

# Wasserverlust in Rohrnetzen:

## die Aufnahme des Infrastructure Leakage Index (ILI) als Kennzahl im DVGW-Arbeitsblatt W 392E

Die Wasserverlust-Kennzahl ILI beruht auf praxisorientierten Überlegungen und empirischen Erfahrungswerten. Im vorliegenden Artikel werden die Hintergründe des ILI skizziert und mit dem bisherigen DVGW-Arbeitsblatt W 392:2003 verglichen. Hierbei zeigt sich, dass die Aufnahme des ILI im aktuellen Gelbdruck des DVGW-Arbeitsblattes W 392 eine logische Weiterentwicklung des bisherigen DVGW-Regelwerkes zu Wasserverlustkennzahlen darstellt.

von: Torben Keck (SWM Infrastruktur GmbH), Christian Stürtz (enercity Netzgesellschaft mbH) & Erwin Kober (RBS wave GmbH)

Die Wasserversorgung in Deutschland ist erkennbar und messbar geprägt von einer hohen Sicherheit und Qualität [1]. Dieses Niveau basiert im Rahmen gesetzlicher Vorgaben auf den anerkannten Regeln der Technik aus technischer Selbstverwaltung. Eine effiziente Erfüllung ihrer Versorgungsaufgabe entlang der technischen Versorgungskette von Gewinnung bis zur Übergabe an den Kunden wird durch die an die jeweiligen lokalen Gegebenheiten angepassten Anlagen, Leitungen und Prozesse gesichert. Das hohe Sicherheits- und Qualitätsniveau ist u. a. auch Spiegelbild des technischen Anlagenzustandes. Technisch orientiertes Wasserverlustmanagement hat hierbei eine hohe Bedeutung in der deutschen Wasserwirtschaft.

### Anforderungen an Kennzahlen

Um der Versorgungsaufgabe nachzukommen, sind Kennzahlen ein wichtiges Instrument für die Ausrichtung und Steuerung unternehmerischer Tätigkeiten. Kennzahlen bilden einen Ausschnitt der Wirklichkeit ab und aggregieren in der Regel selbst mehrschichtige Sachverhalte numerisch in einem einzigen Zahlenwert. Unabhängig vom jeweiligen Verwendungszweck einer Kennzahl – wie beispielsweise Zustandsbeschreibung, Standortbestimmung, Erfolgskontrolle oder Leistungsvergleiche – besitzen Kennzahlen Grenzen ihres Anwendungsbereiches und ihrer Aussagekraft. Diese Grenzen sind für eine sachgerechte Anwendung zu be-

achten, um Fehlinterpretationen und in Folge auch Fehlentscheidungen zu vermeiden. Sofern Kennzahlen die für ihre Ausprägung wesentlichen Einflussgrößen nicht selbst berücksichtigen, sind entsprechende Kontextinformationen bei deren Anwendung (als Instrument zur Beschreibung, Steuerung und Beurteilung) mit zu betrachten [2].

### Wassermengenbilanz als Ausgangspunkt

Ausgangspunkt für technische Wasserverlustkennzahlen ist zunächst eine möglichst korrekte Wassermengenbilanz zur Ermittlung des sogenannten realen Wasserverlustes. Für die Erstellung einer solchen Wassermengenbilanz gibt es eine seit 2003 im DVGW-Arbeitsblatt W392:2003 [3] verankerte Systematik. Diese Systematik setzte die

damals von der IWA (International Water Association) entwickelten Vorschläge um [4]. Die einheitliche Bilanzierungssystematik hat sich in der Praxis bis heute bewährt und ist eine wesentliche Grundlage für die Ermittlung resultierender Verlustkennzahlen. Auch im aktuellen Gelbdruck zum DVGW-Arbeitsblatt W 392:2015E [5] wird diese Systematik beibehalten.

### Einflussfaktoren und Grenzen der Vereinfachung

Wasserverluste werden durch eine Vielzahl an Faktoren [5] beeinflusst, die sich auch wechselseitig bedingen können. Ihr Einfluss kann direkt oder indirekt auf die Höhe von Wasserverlusten wirken. Die Einflussfaktoren selbst sind beeinflussbar oder nicht beeinflussbar.

