumina und schlussendlich Entscheidungsfindung wann und wo welche Netze erneuert werden müssen effizient sammelt, auswertet und überlagert.

2 Daten

2.1 Arten der vorhandenen Daten

Für dieses Datenmanagement sind geographische Informationssysteme (GIS) von entscheidender Bedeutung, da sie die Verortung der notwendigen Informationen ermöglichen. Um Rehabilitationsmanagement zu ermöglichen, sind verschiedenste Daten erforderlich. Ein optimaler Datensatz umfasst in diesem Kontext alle für eine Rehabilitierungsplanung relevanten Informationen. Ein solcher Datensatz (TSCHEIKNER-GRATL et al. 2013) ist allerdings aufgrund der Datenqualität der einzelnen Datensätze und der verschiedensten Zuständigkeiten für die verschiedenen Informationen selten verfügbar. Ein optimaler Datensatz müsste umfassen:

- *Netzwerkdaten:* Diese Daten umfassen die Eigenschaften der betrachteten Netze (Material, Durchmesser, Baujahre etc.) und der ihnen zugeordneten Bauwerke bzw. Einbauten wie Schächte, Schieber, Pumpen etc. Eine Unterteilung in Abschnitte ist wünschenswert um eine bessere Übersicht zu schaffen. In Österreich ist der genaue Aufbau dieses sogenannten Leitungsinformationssystems durch das ÖWAV-REGELBLATT 40 (2010) geregelt. Zusätzlich zu den darin enthaltenen Bestimmungen wäre auch die Speicherung von ausgetauschten Leitungen vorteilhaft, um eine lückenlose Historie des Netzes für Alterungsmodellierung zu erhalten.
- *Zustands- bzw. Schadensaufzeichnungen:* Die Zustandsbewertung erfolgt bei Kanälen zumeist über optische Inspektion (ÖWAV-REGELBLATT 43 2013) und nachfolgende Zustandsklassifizierung (DWA-M 149-3 2007; ARBEITSHILFEN ABWASSER 2004/242/D 2012) auch wenn diese mit Unsicherheiten behaftet und d. h. beschränkt reproduzierbar ist (DIRKSEN et al. 2013). Zur Implementierung von Inspektionsdaten in ein GIS-System wurde als Standard die ISYBAU-XML-Schnittstelle festgelegt (ARBEITSHILFEN ABWASSER 2004/242/D 2012). Bei Wasserversorgungsleitungen ist eine interne optische Inspektion nur schwer durchführbar. Daher wird hier zumeist eine reine Schadensaufzeichnung geführt, welche alle relevanten Daten über das Schadensereignis beinhalten soll (ÖVGW W 100 2007; DVGW W 402 2010).
- *Umgebungsdaten:* Unter diesen Daten werden alle Informationen zusammengefasst, welche zwar nicht gesondert betrachtet werden, aber einen (zum Teil erheblichen) Einfluss auf die Rehabilitierungsplanung haben. Dies beinhaltet hauptsächlich die Verkehrsinfrastruktur sowie wichtige Gebäude, Einflüsse der Stadtentwicklung, Grundwasserverhältnisse, Bodenarten usw.

Zur Verwaltung dieser Daten, welche vorzugsweise in einem Format zusammengestellt werden sollten, stehen einige Produkte mit speziellen Werkzeugen zur Verfügung (z. B. BaSYS (2015); GISBERT (2015); PROFI (2015)), aber auch universellere Tools wie Quantum GIS (2015) oder ArcGIS (2015) werden verwendet um die vektor- und rasterbasierten Daten zu verwalten und weiter zu bearbeiten.

