

Untersuchungen zur Anwendung des Infrastructure Leakage Index (ILI) in Deutschland – Berechnungsmethodik / Analysen / Handlungsempfehlungen

Kurzfassung

Martin Offermann, Brezhnev Rafael Sosa Solano, Maxim Juschak
IWW Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH, Mülheim a.d.R.
Marius Kobert
RBS wave GmbH, Stuttgart

Herausgeber

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.

Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1-3

53123 Bonn

T +49 228 91885

F +49 228 9188990

info@dvwg.de

www.dvgw.de

Untersuchungen zur Anwendung des Infrastructure Leakage Index (ILI) in Deutschland – Berechnungsmethodik / Analysen / Handlungsempfehlungen

Kurzfassung

Juni 2024

DVGW-Förderkennzeichen W 202310

1 Einleitung

1.1 Projektanlass

Wasserverluste im Trinkwassernetz sind ein wichtiger Indikator für den technischen Leitungszustand. Steigende Schadens- und Wasserverlustraten können auf eine zunehmende Zustandsverschlechterung der Leitungen hindeuten. Zudem sind die Wasserverluste selbst sowie Maßnahmen zur Reduzierung (Druckmanagement, aktive Leckkontrolle, Reparatur, Rehabilitation) teils mit hohen Kosten verbunden. Die genaue Bestimmung der Wasserverluste als eine Steuerungskennzahl im Asset-Management kommt somit eine hohe Bedeutung zu.

Die Neufassung der EU-Trinkwasserrichtlinie [1] ist im Januar 2021 in Kraft getreten und zeigt die steigende Bedeutung des Themas „Wasserverluste“. Zur Verbesserung der Effizienz der Wasserinfrastruktur und zur Schonung von Trinkwasserressourcen sollen Mitgliedsstaaten die Höhe der Wasserverluste bewerten und evtl. Maßnahmen zur Senkung einleiten. Die Bewertung soll mithilfe des Infrastruktur-Wasserverlustindex (Infrastructure Leakage Index - *ILI*) oder einer anderen geeigneten Methode durchgeführt werden. Die Transparenz über die Wasserverluste wurde auch im Rahmen der Neufassung der deutschen Trinkwasserverordnung im Juni 2023 [2] für Versorger einer entsprechenden Größe in § 46 (2) berücksichtigt. In Anbetracht der gesetzlichen Neuerungen wird der Fokus auf das Wasserverlustmanagement in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Wasserversorger sind gefordert, eine entsprechende Datengrundlage zu bilden, um in Bezug auf ihre Wasserverluste aussagefähig zu sein.

Der in der Trinkwasserrichtlinie aufgeführte *Infrastructure Leakage Index* ist eine international gebräuchliche Wasserverlustkennzahl. Sie wurde 1999 insb. für den Vergleich der Wasserverluste zwischen Versorgungssystemen mit verschiedenen Charakteristiken entwickelt und ist seit 2017 im Rahmen des DVGW-Arbeitsblattes W 392 [3] Teil des Technischen Regelwerks. Die Kennzahl setzt die realen, jährlichen Wasserverluste dabei ins Verhältnis zu sog. unvermeidbaren Wasserverlusten. Wohingegen die realen Wasserverluste über die Wasserbilanz berechnet bzw. abgegrenzt werden, leiten sich die unvermeidbaren Wasserverluste aus internationalen Studien ab und beschreiben „Best Practice“ im Wasserverlustmanagement.

Trotz der scheinbaren Einfachheit des *ILI* gibt es in der Praxis Herausforderungen hinsichtlich der Ermittlung sowie Qualität der Eingangsdaten und Verunsicherung bei der Einordnung der Ergebnisse. Letzteres ist darauf zurückzuführen, dass gemäß Erfahrungen von IWW, anderen Instituten und Wasserversorgungsunternehmen *ILI*-Werte < 1 häufiger auftreten. Dies würde in der Logik des Index bedeuten, dass die Wasserverluste des Unternehmens unterhalb der Grenze der „Unvermeidbarkeit“ lägen. Man könnte schlussfolgern, dass der Instandhaltungsaufwand der Unternehmen tendenziell zu hoch ist. Jedoch korreliert diese Aussage häufig nicht mit weiteren Erkenntnissen über den Zustand des Wasserverteilungssystems, wie beispielsweise Schadensraten. Außerdem stellen viele *ILI*-Werte < 1 die Kennzahl selbst infrage.