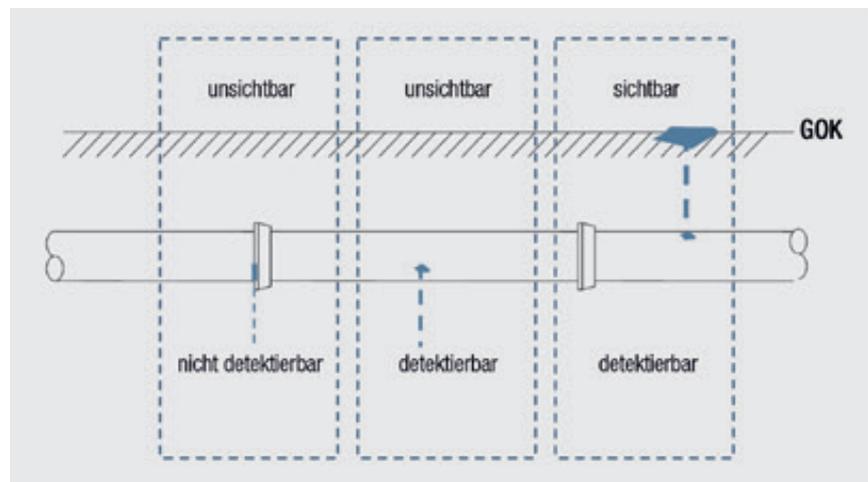


Abb. 1: Verlustkomponenten nach BABE-Konzept

Quelle: ergänzt nach [8] bei Anwendung akustischer Leckortungsverfahren

Der quantitative Einfluss eines einzelnen Faktors auf die Höhe von Wasserverlusten lässt sich nicht auf für alle Versorgungssituationen gleichermaßen gültige, einfache Ursache-Wirkungs-Beziehungen zurückführen. Vielmehr sind die spezifischen Randbedingungen mit zu betrachten, um das Wirkungsgeflecht der Einflussfaktoren zutreffend zu erfassen [6].

Dies gilt nicht zuletzt bei einer gezielten Analyse zur Ableitung von gleichermaßen effizienten wie effektiven verlustbeeinflussenden Maßnahmen. Auch bei Schlussfolgerungen aus der Höhe der Wasserverluste auf die Netzqualität oder auf die Güte von Betrieb und Instandhaltung ist dies zu berücksichtigen.

Ein technisches Regelwerk zu Wasserverlusten kann es in vertretbarem Umfang nicht leisten, eine solche Analyse zu ersetzen oder die in den vorherigen Abschnitten ebenfalls nur angedeutete Komplexität vollumfänglich zu berücksichtigen. Gleichwohl sollte es der Anspruch an ein solches Regelwerk sein, die als am wesentlichsten erachteten Aspekte zu berücksichtigen sowie Hinweise und Empfehlungen als Leitschnur zur Handlungsunterstützung für Versorgungsunternehmen zu geben. Im DVGW-Arbeitsblatt W392:2015E wird hierfür mit der Nennung und Emp-

fehlung von Kennzahlen für reale Wasserverluste eine Basis gelegt.

### Bestandteile der realen Wasserverluste – BABE-Konzept

Die Wasserverlustmenge einer einzelnen Leckstelle ergibt sich vereinfachend aus dem Produkt von Leckrate (z. B. in  $m^3/d$ ) und der Laufzeit des Wasseraustritts an der Leckstelle (z. B. in d). Summiert man gedanklich die aus sämtlichen Leckstellen austretenden Wassermengen innerhalb eines Bilanzierungszeitraumes (z. B. ein Jahr), ergeben diese die Summe der Wasserverluste.

In der Praxis können nach dem sogenannten BABE-Konzept (Bursts And Background Estimates, [7]) die Schäden mit Wasseraustritt unterteilt werden in schadhafte Stellen mit kleiner, nicht detektierbarer Leckrate (sog. Hintergrundverluste) und Schäden mit detektierbarer Leckrate (**Abb. 1**). Ein weiteres praxisrelevantes Unterscheidungsmerkmal für Schäden ist die Sichtbarkeit an der Oberfläche – durch Wasseraustritt an der Oberfläche – in Abhängigkeit von Bodenverhältnissen und Leckrate oder die Unsichtbarkeit. Die Laufzeit eines Schadens mit detektierbarer Leckrate erstreckt sich vom Beginn des Wasseraustritts über dessen Erkennen durch Überwachung und Detektion (oder

eine wesentlich früher möglichen Erkennung durch Sichtbarkeit an der Oberfläche) bis zum Verschließen der Leckstelle. Bei an der Oberfläche sichtbar austretenden Leckagemengen ist hierbei die Laufzeit deutlich geringer als bei Schäden mit unsichtbar versickernden Wassermengen.

Die Sichtbarkeit und Detektierbarkeit von Schäden mit Wasseraustritt bestimmen maßgeblich die aus einer Leckstelle austretende absolute Verlustmenge. Diese Aspekte und insbesondere die im BABE-Konzept enthaltenen drei Verlustanteile führt auch das bestehende DVGW-Arbeitsblatt W 392:2003 explizit aus.

Wenn es gelingt, die in **Abbildung 1** abgebildeten Verlustbeiträge konkret zu differenzieren und Netzkomponenten wie Versorgungsleitungen oder Hausanschlüssen zuzuordnen, kann dies die Effizienz und Effektivität von Wasserverlustmanagementmaßnahmen maßgeblich positiv beeinflussen.

