

Anwendbarkeit des Infrastructure Leakage Index

ILI für kleinere Versorger und Messzonen (DMAs)

Wasserversorgung, Wasserverluste, Kennzahlen, Infrastruktur Leckverlust Index, ILI

Gerald Gangl und Jörg Kölbl

Für eine effiziente Betriebs- und Instandhaltungsplanung ist eine genaue Kenntnis der Wasserverluste unerlässlich, da dadurch der Zustand des Versorgungssystems beschrieben werden kann. Eine Quantifizierung von Wasserverlusten über Kennzahlen liefert einen aussagekräftigen Richtwert über den Zustand einzelner Zonen oder des Gesamtnetzes. Der Infrastruktur Leckverlust Index (ILI), als Kennzahl der International Water Association, bezieht dabei wichtige Strukturparameter mit ein, welche den Einfluss der Netzstruktur möglichst gut abbilden sollen. Die bislang geltende Mindestanforderung von 3000 Hausanschlüssen verhindert eine Anwendung dieser Kennzahl für kleinere Versorger bzw. kann für den Vergleich von Messzonen nicht herangezogen werden. Aufgrund der Auswertung von 36 österreichischen Wasserversorgungsunternehmen verschiedener Größe wird gezeigt, dass die Anwendung des ILI auch bei geringerer Hausanschlussanzahl möglich ist.

Englischer Titel fehltXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Knowledge about water losses can be used for describing the actual condition of a water supply system and is necessary for an efficient maintenance and operation planning. With a quantification of water losses with performance indicators compared with benchmarks the condition of a singular zone or the complete supply system is possible. The Infrastructure Leakage Index (ILI) as a performance indicator from the International Water Association includes important structural parameters, whereby a description of the system structure is possible. With the actual minimum boundary condition of 3000 service connections, an application for small water utilities or the comparison of supply zones was not possible. Based on analysis of 36 different sized Austrian water utilities, this article shows the possibility of using this performance indicator also for water supply systems with less than 3000 service connections.

1. Einleitung

Global gesehen, stellen Wasserverluste aus Wasserversorgungsnetzen eines der wesentlichsten Probleme zur Sicherstellung einer permanenten Versorgung dar. Aber auch in Ländern mit einer Wasserinfrastruktur in gutem Zustand, wie es in Deutschland, Österreich oder der Schweiz generell der Fall ist, nimmt die Bedeutung um das Wissen über Wasserverluste in Wasserversorgungsnetzen und deren Management zu. Insbesondere für eine effiziente Betriebs- und Instandhaltungsplanung ist eine genaue Kenntnis der Wasserverluste unerlässlich, da die Versorgungsleitungen nicht direkt inspiziert werden, sondern deren Zustand beispielsweise über die Höhe von Wasserverlusten beschrieben werden kann. Um die Höhe der Wasserverluste quantifizieren und in weiterer Folge vergleichen zu können, sowohl intern (z. B. Beobachtung der Entwicklung über mehrere Jahre) wie auch extern (Vergleich mit anderen Wasserversorgungsunternehmen), bedarf es definierter Kennzahlen.

Neben der traditionell gerne verwendeten aber aus technischer Sicht nicht aussagekräftigen Wasserverlustrate (in Prozent ausgedrückt), sind mittlerweile auch Kennzahlen, welche die Versorgungsstruktur berücksichtigen, weit verbreitet. Sowohl der längenbezogene Wasserverlust, die rea-

len Verluste pro Kilometer Leitungslänge und Stunde ($\text{m}^3/(\text{km} \cdot \text{h})$), sowie die realen Verluste pro Hausanschluss und Tag ($\text{L}/(\text{HA} \cdot \text{d})$) bedürfen im Vergleich aber einer Berücksichtigung der jeweiligen Rahmenbedingungen. Insbesondere die Urbanität, also ob ein Wasserversorgungsunternehmen ländlich, städtisch oder großstädtisch strukturiert ist, muss berücksichtigt werden.

Um Wasserverluste verschiedener Versorgungsstrukturen auch international vergleichbar zu machen, schlägt die International Water Association den „Infrastructure Leakage Index“ – kurz ILI – vor [1]. Der ILI ist eine dimensionslose Kennzahl, die verschiedene Strukturparameter berücksichtigt.