Die Umstände und Ursachen für *ILI*-Werte < 1 und daraus resultierende Missinterpretationen des Rohrnetzstatus wurden noch nicht wissenschaftlich abschließend untersucht. Es gilt also, die Anwendung und Stellung des *ILI* im Gesamtkontext von Rohrnetzbetrieb und -instandhaltung aufzuklären und zu erleichtern. Auch sollen der DVGW und seine Mitglieder in die Lage versetzt werden, faktenbasiert besser sprechfähig zu sein. Die aktuelle Diskussion in Europa bzw. EurEau zur diesbezüglichen Umsetzung der EU-Trinkwasserrichtlinie erhöht die zeitliche Dringlichkeit dieser Grundlagenforschung.

1.2 Projektziele

Die oben skizzierten Erkenntnisse haben u.a. die Fragestellungen aufgeworfen:

- ob ausreichende Transparenz und Kenntnis zur Berechnung des *ILI* vorliegt,
- wie fehleranfällig die einzelnen Eingangsgrößen zur Berechnung sind,
- wie valide die Berechnungen der Wasserversorger sind und
- ob und inwiefern die aktuelle Formel für die Berechnung des *ILI* und die sich daraus ergebene Einstufung der *ILI*-Werte für deutsche Wasserversorger zutreffend ist oder ob sie modifiziert werden muss.

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wurden folgende Projektziele definiert:

- die **Transparenz** der Historie und Berechnung des *ILI* **erhöhen**
- die **Grundannahmen** des *ILI* mit typischen Werten deutscher Versorger **abgleichen**
- die **Sensitivität** der einzelnen Eingangsgrößen / Einflussfaktoren **prüfen**
- **Hilfestellung** bei der Berechnung der verschiedenen Eingangsgrößen **geben**
- **Handlungsempfehlungen** zur Einordnung und Handhabung des *ILI* in Deutschland **geben**

2 Ergebnisse

2.1 Infrastructure Leakage Index

Im Jahr 1999 wurde die Wasserverlustkennzahl Infrastructure Leakage Index entwickelt [4]. Aus mathematischer Sicht ist der *ILI* das Verhältnis zwischen den jährlichen realen Wasserverlusten (*CARL*; von engl. *Current Annual Real Losses*) und den jährlichen unvermeidbaren realen Wasserverlusten (*UARL*; von engl. *Unavoidable Annual Real Losses*):

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

Dabei ist *CARL* gleich Q_{VR} . Ein niedriger *ILI*-Wert ($CARL \approx UARL$) zeigt gemäß der Logik der Kennzahl folglich an, dass das Wasserverteilungssystem in einem guten Zustand ist, da die realen Verluste annähernd den unvermeidbaren entsprechen. Bei einem *ILI*-Wert von eins entsprechen die realen Wasserverluste den sog. unvermeidbaren Wasserverlusten. Mathematisch gesehen (und auch in der Praxis beobachtet) kann der *ILI* auch Werte kleiner eins annehmen.

Es handelt sich beim *ILI* um einen komponentenbasierten Ansatz, der bei der Bestimmung der *UARL* verschiedene Infrastrukturkomponenten (Haupt-, Versorgungs- und Anschlussleitungen) und Wasserverlustarten (sichtbare, detektierbare, Hintergrundverluste) berücksichtigt, was die Kennzahl anderen voraussetzt. Es gehen zudem vergleichsweise viele Netzstrukturparameter (Rohrnetzlänge ohne Anschlussleitungen, Länge und Anzahl der Anschlussleitungen), wie auch der mittlere Betriebsdruck als Betriebsparameter in die Berechnung ein.

Im Rahmen der empirischen Studie zur Bildung der *UARL*-Gleichung wurden Annahmen bzgl. Schadensraten, Laufzeiten und Leckraten für die verschiedenen Infrastrukturkomponenten und Wasserverlustarten getroffen. Sie gehen in Form von Koeffizienten in die Gleichung ein, Dabei kamen die Daten zu Haupt- und Versorgungsleitungen größtenteils aus Deutschland, zu Anschlussleitungen größtenteils aus Großbritannien und zu Hintergrundverlusten vor allem aus England und Wales.