### ILI – Infrastructure Leakage Index

Auch dem Infrastructure Leakage Index (ILI) liegen solche Zuordnungen und Differenzierungen nach dem BABE-Konzept zugrunde. Für die Parametrierung der Koeffizienten für die sogenannten unvermeidbaren realen



Wir bedanken uns  
bei allen Partnern für das  
erfolgreiche Jahr 2015.

[www.sewerin.com](http://www.sewerin.com)



**Tab. 1: Ursprüngliche Parameterwerte für den UARL zur ILI-Ermittlung auf Basis empirischer Erhebungen, mit Leckraten bei 50 mWs Betriebsdruck**

Infrastruktur Komponente	nicht sichtbar nicht detektierbar	sichtbar detektierbar	nicht sichtbar detektierbar
Verteilungsleitungen	20 l/km/h	0,124 Schäden/(km x a) (= 95 % aller Schäden) Leckrate 12 m <sup>3</sup> /h Laufzeit 3 Tage = 864 m <sup>3</sup> je Schaden	0,006 Schäden/(km x a) (= 5 % aller Schäden) Leckrate 6 m <sup>3</sup> /h Laufzeit 50 Tage = 7.200 m <sup>3</sup> je Schaden
Anschlussleitungen von Verteilungsleitung bis Grundstücksgrenze <sup>2)</sup> (falls Wasserzähler an Grundstücksgrenze)	1,25 l/Anschluss/h	2,25 Schäden je 1.000 AL x a (= 75 % aller Schäden) Leckrate 1,6 m <sup>3</sup> /h Laufzeit 8 Tage = 307 m <sup>3</sup> je Schaden	0,75 Schäden je 1.000 AL x a (= 25 % aller Schäden) Leckrate 1,6 m <sup>3</sup> /h Laufzeit 100 Tage = 3.840 m <sup>3</sup> je Schaden
Anschlussleitungen von Grundstücksgrenze bis zum Wasserzähler <sup>2)</sup> (falls Wasserzähler nicht an Grundstücksgrenze)	0,50 l/Anschluss/h <sup>1)</sup>	1,5 Schäden je 1.000 AL x a <sup>1)</sup> (= 75 % aller Schäden) Leckrate 1,6 m <sup>3</sup> /h Laufzeit 9 Tage = 346 m <sup>3</sup> /Schaden	0,5 Schäden je 1.000 AL x a <sup>1)</sup> (= 25 % aller Schäden) Leckrate 1,6 m <sup>3</sup> /h Laufzeit 101 Tage = 3.878 m <sup>3</sup> /Schaden

Quelle: erweitert nach [1]

<sup>1)</sup> Für 15 m durchschnittliche Länge

<sup>2)</sup> ursprüngliche Zweiteilung der Anschlussleitungen in Abhängigkeit von Position des Wasserzählers

Wasserverluste (UARL: Un-Avoidable Real Losses) in der ILI-Formel wurden um die Jahrtausendwende international und auch unter deutscher Beteiligung breit angelegte Untersuchungen durch die damalige IWA Water Loss Task Force bei mehr als 20 Netzen durchgeführt [9]. Ziel dieser empirischen Untersuchungen war eine Beantwortung des bei einem Netz in gutem Zustand bei guter Instandhaltungspraxis erreichbaren Niveaus von („unvermeidbaren“) Wasserverlusten. Diese empirischen Untersuchungen beinhalteten die Ermittlung von Leckraten, die Berücksichtigung von Schadensraten, die Messung von Hintergrundverlusten und die Aufteilung der Sichtbarkeit von Schäden in Abhängigkeit von Bodenverhältnissen sowie die Bestimmung von Laufzeiten in Abhängigkeit von Detektierbarkeit und Sichtbarkeit an der Oberfläche. Hieraus wurde durch die IWA Water Loss Task Force unter deutscher Beteiligung der in **Tabelle 1** aufgeführte Ansatz für Parameterwerte als Referenz für eine gute Praxis erarbeitet.

Fasst man nach **Tabelle 1** die resultierenden jährlichen Verlustmengen je Infrastrukturkomponente zusammen, ergibt sich unter direkter Berücksichtigung der gesamten Länge der Anschlussleitung von Versorgungsleitung bis zum Wasserzähler die folgende einfache Formel für den UARL [4, 10]:

$$\text{UARL} = (6,57 \times L_N + 0,256 \times n_{AL} + 9,13 \times L_{AL}) \times p \quad [\text{m}^3/\text{a}]^* \quad (1)$$

mit

$L_N$  = Rohrnetzlänge ohne Anschlussleitungen [km]

$n_{AL}$  = Zahl der Anschlussleitungen

$L_{AL}$  = Gesamtlänge der Anschlussleitungen [km]

$p$  = durchschnittlicher Betriebsdruck im Rohrnetz in mWs (1 mWs = 0,1 bar)

Der UARL, die sogenannten unvermeidbaren realen Verluste, kann als Referenzwert angesehen werden\*.