Die Berechnung erfolgt durch die Gegenüberstellung der realen jährlichen Verluste (CARL, engl. Current Annual Real Losses) mit den sogenannten unvermeidbaren jährlichen Verlusten (UARL, engl. Unavoidable Annual Real Losses) bezogen auf die Anzahl der Hausanschlüsse (Gl. 1).

$$\text{ILI} = \frac{\text{CARL}}{\text{UARL}} \quad (1)$$

CARL = reale jährliche Verluste $[\text{L}/(\text{HA} \cdot \text{d})]$

UARL = unvermeidbare jährliche
reale Verluste $[\text{L}/(\text{HA} \cdot \text{d})]$

Der ILI gibt somit an, um das Wievielfache die jährlichen realen Verluste, über den sogenannten unvermeidbaren jährlichen Verlusten, bezogen auf die Anzahl der Hausanschlüsse liegen. Bei den unvermeidbaren jährlichen realen Verlusten handelt es sich um einen theoretischen Wert, der über folgende Formel berechnet wird (Gl. 2):

$$U_{ARL} = \left(18 \cdot \frac{L_m}{N_c} + 0,8 + 0,025 \cdot L_p \right) \cdot P^{N_1} \quad (2)$$

- L_m = Leitungslänge (Transport-, Haupt- und Versorgungsleitungen) [km]
 N_c = Anzahl der Hausanschlüsse [1]
 L_p = durchschnittliche Länge der Anschlussleitungen von der Grundstücksgrenze bis zur Übergabestelle (Wasserzähler) [m]
 P = durchschnittliche Versorgungsdruckhöhe [m]
 N_1 = Einflussfaktor, der den Einfluss der Rohrmaterialien beschreiben

Als Randbedingungen für den Einsatz des ILI waren ursprünglich mindestens 5000 Hausanschlüsse, eine Hausanschlussdichte von mindestens 20 pro Kilometer sowie eine durchschnittliche Versorgungsdruckhöhe von 25 m Voraussetzung. Die Abhängigkeit des Versorgungsdrucks in der Berechnungsformel wird dabei durch den Exponenten „ N_1 “ ausgedrückt, dessen Werte, je nach verwendetem Material und hauptsächlich auftretender Schadensart, üblicherweise zwischen 0,5 und 1,5 liegen. Liegen keine genaueren Informationen über die Schadens- und Materialverteilung vor, soll als N_1 der Wert 1,0 verwendet werden [2]. Wird die Abhängigkeit des ILI von der mittleren Druckhöhe berücksichtigt, können damit auch Netze mit geringerem Druck als 25 m, wie in Vietnam mit 12 m Druckhöhe, Indonesien und Sri Lanka mit 11 m Druckhöhe, berechnet werden. Auf Basis weiterer Forschungen wurde die Randbedingung der Hausanschlussdichte aufgehoben und die Mindestanzahl an Hausanschlüssen auf 3000 herabgesetzt [3].

2. Anwendbarkeit des ILI

Aufgrund der geografischen Gegebenheiten und der daraus resultierenden Siedlungsstruktur, herrscht in Österreich eine relativ kleinstrukturierte Versorgungsstruktur vor. Insgesamt schätzt man die Anzahl österreichischer Wasserversorgungsunternehmen auf mehr als 3500. Die Anwendbarkeit des ILI scheitert für viele österreichische Wasserversorgungsbetriebe aufgrund der Randbedingung, dass für die Berechnung des ILI mindestens 3000 Hausanschlüsse vorhanden sein sollen.

Im Rahmen des ÖVGW Benchmarking Stufe C (Datenbasis 2007) in der österreichischen Wasserversorgung [4] wurden 36 Betriebe unterschiedlichster Größenordnung miteinander verglichen, von denen 18 Betriebe die Randbedingung der 3000 Hausanschlüsse erfüllen.