2.2 Ausgangslage und Datenqualität

Zumeist weisen die Netzwerk- und Schadensdaten allerdings Lücken und Unplausibilitäten auf, was sich dann auf die Aussagekraft von Alterungsmodellen auswirkt welche eine gute Qualität benötigen würden (SCHOLTEN et al. 2014). Ein Weg damit umzugehen ist die Möglichkeit der Datenrekonstruktion unter Nutzung der Ähnlichkeit anliegender Bauteile und der Netzwerktopologie. Besonders diese Anwendung zeigt das große Potenzial zur Verbesserung der Datenqualität und damit der Rehabilitierungsplanung durch eine spartenübergreifende Datenhaltung (TSCHAIKNER-GRATL et al. 2015a). Zur Evaluierung der Datenqualität wird bei 3 urbanen Gebieten von unterschiedlicher Größe, zwischen 10.000 und 130.000 Einwohnern, die Datenlage bei den Wasserversorgungsnetzen betrachtet. Als Qualitätsstandard werden die Mindestanforderungen an die Bundesförderung (ÖWAV-REGELBLATT 40 2010) für einen Leitungskataster angesetzt. Als erstes untersuchen wir die Daten, welche für die Zustandsbewertung notwendig sind. Bei Kanalnetzen sind diese durch die Vorgaben der optischen Inspektion (ÖWAV-REGELBLATT 43 2013) und der daraus resultierenden Zustandsklassifizierung (DWA-M 149-3 2007; ARBEITSHILFEN ABWASSER 2004/242/D 2012) bereits in einer ausreichenden Qualität vorhanden. Das limitierende Moment ist dabei mehr die wirklich flächendeckende Befahrung als die Qualität derselben. In den Fallstudien sind zwischen 46 % und 75 % der Netze inspiziert und bewertet. Im Gegensatz zu den Kanalnetzen muss man in der Wasserversorgung zur Zustandsbewertung auf Schadensstatistiken (ÖVGW W 100 2007) und Wasserverlustkennzahlen (ÖVGW W 63 2009) zurückgreifen, da eine Inspektion zumeist nicht oder nur unter sehr hohen Kosten möglich ist. Die minimal anzugebenden Daten für die Schadensstatistik sind dabei die Schadensart und das Datum an dem der Schaden aufgetreten ist.

Empfohlen sind auch die lagerichtige Zuordnung auf die Leitung, die Eigenschaften der betroffenen Leitung (Baujahr, Material, Durchmesser (DN)) sowie die getroffenen Maßnahmen. Abbildung 1 zeigt die Qualität dieser Daten für eine der betrachteten Fallstudien, bei der die Schadenstatistik 1983 beginnt und insgesamt 3.760 Schäden auf einer Verteilnetzlänge von 582,42 km mit 17.263 Hausanschlüssen umfasst. Was in dieser Fallstudie besonders auffällt, sind die Lücken in der Aufzeichnung in gewissen Jahren (1984, 1988, 1999, 2000) bzw. die unplausibel niedrigen Schadensraten (1992, 1993, 2001, 2010), illustriert durch die hier als Vergleich angegebenen hohen und niederen Schadensraten lt. ÖVGW W 100 (2007). Dies deutet auf eine in ihrer Qualität stark schwankende Datenerfassung hin.

Die Mindestanforderungen an den Leitungskataster werden in diesem Beispiel dadurch „erfüllt“, dass ca. 70 % der Schadensarten als „Sonstige“ klassifiziert sind. Die empfohlene Lageerfassung wird über Adressen gewährleistet (zumindest bei 72 % der Schäden). Eine leitungsgenaue Zuordnung kann dann zwar durch Abgleich der Daten mit den umliegenden Leitungen erfolgen (TSCHAIKNER-GRATL et al. 2015a), was aber wiederum mit Aufwand verbunden ist und auch eine gewisse Unsicherheit beinhaltet. Besser wäre es, die Schäden direkt bei der Erfassung der konkreten Leitung zuzuordnen. Die verfügbaren Schadensaufzeichnungen in Fallstudie 2 starten 2002 und enden 2011. Sie umfassen 467 Schäden am Wasserversorgungsnetz mit einer Verteilnetzlänge von 196,63 km mit 3.655 Hausanschlüssen. Die Qualität der Daten ist ausreichend, mit Ausnahme der Information des Baujahres der beschädigten Leitung. Diese wird großteils nicht angegeben. Da allerdings die Lokalisierung der Schäden zumeist mithilfe von CAD-Plänen möglich ist, wurden die Daten mit den Baujahren der betroffenen Leitungen ergänzt. Bei der dritten Fallstudie werden die

Schäden nur auf den Versorgungsleitungen mit 225,98 km Gesamtlänge (seit 1976) aufgezeichnet und nur drei Schadensarten unterschieden: Fremdverschulden, Setzung des Bodens und Korrosion. Im Allgemeinen erfolgt die Schadensaufzeichnung zumeist als Datenbank und nicht mit einer geographischen Zuordnung bzw. mit einer solchen über Adressen oder CAD-Pläne. Die Implementierung in ein GIS-System erfolgte über Abgleich der vorhandenen Daten mit den Netzdaten (TSCHAIKNER-GRATL et al. 2015a).