Der ILI ist nun nichts anderes als das Verhältnis der bilanzierten absoluten realen Verlustmenge  $Q_{VR} = \text{CARL}$  (Current Annual Real Losses) zum Referenzwert UARL [9].

$$\text{ILI} = \text{CARL}/\text{UARL} (= Q_{VR}/\text{UARL}) \quad (2)$$

Die in **Tabelle 1** getroffenen Annahmen wurden wiederholt auf ihre Gültigkeit überprüft, überwiegend durch Betrachtung der aus der Praxis resultierenden ILI-Werte. Ein Diskussi-

\* Von der UARL-Formel gibt es in Abhängigkeit von der verwendeten Einheit (z. B. l/HALEXd anstelle m<sup>3</sup>/a) sowie bei Beibehaltung der ursprünglichen Aufteilung der Länge der Anschlussleitungen nach **Tabelle 1** mehrere gleichwertige Varianten mit jeweils umgerechneten Koeffizienten.

onspunkt aus praktischen Erfahrungswerten war beispielsweise, dass die angesetzte Leckrate für detektierbare Hausanschlusschäden mit  $1,6 \text{ m}^3/\text{h}$  zu hoch wäre und durchschnittlich wesentlich niedrigere  $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$  anzusetzen wären. Andererseits sei die angesetzte Laufzeit von acht Tagen vermutlich zu knapp bemessen und es wären eher rund 20 Tage als zu erreichende durchschnittliche Laufzeit anzusetzen. Im Endergebnis resultiert im Produkt die gleiche absolute Verlustmenge als Beitrag einer Leckstelle zum UARL [12]. Bei diesbezüglichen Diskussionen lohnt ein erster Blick auf die einzelnen Anteile der UARL-Verlustmenge.

In **Abbildung 2** sind exemplarisch die summarischen Verlustanteile für die drei Verlustkomponenten nach dem BABE-Konzept im Verhältnis zueinander dargestellt. Den größten Anteil am UARL haben die Hintergrundverluste, der Einfluss der Ansätze für Schadensraten, Laufzeiten und Leckraten auf die Höhe des UARL ist hingegen deutlich geringer ausgeprägt.

Der im DVGW-Arbeitsblatt W 392:2013E seinerzeit mit aufgeführten sogenannten „Spezialform“ des UARL für gering durchlässige Böden liegt zugrunde, dass der Anteil der detektierbaren sichtbaren Schäden – bei sonst unveränderten Annahmen nach **Tabelle 1** – mit 100 Prozent angenommen wird [9]. Entsprechend entfällt hier die Verlustkomponente für detektierbare unsichtbare Schäden, während sich die Höhe der Verlustkomponente für die sichtbaren Schäden aufgrund der geringen Laufzeit und absoluten Menge etwas erhöht.

Würde man im Rahmen dieser Betrachtungen nun umgekehrt für sehr durchlässige Böden einen mit beispielsweise 20 Prozent deutlich geringeren Anteil sichtbarer Schäden ansetzen, so ergäbe sich bei sonst ebenfalls unveränderten Annahmen nach **Tabelle 1** ein hoher absoluter als auch relativer Verlustbeitrag durch detektierbare, aber unsichtbare Schäden.

## Regelwerksentwicklung und ILI

Anhand der nachfolgenden weiteren Betrachtung der UARL-Formel ist erkennbar, dass die dem ILI zugrunde liegenden Zusammenhänge im bisherigen Regelwerk explizit oder implizit berücksichtigt oder zumindest genannt sind. Die Aufnahme des ILI fügt sich entsprechend in die bisherige Regelwerksentwicklung ein.

### Versorgungsleitungen

Wird zunächst nur der erste Term  $L_N$  für sich betrachtet, steigt mit zunehmender Netzlänge auch der berechnete Teilwert für den UARL. Netzlängenunabhängig resultiert hieraus umgekehrt stets der gleiche spezifische reale Wasserverlust  $q_{VR}$ . Dies entspricht dem Gedanken des bisherigen DVGW-Arbeitsblattes W 392 aus 2003: Für eine Vergleichbarkeit einer Verlustkennzahl spielt die Netzlänge