Um die Anwendbarkeit des ILI auch für kleinere Zonen mit weniger als 3000 Hausanschlüssen zu testen, wurde zum einen der spezifische reale Wasserverlust [5] zum dimensionslosen „Infrastructure Leakage Index“ aufgetragen

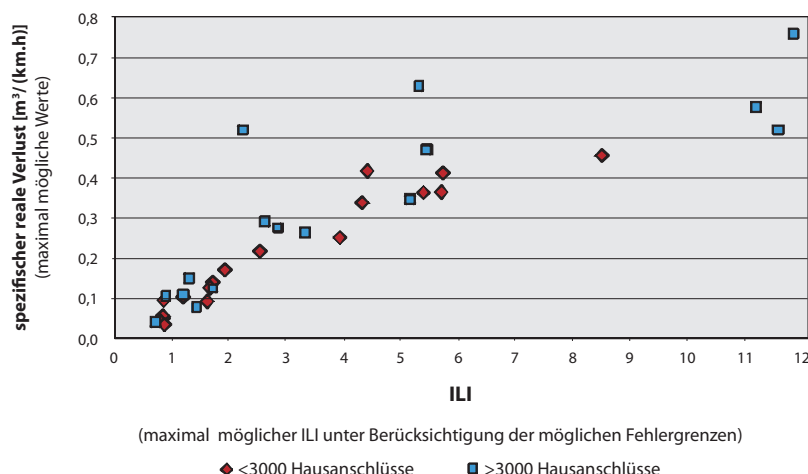


Bild 1. Gegenüberstellung von üblichen Wasserverlustkennzahlen mit dem ILI.

(Bild 1). Dabei berechnet sich der spezifische reale Wasserverlust als Verhältnis zwischen dem realen Wasserverlust und der Länge des Rohrnetzes ohne Anschlussleitungen (Gl. 3).

$$q_{VR} = \frac{Q_{VR}}{8760 \cdot L_N} \quad [\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{km})] \quad (3)$$

- Q_{VR} = realer Wasserverlust [m³/a]
 L_N = Länge Rohrnetz ohne Anschlussleitungen [km]

In Bild 1 wurde in der Darstellung eine Untergliederung der Daten hinsichtlich des Grenzwertes für die Anwendbarkeit von 3000 Hausanschlüssen vorgenommen. Man kann dabei gut erkennen, dass die Randbedingung der Anzahl an Hausanschlüssen keinen Einfluss auf die Auswertungen des ILI hat. Es besteht eine erkennbare Korrelation zwischen q_{VR} und dem ILI.

Bei der Berechnung von Kennzahlen spielt vor allem die Datenqualität eine wichtige Rolle. Aus diesem Grund, wurden mögliche Ungenauigkeiten bei den Wasserbilanzdaten (z. B. Unsicherheiten bei der Berechnung der Systemeinspeisung, aufgrund möglicher Abweichungen bei Messgeräten) und des Versorgungsdruckes in der Berechnung berücksichtigt und eine Bandbreite angegeben, in der die Kennzahl liegt. In Bild 1 sind die Werte des oberen Genauigkeitsbereichs angegeben (maximal mögliche Werte für die ILIs).

3. Einfluss der Zonengröße auf den ILI

Eine der wichtigsten Einflussfaktoren für die Berechnung des ILI ist der mittlere Versorgungsdruck. Aufgrund der geografischen Verhältnisse und mangels flächendeckender Druckaufzeichnungen ist es für viele Versorgungsbetriebe nur schwer möglich, einen exakten Wert als mittleren Versorgungsdruck anzugeben. Wenn man beispielsweise die Situation des Wiener Wasserwerkes als größten Versorger Österreichs betrachtet, dann ist aufgrund der Unterteilung des Netzes in 42 Druckzonen, eine exakte Angabe des mittleren Versorgungsdruckes schwierig.

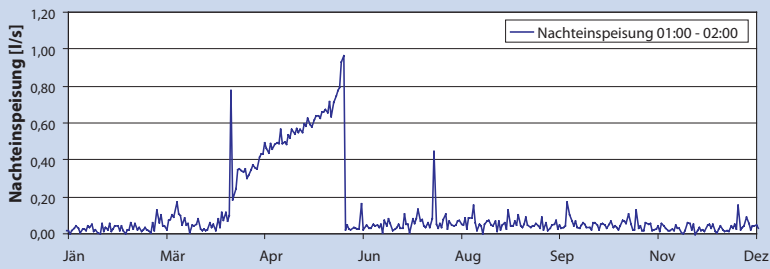


Bild 2. jährliche Netzeinspeisung (jeweils zwischen 01:00–02:00) in einer Messzone [6].