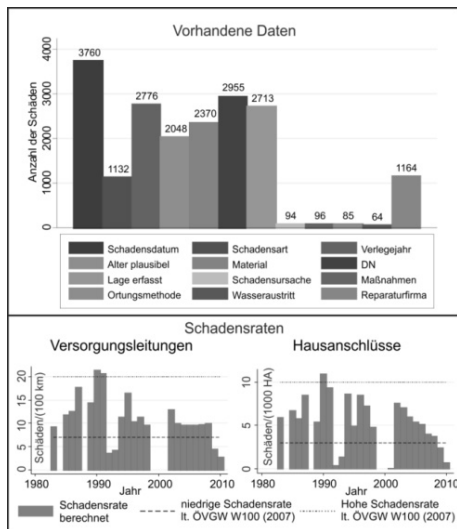


Abb. 1: Datenqualität der Schadensdaten einer Fallstudie

Diese Netzdaten bestehen aus verschiedenen Komponenten. Neben den Leitungsdaten (Versorgungs- und Hausanschlussdaten) in Form von Polylinien sind auch noch Einbauten (wie Schieber oder Hydranten) als Punktdaten sowie Sonderbauwerke (wie Trinkwasserbehälter, Druckreduzieranlagen, etc.) als Punkt- (z. B. Normschächte) oder bei Sonderformen als Polygone vorhanden. Die Einbauten und Sonderbauwerke sind gut dokumentiert (auch aufgrund ihrer geringen Anzahl) und werden hier nicht näher besprochen. Die Leitungsdaten schwanken in ihrer Qualität erheblich, auch in den Mindestanforderungen betreffend Baujahr, Überdeckung, Durchmesser, Material und Druckstufe.

Die vorhandenen Leitungsdaten von Fallstudie 1 bestehen aus 39.632 Polylinien mit einer Gesamtlänge von 851,27 km (Transport- und Hausanschlussleitungen). Die Attributnamen (z. B. zur Unterteilung in Stränge oder Straßenabschnitte) waren zum Teil missverständlich und wurden im Zuge der Bearbeitung (sofern möglich) verbessert. Weiters fehlen bei 13,5 % der Leitungsabschnitte die ansonsten angegebenen Hausanschlussnummern bzw. bei 9,9 % die Nummer des Schieberabschnittes. Auch die Zuordnung der Leitungen zu einem Straßenabschnitt wurde bei 10,5 % nicht durchgeführt. Die Daten betreffend Material und Durchmesser sind weitestgehend vollständig, wenn auch zum Teil unplausibel (z. B. Sphäroguss-Rohre aus dem Jahre 1924) und im Falle der Durchmesser nicht einheitlich in Bezug auf die verwendete Einheit (mm bzw. Zoll). Bei den Verlegejahren ist die Datenlage schlechter. 73,60 km (8,65 % der Gesamtlänge) weisen keine oder offensichtlich falsche (z. B. 9999) Baujahre auf. Weiters sind einige Leitungsabschnitte (zumeist Hausanschlüsse) nicht an eine Versorgungsleitung angeschlossen. Bei Fallstudie 2 fällt die große

Anzahl von Leitungen mit unbekanntem Baujahren auf. Dies liegt an fehlender Plausibilität der eingetragenen Baujahre, welche bis zu 15 % des Netzes mit Baujahr 2012 ausweisen. Bei Fallstudie 3 fehlen sämtliche Hausanschlüsse, allerdings sind die restlichen Daten in gutem Zustand.

3 Integrierte Rehabilitierungsplanung

Neben der Erfassung der bestehenden Infrastruktur und der Datenverwaltung der dadurch ermittelten Daten, sind die Leitungsinformationssysteme auch ein wichtiges Planungsinstrument. Nicht nur als Hilfe für die Planer von neuer Infrastruktur und/oder Gebäuden, welche die Informationen über die Lage und Art der Leitungen nutzen, sondern auch und vor allem für das Asset Management von verschiedener Infrastruktur sind diese Informationen essenziell. Dies beginnt mit der Sichtbarmachung der ermittelten Zustände der vorhandenen Netze, wobei zumeist noch der Blick auf ein einzelnes Netz vorherrscht (siehe Abbildung 2). Schon anhand dieser Darstellung kann man für einzelne Netze Aussagen über den Sanierungsbedarf machen, allerdings bedarf es zur Nutzung der Synergien – vor allem durch Kostenersparnisse durch koordinierte Bauarbeiten – einer ganzheitlichen Betrachtungsweise.