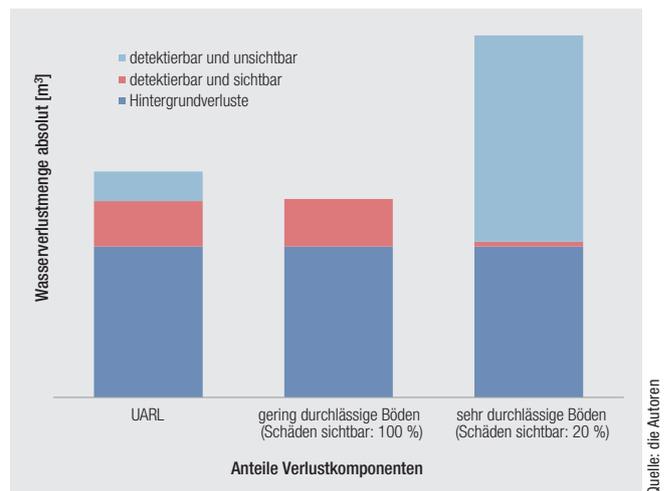


Abb. 2: Exemplarisches Verhältnis von Verlustkomponenten bei identischem Netzzustand in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen

eine wesentliche Rolle. Übertragen bedeutet dies, dass der Term  $6,57 \times L_N$  gedanklich der rein versorgungsnetzlangenbezogenen Kennzahl  $q_{VR}$  entspricht.

### Hausanschlüsse

Die technische Infrastrukturkomponente „Hausanschlüsse“ wird in DVGW-Arbeitsblatt W 392:2003 als Einflussfaktor auf die Höhe der realen Wasserverluste genannt. Es

## Mit dem Winter kommen die Leckagen! Wasserleckstellen schnell finden

### Phocus<sup>3</sup> - Intelligente Geräuschlogger

- nur 40 mm Ø, passt in jede Kappe
- das Geräusch mit dem Smart Recorder vor Ort abhören
- Kommunikation per Infrarot oder Funk
- GPS-Positionsdaten werden erfasst und in der Karte angezeigt
- PC-Software zur Datenverwaltung

### Enigma<sup>TM</sup> - Korrelierende Geräuschlogger!

- Leckstellen punktgenau orten
- nachts die Geräusche im Rohrnetz aufnehmen
- digitalisiert speichern, anhören und korrelieren.

**Esders GmbH**  
 Hammer-Tannen-Str. 26-28 • 49740 Haselünne  
 Telefon: 0 59 61/95 65 0 • Fax: 0 59 61/95 65 15

[info@esders.de](mailto:info@esders.de) • [www.esders.de](http://www.esders.de)

Einflussfaktor	Kennzahl		
	Wasserverlust in % der Netzeinspeisung	spezifischer realer Wasserverlust $q_{VR}$	Infrastructure Leakage Index ILI
Versorgungsleitungen (Länge)	-	+	+
Anschlussleitungen (Länge, Anzahl)	-	-	+
Betriebsdruck	-	-	+

+	berücksichtigt
-	nicht berücksichtigt

Quelle: die Autoren

Abb. 3: Verlustkennzahlen und Einflussfaktoren

wird darauf hingewiesen, dass mit steigender Hausanschlussdichte die Verluste ansteigen. Des Weiteren sei nach den DVGW-Schadensstatistiken bei Abschätzung einer längenbezogenen mittleren Schadensrate die Schadensrate bei Hausanschlüssen „wesentlich höher“ als in den Leitungen des Versorgungsnetzes. Internationale Untersuchungen bestätigen, dass Hausanschlüsse in der Regel einen erheblichen Anteil zur Wasserverlustmenge beitragen [4, 9].

In der UARL-Formel (1) werden nun sowohl die Länge als auch die Anzahl der Hausanschlüsse angesetzt. Die nachfolgende Umstellung [13] der UARL-Formel macht zugleich sichtbar, dass in der UARL-Formel der in DVGW-Arbeitsblatt W 392:2003 genannte Aspekt direkt berücksichtigt ist – die Verlustmenge steigt mit ansteigender Hausanschlussdichte HAD (=  $n_{AL}/L_N$ ) ebenfalls an. Für die Einheit des UARL wird hierbei eine netzlängenbezogene Einheit gewählt, sodass die Netzlänge als eigener Faktor herausfällt.

$$UARL = (6,57 + a \times HAD) \times p \text{ [m}^3\text{/(Jahr} \times \text{km Versorgungsnetz)]} \quad (3)$$

Der neben der Hausanschlussdichte noch verbleibende Koeffizient a hängt nur noch von der mittleren Länge der Hausanschlüsse ab:  $a = 0,256 + 9,13 \times L_{AL}/n_{AL}$  mit  $L_{AL}/n_{AL}$  = mittlere Länge eines Hausanschlusses [km] von der Versorgungsleitung bis zum Wasserzähler. Für eine mittlere Hausanschlusslänge von 10 m bzw. 0,01 km beträgt der Koeffizient  $a=0,35$  und bei 50 Prozent längeren (d. h. 15 m) ist  $a=0,39$ .