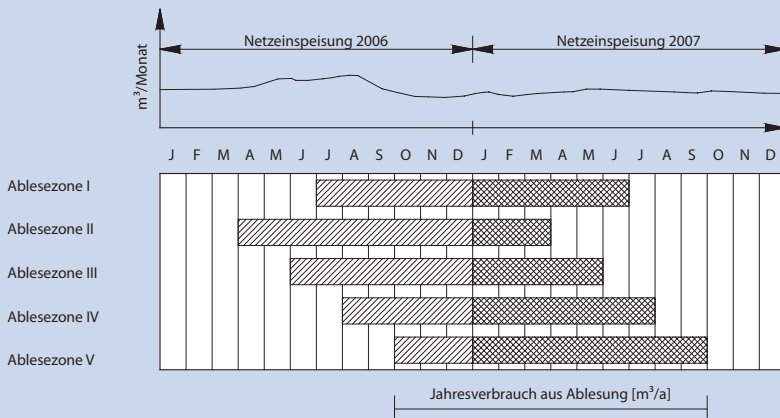


Bild 3. Fehlermöglichkeit bei rollierender Ablesung verschiedener Messzonen [7].

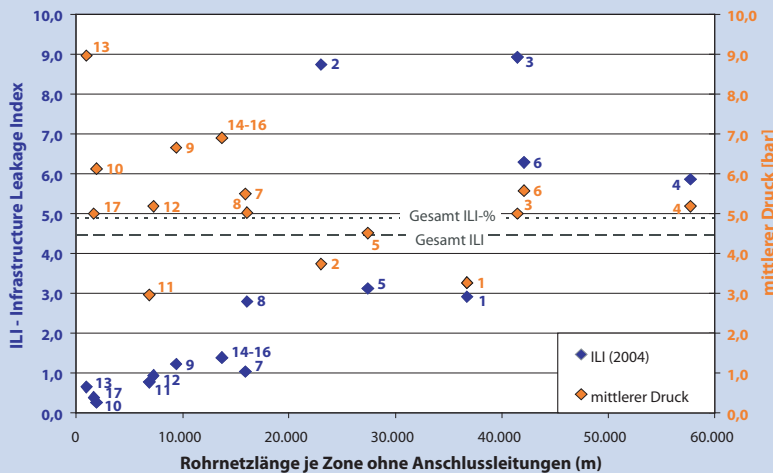


Bild 4. Abhängigkeit des ILI von der Zonengröße am Beispiel eines WVU.

Um nun dennoch die Kennzahl des ILI berechnen zu können, kann aus den Einzelwerten verschiedener Messzonen ein gesamtnetzbezogener ILI berechnet werden. Je kleiner eine Messzone oder Druckzone ist, desto einfacher lässt sich diese auch überwachen. Druckzonen mit wenigen Hausanschlüssen, wie sie in vielen Randgebieten von Städten häufig

vorkommen, können einfach über die Netzeinspeisung im Prozessleitesystem kontrolliert werden.

In **Bild 2** ist der Verlauf der jährlichen Netzeinspeisung im Nachtminimum in der Zeit von 00:00–01:00 einer kleinen Druckzone mit einer Netzlänge von 1024 m und 34 Hausanschlüssen dargestellt. Über eine Analyse der Einspeisemengen im Prozessleitesystem, kann der Anstieg der Einspeisemenge rasch erkannt werden. In größeren Messzonen im Kernbereich mit einer Vielzahl von Hausanschlüssen, Gewerbe- und Industriebetrieben, kann über eine einfache Analyse der Einspeisewerte aus dem Prozessleitesystem ein Schaden nur schwer erkannt werden. Hier müssen zusätzliche Überwachungsmethoden eingesetzt werden, um Wasserverluste aufzuspüren.

Die Erstellung einer Wasserbilanz von größeren Messzonen, kann ohne entsprechende Hilfsmittel wie funkauslesbare Hauswasserzähler, nie so genau durchgeführt werden, wie bei kleineren Messzonen. Für eine stichtagsgenaue Ableitung des entgeltlichen Wasserverbrauchs fehlt bei größeren Messzonen das Personal, weshalb hier oft eine rollierende Ablesung vorgenommen wird bzw. die Ablesung durch Selbstablesung der Kunden erfolgt. Eine Gegenüberstellung des zeitversetzten Verbrauchs innerhalb einer Zone mit der jährlichen Einspeisemenge ist somit stets mit Ungenauigkeiten behaftet (**Bild 3**).