Bei der integrierten Rehabilitierungsplanung werden daher die verschiedenen Netze als Gesamtbild gesehen und es wird versucht durch Koordination – wo immer technisch und wirtschaftlich möglich und sinnvoll – Sanierungsarbeiten netzübergreifend durchzuführen. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Lage der Netze zueinander. Eine einfache Methode zur Priorisierung von Sanierungsgebieten ist die gewichtete Überlagerung der verschiedenen Netze und ihrer Zustandsklassen um die sogenannten Hotspots für die Sanierung festzulegen (siehe Abbildung 2). Für solche Überlagerungen werden den verschiedenen Netzen Einflussbreiten (z. B. aus LB-SW 05 (2005)) zugewiesen welche eine lagemäßige Überlagerung ermöglichen. Bei der Überlagerung der Netzwerke wurde dem Straßennetz die höchste Priorität zugewiesen gefolgt vom Gasversorgungsnetz, dem Entwässerungsnetz und dem Wasserversorgungsnetz. Wenn die Daten es zulassen, können auch komplexere Ansätze zur Entscheidungsfindung benutzt werden (OSMAN 2015, TSCHAIKNER-GRATL et al. 2015b) um den ersten Eindruck, der durch die Überlagerung gewonnen wird, zu vervollständigen.

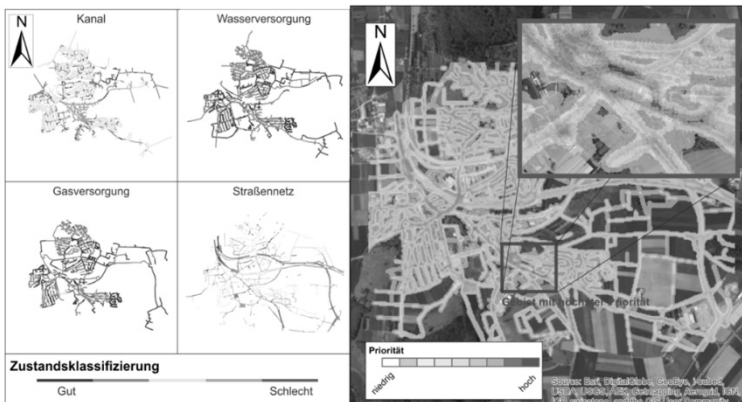


Abb. 2: Zustandsklassifizierung der betrachteten Netze (Abbildung links) und gewichtete Überlagerung der Zustandsklassifizierung zur Priorisierung von Gebieten (Abb. rechts) in Fallstudie 2

4 Fazit

Die hier kurz angerissenen Beispiele sollen zeigen, wie wichtig die Anwendung von Geographischen Informationssystemen bei der Instandhaltung unserer Infrastruktur ist. Angefangen von der Verwendung in der Datenerfassung und -verwaltung bis hin zum Einsatz in der Planung von Sanierungsmethoden. Mit einer einfachen gewichteten Überlagerung der verschiedenen Netze und ihrer Zustandsklassen konnten Hotspots für Sanierungen identifiziert werden. Für eine erfolgreiche integrierte Rehabilitierungsplanung, kommt jedoch dem Datenmanagement eine wichtige Rolle zu da man nur das Instandhalten kann, das man auch kennt. Wichtig wäre hier eine Bewusstseinsbildung, vor allem auch bei kleineren Betreibern, dass ein gutes Leitungsinformationssystem essenziell für den Erhalt der vorhandenen Infrastruktur ist und daher auch ständige Wartung und Pflege benötigt.

Danksagung

Diese Arbeit entstand aus dem Projekt „DATMOD – Auf effizientem Wege von den Daten zum Modell: Sanierungs- und Anpassungsplanung von kleinen und mittleren Kanalnetzen“, gefördert vom Ministerium für ein lebenswertes Österreich (BMLFUW).