Anschaulicher in der vertrauten Einheit des  $q_{VR}$  ergibt sich entsprechend mit  $6,57/8760 \text{ h}=0,00075$  je mWs:

$$UARL = (0,00075 + a \times HAD) \times p \text{ [m}^3\text{/(h} \times \text{km Versorgungsnetz)]} \quad (4)$$

bzw. für das Beispiel von 10 m mittlerer Länge HAL

$$UARL = (0,00075 + 0,000040 \times HAD) \times p \text{ [m}^3\text{/(h} \times \text{km Versorgungsnetz)]} \quad (5)$$

Während Hausanschlüsse in der UARL-Formel und somit der Kennzahl ILI explizit berücksichtigt sind, finden sie bei der Kennzahl  $q_{VR}$  keinerlei Beachtung. In DVGW-Arbeitsblatt W 392:2003 finden Hausanschlüsse gleichwohl indirekt bei den dreigeteilten Bewertungsmaßstäben für den  $q_{VR}$  – von dörflich nach städtisch größtmäßig ansteigend – eine gewisse Mitberücksichtigung. Die diesbezügliche Einordnung eines Unternehmens erfolgt anhand steigender spezifischer Netzeinspeisung, welche nach DVGW-Arbeitsblatt W 392:2003 u. a. in der Regel mit steigender Anschlussdichte korreliert. Auf die Nachteile einer verbrauchsabhängigen Zuordnung zu den dreigestuften Bewertungsmaßstäben für den  $q_{VR}$  gehen [14, 15] ein. Im UARL und somit dem ILI wird nun die Anschlussdichte als technische Netzkomponente direkt sowie stufenlos und unbeeinflusst von sinkender oder steigender Wasserabgabe in der Verlustkennzahl berücksichtigt.

**Betriebsdruck**

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen ILI und  $q_{VR}$  besteht in der Berücksichtigung des Betriebsdruckes bei der Ermittlung des ILI. In DVGW-

Arbeitsblatt W 392:2003 wird darauf hingewiesen, dass die Praxis zeige, dass mit steigendem Druck die ausströmende Wassermenge ebenfalls nahezu linear ansteige. Dieser Zusammenhang findet sich nun explizit in der UARL-Formel wieder.

So entspricht bei gleicher Netzqualität der versorgungsnetzlängenbezogene UARL-Verlustanteil  $6,57 \times LN$  bei einem durchschnittlichen Betriebsdruck von 40 mWs einem  $q_{VR}$  von  $0,03 \text{ m}^3\text{/(h} \times \text{km)}$  und bei 60 mWs einem  $q_{VR}$  von rund  $0,045 \text{ m}^3\text{/(h} \times \text{km)}$ .

Bei Schlussfolgerungen über die Qualität eines Netzes und Ableitung von Instandhaltungsmaßnahmen zur Veränderung der Netzqualität sollte die Druckabhängigkeit der Wasserverlustmenge – und damit auch der resultierenden Verlustkennzahl – nicht unberücksichtigt bleiben.

Bei rein linearer Veränderung der Leckrate mit dem Druck wäre die Verhältniszahl ILI druckinsensitiv, da sich CARL und UARL proportional verändern. In der Praxis bestehen jedoch in Abhängigkeit von den in einem Netz vorherrschenden Materialien nichtlineare Abhängigkeiten. Dieser Aspekt ist bei einem unternehmensinternen Monitoring des Erfolges von Wasserverlustmanagementmaßnahmen anhand des ILI dann zu beachten, wenn erhebliche Änderungen des durchschnittlichen Betriebsdruckes vorgenommen werden. Für weitere Differenzierungen der in der Praxis feststellbaren Druckabhängigkeiten der Leckraten einzelner Verlustkomponenten gibt [16] entsprechende Hinweise.

## Anwendungsmöglichkeiten der Verlustkennzahlen

Die Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen von Verlustkennzahlen hängen stark von den berücksichtigten Einflussfaktoren ab.

Das DVGW-Arbeitsblatt W 392:2003 weist wie bereits das DVGW-Arbeitsblatt W 391:1986 darauf hin, dass die prozentuale Angabe von Verlusten aufgrund der fehlenden Berücksichtigung jeglicher Netz- oder Betriebskomponenten (**Abb. 3**) sowie der Abhängigkeit von der Höhe des Wasserverbrauchs als technische Kennzahl ungeeignet ist. Dies gilt gleichermaßen für die Zwecke eines unternehmensinternen Monitorings von Erfolgen eines Wasserverlustmanagements, für die Standortbestimmung als auch für Vergleiche zwischen Unternehmen oder Ländern.

Die Kennzahl  $q_{VR}$  ist aufgrund der Bezugsgröße Versorgungsnetzlänge für ein unternehmensinternes Monitoring gut geeignet, infolge der fehlenden Berücksichtigung des Betriebsdruckes und der Hausanschlussdichte für Standortbestimmungen und Unternehmensvergleiche jedoch nur eingeschränkt aussagekräftig.

Aufgrund der umfänglichen Berücksichtigung der Versorgungsinfrastruktur und des Betriebsdruckes ist die Kennzahl ILI wesentlich besser für Standortbestimmungen sowie Vergleiche zwischen verschiedenen Unternehmen oder auch Ländern geeignet. Bei der Anwendung des ILI im unternehmensinternen Monitoring der Auswirkungen von Maßnahmen im Wasserverlustmanagement ist zu beachten, ob erhebliche Änderungen des durchschnittlichen Betriebsdruckes, z. B. durch aktives Druckmanagement, vorgenommen werden.