Anhand eines österreichischen Wasserversorgungsbetriebes soll dieser Zusammenhang dargestellt werden. In der Regel gibt es normalerweise größere Kernzonen, die den Großteil der Bevölkerung versorgen. Angrenzend an diese Kernzonen verteilen sich mehrere Druckzonen im umliegenden Gebiet, die im Verhältnis zu den Kernzonen deutlich kleiner sind. Die Druckzonen sind so angelegt, dass die Vorgaben der Mindestdruckhöhen nach [8] eingehalten werden und keine zu großen Druckhöhen vorkommen.

Aufgrund der kleinen Druckzonen, lassen sich diese, wie in **Bild 2** dargestellt, einfach über die Einspeisemengenmessung kontrollieren. Je größer die Zone, desto aufwendiger ist deren Überwachung.

In **Bild 4** ist der Zusammenhang der Zonengröße zum zonenbezogenen ILI dargestellt. Auf der rechten y-Achse ist der jeweilige mittlere Versorgungsdruck je Zone dargestellt. Hier kann man erkennen, dass der Versorgungsdruck in den verschiedenen Zonen im Mittel zwischen 3 und 7 bar beträgt, die Zone 13 wird direkt über eine drehzahlgeregelte Pumpe versorgt.

In **Bild 4** kann man aber auch deutlich die Abhängigkeit des ILI von der Zonengröße erkennen. Es ist ersichtlich, dass kleinere Zonen, offensichtlich besser hinsichtlich Wasserverluste zu überwachen sind und somit das Niveau des ILI in diesen Zonen deutlich niedriger, als in den größeren Zonen ist. Will man nun eine gesamtnetzbezogene Kennzahl aus den Einzelwerten berechnen, dann müssen diese entsprechend gewichtet werden.

Für die Berechnung des „Gesamt-ILI“ wurde der gemittelte Druck aus allen Mess- und Druckzonen verwendet. Somit würde sich ein ILI für das Gesamtnetz von 4,5 berechnen. Die Berechnung des „Gesamt-ILI-Zonen“ basiert auf der Gewichtung der ILI-Werte, der jeweiligen Zonen nach deren Länge. Mit dieser Aufteilung steigt der ILI auf einen Wert von 4,9 an (siehe **Bild 4** und **Tabelle 1**).

Durch die zusätzliche Längengewichtung des ILI auf die jeweilige Zonennetzlänge, bekommen ILI-Werte aus größeren Zonen zusätzliches Gewicht und kann somit ein genaueres Berechnungsergebnis für das Gesamtsystem erreicht werden.

4. ILI als Kennzahl für den Vergleich von Messzonen

Überschreitet die Netzlänge eines Versorgungsgebiets eine bestimmte Größe, so ist es für den Entscheidungsträger eines Wasserversorgungsbetriebes notwendig, für die vorausschauende Rehabilitationsplanung Schwerpunkte im Netz festzulegen. Hier bietet es sich an, für die Definition von auszuwechselnden Leitungsgruppen, auch die Auswertung von zonenbezogenen Wasserverlustdaten für eine lokale Eingrenzung heranzuziehen. Auch hier dient der Vergleich von Kennzahlen dazu, entsprechende Handlungsschwerpunkte zu setzen.

Wie bereits erwähnt, spielt die Größe von zu vergleichenden Zonen eine Rolle, da sich die Überwachung mit zunehmender Netzzonengröße, nicht mehr nur auf die Einspeisemengenmessung beschränken kann und daher aufwendiger wird. Neben Kennzahlen, wie jenen aus den deutschsprachigen Regelwerken [5, 9], kann auch der ILI herangezogen werden, um Zonen miteinander zu vergleichen.

In **Bild 5** ist der Vergleich von Wasserverlustkennzahlen für zwei Messzonen dargestellt. Als Kennzahlen wurden hier der ILI sowie die spezifischen realen Wasserverluste nach [5] berechnet. Man kann dabei zum einen den relativ konstanten Wasserverlust der Zone 09 und den ansteigenden Trend der Zone 08 erkennen. Somit lässt sich über den Kennzahlenvergleich eine Aussage treffen, welche Zonen vertieft analysiert werden sollen, um in weiterer Folge Handlungsschwerpunkte zu setzen.