Literatur

- ARBEITSHILFEN ABWASSER 2004/242/D – BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2012), Arbeitshilfen Abwasser – Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes. 1110 S.
- ArcGIS, ESRI (2015), <http://www.arcgis.com/>.
- BaSYS (2015), Das serverbasierte, modulare Netzinformationssystem. BARTHAUER SOFTWARE GMBH. <http://www.barthauer.de/>.
- BREINDL, D. (2014), Überblick über den Zustand der Kanalisationen in Österreich. Vortrag im Rahmen der Veranstaltung „Kanalmanagement 2014“. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, 24 März 2014, Wien.
- DIRKSEN, J., CLEMENS, F., KORVING, H., CHERQUI, F., LE GAUFFRE, P., ERTL, T., PLIHAL, H., MÜLLER, K. & SNATERSE, C. T. (2013), The consistency of visual sewer inspection data. *Structure and Infrastructure Engineering*, 9 (3), 214-228.
- DiSIVO, M. & LADIANA, D. (2011), Decision-support tools for municipal infrastructure maintenance management. In: *World Conference on Information Technology*, 3, 36-41.
- DVGW W 402 – DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V (2010), Netz- und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen. 44 S.
- DWA-M 149-3 – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E.V. (2007), Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Zustandsklassifizierung und -bewertung. DWA. 66 S.
- EN 752 – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2008), Drain and sewer systems outside buildings ICS 93.030. 110 S.
- GISBERT – FORSTHUBER ZT GMBH (2015), <http://www.gisbert.at/>.

- LB-SW 05 – ARBEITSKREIS LEISTUNGSBESCHREIBUNG SIEDLUNGSWASSERBAU (2005), Standardisierte Leistungsbeschreibung LB-Siedlungswasserbau LB-SW, Version 05. 326 S.
- NEUNTEUFEL, R., ERTL, T., SPINDLER, A., LUKAS, A., PERFLER, R., SCHWARZ, D., ZESSNER, M. & HABERL, R. (2012), Technische Herausforderungen in der Siedlungswasserwirtschaft (*Technical challenges for the urban water companies*). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion VII Wasser, Wien. 91 S.
- OSMAN, H. (2015), Coordination of urban infrastructure reconstruction projects. In: Structure and Infrastructure Engineering AHEAD-OF-PRINT, 1-14.
- ÖVGW W 63 – ÖVGW ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR DAS GAS- UND WASSERFACH (2009), Wasserverluste in Trinkwasserversorgungssystemen. Wien. 22 S.
- ÖVGW W 100 – ÖVGW ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR DAS GAS- UND WASSERFACH (2007), Wasserverteilungen – Betrieb und Instandhaltung. Wien. 37 S.
- ÖWAV-REGELBLATT 40 – ÖSTERREICHISCHER WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFTSVERBAND (2010), Leitungsinformationssystem – Wasser und Abwasser. Wien. 58 S.
- ÖWAV-REGELBLATT 43 – ÖSTERREICHISCHER WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFTSVERBAND (2013), Optische Kanalinspektion. 69 S.
- PROFI – HAMMERER.SYSTEM.BERATUNG (2015), <http://www.hammerer.cc>.
- Quantum GIS: Open Source Geospatial Foundation Project – QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM (2015), <http://qgis.osgeo.org/de/site/>.
- SCHOLTEN, L., SCHEIDEGGER, A., REICHERT, P., MAURER, M. & LIENERT, J. (2014), Strategic rehabilitation planning of piped water networks using multi-criteria decision analysis. *Water Research*, 49 (0), 124-143.
- TSCHEIKNER-GRATL, F., MIKOVITS, C., MÖDERL, M., HAMMERER, M., RAUCH, W. & KLEIDORFER, M. (2013), Integrated Rehabilitation Management for Different Infrastructure Sectors. *gwf-Wasser-Abwasser*, Special 1/2013, 50-56.
- TSCHEIKNER-GRATL, F., SITZENFREI, R., RAUCH, W. & KLEIDORFER, M. (2015a), Enhancement of limited water supply network data for deterioration modelling and determination of rehabilitation rate. In: *Structure and Infrastructure Engineering*.
- TSCHEIKNER-GRATL, F., SITZENFREI, R., STIBERNITZ, C., RAUCH, W. & KLEIDORFER, M. (2015b), Integrated rehabilitation management by prioritization of rehabilitation areas for small and medium sized municipalities. In: ASCE (Ed.), *World Environmental and Water Resources Congress 2015*.
- TWV (2001), Bundeskanzleramt Österreich. Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TWV).