Es sei jedoch nochmals explizit darauf hingewiesen, dass sowohl bei internen Bewertungen als auch bei Vergleichen zwischen Unternehmen oder Ländern über die einzelne Kennzahl hinausgehende Kontextinformationen stets mit zu betrachten sind.

## Aufnahme des ILI in das DVGW-Arbeitsblatt W 392:2015E

In den aktuellen Gelbdruck von DVGW-Arbeitsblatt W 392:2015E sind sowohl die Einsprüche zum vorhergehenden Gelbdruck W 392:2013E als auch weitere Erfahrungen und Hinweise eingegangen. Folgende Änderungen sollen an dieser Stelle hervorgehoben werden:

- Die Ermittlung der Verlustkennzahl ILI wurde vereinfacht: Die Koeffizienten der UARL-Formel (1) wurden für die Einheit  $m^3/a$  umgerechnet, sodass  $Q_{VR}=CARL$  ist.
- Des Weiteren kann in die UARL-Formel nun einfach die Gesamtlänge der Hausanschlusssleitungen ohne Aufteilung an der Grundstücksgrenze eingesetzt werden.
- Der Zahlenwert des ILI ist nun uneingeschränkt international vergleichbar. Aufgehoben wurde das für DVGW-Arbeitsblatt W 392:2013E aus verfügbaren empirischen Daten abgeleitete Verhältnis zwischen ILI und  $q_{VR}$ . Dieses stieß in der umfänglicheren Anwendung an seine Grenzen, da die im ILI mit berücksichtigten Faktoren Hausanschlüsse und Betriebsdruck keine Entsprechung im  $q_{VR}$  finden.
- Die in DVGW-Arbeitsblatt W 392:2013E sogenannte „Spezialform“ einer zweiten ILI-Kennzahl für gering durchlässige Böden (siehe Erläuterungen zu **Abb. 2**) wurde nicht



Die Dezemberausgabe der bbr (12-2015) enthält als „Jahresmagazin“ zahlreiche Fachbeiträge, u. a. zu folgenden Themen:

### Themen im Heft:

Elbedüker Hetlingen – ein strategischer Knotenpunkt für die Erdgasversorgung Nordwesteuropas

Spezialtiefbau für Schleusenprojekt der Wasserstraßenverbindung Ruhrgebiet-Berlin

Neubau einer Grundwasserpolderanlage mit Horizontal- und Vertikalfilterbrunnen in Oberhausen

Kostenloses Probeheft unter [info@wvgw.de](mailto:info@wvgw.de)

mehr in den aktuellen Gelbdruck übernommen, um die Vergleichbarkeit erhobener ILI-Werte nicht zusätzlich zu erschweren.

### Grenzen der Aussagekraft von Verlustkennzahlen

Unschärfen des bilanzierten realen Wasserverlustes, der als Basis für die Ermittlung einer Verlustkennzahl dient, lassen sich wegen des grundsätzlich vorhandenen Unsicherheitsbereiches von Messungen und etwaigen Abschätzungen nicht gemessenen Verbrauches methodisch niemals vermeiden. Dies sollte bei der Einordnung der Kennzahl und bei der Ableitung von Maßnahmen mitbedacht werden. Weiterführende Hinweise zur Durchführung von Fehlerbetrachtungen zur Abschätzung des Konfidenzintervalls des bilanzierten Verlustwertes finden sich beispielsweise in [17, 18].

Insbesondere die Größe, Struktur und Topologie der technischen Infrastruktur, deren Zustand, deren Betriebsweise, Überwachungsmöglichkeiten, Umfang und Güte von Instandhaltungsmaßnahmen und natürliche Umfeld-Bedingungen haben Einfluss auf die Höhe von Wasserverlusten. Verlustkennzahlen können natürlich nur einen Teil dieser Faktoren explizit oder implizit berücksichtigen [19]. Dies ist zu vergewärtigen, wenn anhand von Verlustkennzahlen direkte Schlussfolgerungen ohne umfassende Kontextbetrachtung getroffen werden. Aus fehlender Kontextbetrachtung können erhebliche Fehleinschätzungen resultieren. ■