5. Zusammenfassung

Um Wasserverluste der Höhe nach zu beschreiben, wird in Österreich und vielen anderen europäischen Ländern immer

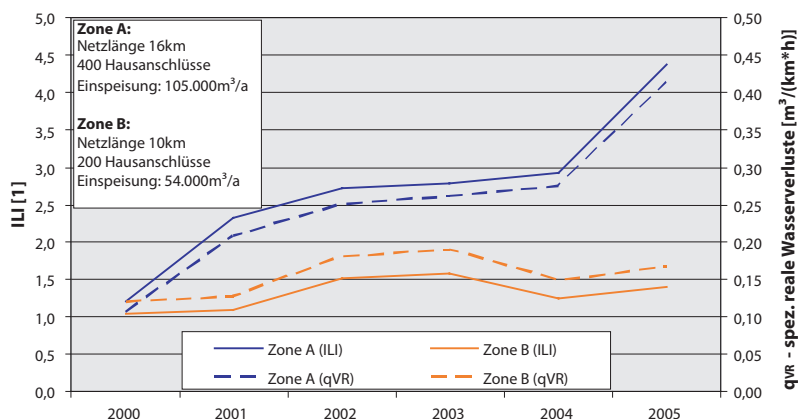


Bild 5. Vergleich von ILI mit spezifischem realen Wasserverlust q_{VR} zweier Messzonen [10].

noch der Wasserverlust in Prozent als Kennzahl verwendet. Ein Grund dafür, warum sich international gängige Kennzahlen wie der Infrastruktur Verlust Index ILI noch nicht durchgesetzt haben, ist die Beschränkung der Anwendbarkeit dieser Kennzahl. Vor allem die Mindestanzahl von Hausanschlüssen verhindert in der klein strukturierten österreichischen Wasserversorgung dessen Verbreitung.

In der Auswertung von 36 österreichischen Wasserversorgungsbetrieben unterschiedlichster Größenklassen hat sich gezeigt, dass die Einschränkung der Anwendbarkeit des ILI auf Wasserversorgungssysteme, mit mehr als 3000 Hausanschlüssen, aus Sicht der Autoren nicht notwendig ist. In wie weit der ILI auf für sehr kleine Versorgungssysteme einsetzbar ist, ist noch näher (anhand von größeren Datenmengen) zu untersuchen. Weiters haben die Autoren gezeigt, dass der ILI auch für den Vergleich von Messzonen untereinander einsetzbar ist, auch wenn die Größe der einzelnen Zonen kleiner als 3000 Hausanschlüssen ist.

Soll nun eine Kennzahl wie der ILI für ein gesamtes Netz berechnet werden, so bietet es sich an, diese Kennzahl aus

Tabelle 1. Berechnungsschema für den „Gesamt ILI-Zonen“.

Zonen	ILI (2004)	mittlerer Druck	HA [1]	mittlere HA-Länge	Zonenlänge TL+VL	realer Verlust	Aufteilungsberechnung	
Zone 1	2,9	3,3 [bar]	1062	15,0 [m]	36 771 [m]	66 629 [m ³]	12 % Länge TL-HL	0,35 ILI-%
Zone 2	8,7	3,7 [bar]	868	11,8 [m]	23 069 [m]	162 400 [m ³]	8 % Länge TL-HL	0,67 ILI-%
Zone 3	8,9	5,0 [bar]	1201	13,3 [m]	41 443 [m]	343 228 [m ³]	14 % Länge TL-HL	1,22 ILI-%
Zone 4	5,9	5,2 [bar]	1786	13,2 [m]	57 741 [m]	339 156 [m ³]	19 % Länge TL-HL	1,12 ILI-%
Zone 5	3,1	4,5 [bar]	850	15,2 [m]	27 371 [m]	76 879 [m ³]	9 % Länge TL-HL	0,28 ILI-%
Zone 6	6,3	5,6 [bar]	1131	16,8 [m]	42 070 [m]	273 816 [m ³]	14 % Länge TL-HL	0,88 ILI-%
Zone 7	1,0	5,5 [bar]	481	15,9 [m]	15 924 [m]	17 910 [m ³]	5 % Länge TL-HL	0,55 ILI-%
Zone 8	2,8	5,0 [bar]	394	15,4 [m]	16 056 [m]	38 640 [m ³]	5 % Länge TL-HL	0,15 ILI-%
Zone 9	1,2	6,7 [bar]	201	16,7 [m]	9 449 [m]	12 389 [m ³]	3 % Länge TL-HL	0,04 ILI-%
Zone 10	0,3	6,1 [bar]	22	13,6 [m]	1 908 [m]	363 [m ³]	1 % Länge TL-HL	0,00 ILI-%
Zone 11	0,8	3,0 [bar]	178	13,1 [m]	6 883 [m]	27 22 [m ³]	2 % Länge TL-HL	0,02 ILI-%
Zone 12	0,9	5,2 [bar]	192	15,4 [m]	7 252 [m]	6 312 [m ³]	2 % Länge TL-HL	0,02 ILI-%
Zone 13	0,7	9,0 [bar]	34	16,4 [m]	1 024 [m]	1 279 [m ³]	0 % Länge TL-HL	0,00 ILI-%
Zone 14–16	1,4	6,9 [bar]	173	17,7 [m]	13 704 [m]	16 229 [m ³]	5 % Länge TL-HL	0,06 ILI-%
Zone 17	0,4	5,0 [bar]	23	24,6 [m]	1 674 [m]	452 [m ³]	1 % Länge TL-HL	0,00 ILI-%
		5,3 [bar]	8596	15,6 [m]	302 342 [m]	1 358 403 [m ³]		4,9 ILI

den Kennzahlen der jeweiligen Mess- und Druckzonen zu berechnen.

Wenn der ILI auch für den täglichen Betrieb anwendbar ist, und nicht nur für den nationalen und internationalen Vergleich dient, dann wird auch die Akzeptanz dieser Kennzahl bei den Wasserversorgungsbetrieben steigen. Damit ist auch die Möglichkeit gegeben, von der weit verbreiteten aber ungenauen prozentuellen Wasserverlust-Kennzahl abzukommen.

Literatur

- [1] *Lambert, A. and Hirner, W.*: Losses from water supply systems: standard terminology and recommended performance measures. IWA blue pages. IWA Publishing, London, 2000.
- [2] *Lambert, A.*: What do we know about pressure-leakage relationships in distribution systems. Proceeding at IWA Conference "System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management". Brno, 2000, ISBN 80-7204-197-5.
- [3] *Liemberger, R. and McKenzie, R.*: Accuracy Limitations of the ILI – Is it an Appropriate Indicator for Developing Countries. Proceeding at IWA Conference "Leakage 2005". Halifax, 2005.
- [4] *Neunteufel, R., Theuretzbacher-Fritz, H., Koelbl, J., Perfler, R., Mayr, E. und Friedl, F.*: Benchmarking und Best Practices in der österreichischen Wasserversorgung – Stufe C –. Öffentlicher Abschlussbericht zum ÖVGW-Projekt 2007/08. Wien-Graz. Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach. Wien, in Druck.
- [5] *DVGW-Arbeitsblatt W 392*: Rohrnetzinspektion und Wasserverluste – Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen. Ausg. 3/2003. DVGW-Verlag, Bonn, 2003.
- [6] *Gangl, G., Kölbl, J., Haas, G., Hassler, E., Fuchs-Hanusch, D. and Kauch, P.*: Influence of Measurements Inaccuracies at a Storage Tank on Water Losses. Proceeding at IWA Specialist Conference on Water Loss. Bucharest, 2007.
- [7] *Gangl, G., Theuretzbacher-Fritz, H., Kölbl, J., Kainz, H. und Tieber, M.*: Erfahrungen mit der Wasserverlustberechnung im ÖVGW Benchmarking-Projekt. ÖVGW Symposium, Wien, 2006.
- [8] *ÖNORM B 2538*: Transport-, Versorgungs- und Anschlussleitungen von Wasserversorgungsanlagen – Ergänzende Bestimmungen zu ÖNORM EN 805. Ausg. 11/2002. ON Österreichisches Normungsinstitut, 2002.
- [9] *ÖVGW W 63*: Wasserverluste in Versorgungsnetzen, Anschlussleitungen und Verbrauchsleitungen. Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach. Wien, 1993.
- [10] *Gangl, G.*: Rehabilitationsplanung von Trinkwassernetzen. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Band 53. Verlag der Technischen Universität Graz, 2008, ISBN 978-3-85125-007-7.

Eingereicht: 18.08.2008
Korrektur: 02.02.2009
Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

Autoren

DI Dr. techn. **Gerald Gangl**,
E-Mail: g.gangl@rbs-wave.de |
RBS wave GmbH |
Lautenschlagerstraße 21 | D-70173 Stuttgart

DI **Jörg Kölbl**,
E-Mail: koelbl@sww.tugraz.at |
Technische Universität Graz |
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau |
Stremayrgasse 10/I | A-8010 Graz