#### Literatur

- [1] ATT, BDEW, DBVW, DVGW, DWA, VKU: Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2015. vvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft mbH, 2015.
- [2] Weiß, M., Niehues, B., Petry, D. und Merkel, W.: Die Bedeutung struktureller Rahmenbedingungen für die Wasserversorgung: Grundlagen für Analyse, Bewertung und Vergleich. DVGW energie | wasser-praxis 03/2010.
- [3] DVGW-Arbeitsblatt W 392: Rohrnetzinspektion und Wasserverluste – Maßnahmen, Verfahren und Bewertung. DVGW e. V., 05/2003.
- [4] Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M. and Parena, R.: Performance Indicators for Water Supply Services. IWA Manual of Best Practice, 2000.
- [5] DVGW-Arbeitsblatt W 392E (Gelbdruck) Wasserverlust in Rohrnetzen: Ermittlung, Wasserbilanz, Kennzahlen, Überwachung. DVGW e. V., 08/2015.
- [6] Heydenreich, M., Hoch, W.: Praxis der Wasserverlustreduzierung. DVGW-Fachbuchreihe Praxis, DVGW e. V. (Hrsg.), vvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft, 1. Auflage, 06/2008.
- [7] Lambert, A.: Accounting for losses: The bursts and background concept. Water and Environmental Management: Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management, 8/1994.
- [8] Klingel, P., Knobloch, A.: Unterlagen zum Kurs Analyse & Planung von Wasserverteilungsnetzen – 06 Wasserverluste, Karlsruhe Institute of Technology, <http://iwk.iwg.kit.edu>, zuletzt abgerufen am 06.05.2010.
- [9] Lambert, A., Brown, T. G., Takizawa, M. & D. Weimer: A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems. AQUA, Vol. 48 No 6., 1999.
- [10] European Commission: Reference document Good Practices on Leakage Management, WFD CIS WG PoM, Brussels, 01/2015.
- [11] Kainz, H. (Hrsg.): Wasserverluste in Trinkwassernetzen, ÖVGW – TU Graz Symposium Graz, 08.-09. Juli 2009, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft TU Graz.
- [12] Lambert, A., Charalambous, B., Fantozzi, M., Kovacs, J., Rizzo, A., Galea St John.S.: 14 Years' Experience of using IWA Best Practice Water Balance and Water Loss Performance Indicators in Europe. Vienna, Austria, 1st April 2014 IWA Water Loss 2014.
- [13] Persönliche Mitteilung Lambert, A. O., Koelbl, J., IWA Water Loss Conference 2014, 04/2014, Wien, Österreich.
- [14] Fantozzi, M., Lambert, A.O., Liemberger, R.: Some Examples of European Water Loss Targets and the Law of Unintended Consequences, Paper to conference IWA WATER LOSS 2010, San Paolo (Brasil), 06/2010.
- [15] Tennhardt, L.: Realistische Bilanzierung von Wasserverlusten und die Anwendbarkeit von Wasserverlustkennzahlen, DVGW energie | wasser-praxis 10/2012.
- [16] Lambert, A., Fantozzi, M., Thornton, J.: Practical approaches to modeling leakage and pressure management in distribution systems – progress since 2005. 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry CCWI 2013, Perugia, Italy, 2013.
- [17] Knobloch A.: Automatisierte Wassermengenanalyse in der Trinkwasserversorgung. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, 07/2014.
- [18] Liemberger & Partners: WB-EasyCalc The Free Water Balance Software, Version 4.09, 2015, <http://www.liemberger.cc/WB-EasyCalc.xlsx>, zuletzt abgerufen am 03.07.2015.
- [19] Koelbl, J.: Process Benchmarking in Water Supply Sector: Management of Physical Water Losses. PhD-thesis, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, 56, Graz University of Technology, Austria 2009.

#### Die Autoren

**Dipl.-Ing. Torben Keck** ist Leiter des Bereiches Technisch-wirtschaftliche Steuerung bei der SWM Infrastruktur GmbH.

**Dipl.-Ing. Christian Stürtz** ist Leiter des Bereiches Zentrale Betriebsführung bei der enercity Netzgesellschaft mbH.

**Dipl.-Ing. Erwin Kober** ist Geschäftsführer der RBS wave GmbH.

#### Kontakt:

Torben Keck  
SWM Infrastruktur GmbH  
Emmy-Noether-Str. 2, 80992 München  
Tel.: 089 2361-3762  
E-Mail: [keck.torben@swm-infrastruktur.de](mailto:keck.torben@swm-infrastruktur.de)  
Internet: [www.swm-infrastruktur.de](http://www.swm-infrastruktur.de)

Christian Stürtz  
enercity Netzgesellschaft mbH  
Auf der Papenburg 18, 30459 Hannover  
Tel.: 0511 430-4326  
E-Mail: [christian.stuertz@enercity-netz.de](mailto:christian.stuertz@enercity-netz.de)  
Internet: [www.enercity-netz.de](http://www.enercity-netz.de)

Erwin Kober  
RBS wave GmbH  
Kriegsbergstr. 32, 70174 Stuttgart  
Tel.: 0711 18571-500  
E-Mail: [e.kober@rbs-wave.de](mailto:e.kober@rbs-wave.de)  
Internet: [www.rbs-wave.de](http://www.rbs-wave.de)