Bei der Entwicklung der ursprünglichen *UARL*-Gleichung hat noch eine Differenzierung zwischen der Länge der Anschlussleitung bis zur und ab der Grundstücksgrenze stattgefunden. Diese *UARL*-Gleichung wurde zur Berücksichtigung der Gesamtlänge der Anschlussleitungen weiterentwickelt und wird auch in DVGW-Arbeitsblatt W 392 [3] verwendet. Sie lautet:

$$UARL \left[\frac{m^3}{a} \right] = \left(6,57 \left[\frac{m^3}{km * a} \right] * L_N [km] + 0,256 \left[\frac{m^3}{a} \right] * n_{AL} [-] + 9,125 \left[\frac{m^3}{km * a} \right] * L_{AL} [km] \right) * p [mWS] \quad (2)$$

Wobei:

L_N	=	Rohrnetzlänge ohne Anschlussleitungen
n_{AL}	=	Zahl der Anschlussleitungen
L_{AL}	=	Gesamtlänge der Anschlussleitungen
p	=	mittlerer Betriebsdruck im Rohrnetz

2.2 Plausibilisierung der *UARL*-Annahmen

Der *UARL* wird aus den Schadensraten, Laufzeiten und Leckraten bei einem bestimmten Druck berechnet. Es stellt sich die Frage, inwieweit die dem *UARL* zugrundeliegenden Werte aus den 1990er Jahren für heutige, deutsche Wasserverteilungssysteme nach wie vor anwendbar sind. Hierfür wurden für Schadensraten, Laufzeiten und Leckraten Vergleichsdaten deutscher Wasserversorgungsunternehmen (WVU) zusammengetragen und mit den *UARL*-Eingangsdaten verglichen.

In Tabelle 1 werden die Grenzen niedriger Schadensraten gem. DVGW-Arbeitsblatt W 402-B1 [5] den Ursprungsannahmen des *UARL* sowie den Mittelwerten aus der GaWaS-Erhebung 2016 / 2017 [6] für verschiedene Infrastrukturkomponenten gegenübergestellt. Dies ist ein Indiz dafür, dass die tatsächlichen Schadensraten in Deutschland unter den für die *UARL*-Gleichung verwendeten Werten liegen. Für Laufzeiten und Leckraten kann aufgrund mangelnder Datenlage keine allgemeine Aussage getroffen werden. Die Beispieldaten zweier deutscher WVU lassen jedoch keinen Widerspruch zu den *UARL*-Annahmen hinsichtlich Laufzeiten und Leckraten erkennen.

Tabelle 1: Vergleich von Schadensraten (Quellen: [7], [8] und [6])

Leitungsart	W 400-3-B1 (exkl. Armaturenschäden)	<i>UARL</i> ₁₉₉₉ (inkl. Armaturenschäden)	GaWaS 2016/2017 (exkl. Armaturenschäden)
Haupt- und Versorgungsleitungen	Grenzwert niedrig: < 0,1 S/(km*a)	Summe reported + unreported: 0,13 S/(km*a)	Mittelwert: 0,078 S/(km*a)
Anschlussleitungen (gesamt)	Grenzwert niedrig: < 5 S/(1.000 Stk.*a)	Summe reported + unreported: 5,0 S/(1.000 Stk.*a)	Mittelwert: 2,7 S/(1.000 Stk.*a)
- Anschlussleitungen bis Grundstücksgrenze	Nicht separat erfasst	Summe reported + unreported: 3,0 S/(1.000 Stk.*a)	Nicht separat erfasst
- Anschlussleitungen ab Grundstücksgrenze	Nicht separat erfasst	Summe reported + unreported: 2,0 S/(1.000 Stk.*a)	Nicht separat erfasst
Absperrarmaturen und Hydranten	Grenzwert niedrig: < 25 S/(1.000 Stk.*a)	Werden bei den Leitungen mit berücksichtigt	Nicht ausgewertet (Erhebungsfehler)

2.3 Sensitivität der *UARL*-Eingangsgrößen

Die oben genannten Grundannahmen der *UARL*-Gleichung wurden auf ihre Sensitivität hin geprüft. Es sollte u. a. festgestellt werden, wie sensibel der *ILI* auf eine Änderung der Werte der vier Eingangsgrößen der *UARL*-Gleichung reagiert. Hierfür wurden die Werte der *UARL*-Eingangsgrößen um -100% bis +100% variiert (Abbildung 1). Die realen Verluste *CARL* wurden dabei konstant gehalten. Die Berechnung erfolgte dabei anhand eines Muster-Versorgers mit folgenden Kenndaten:

- $L_N = 170$ km
- $n_{AL} = 7.000$ Stk.
- $CARL = 350.000$ m³/a
- $p = 50$ mWS
- $L_{AL} = 100$ km
- $UARL = 191.070$ m³/a (bei 0% Änderung)
- $IL = 1,83$ (bei 0% Änderung)

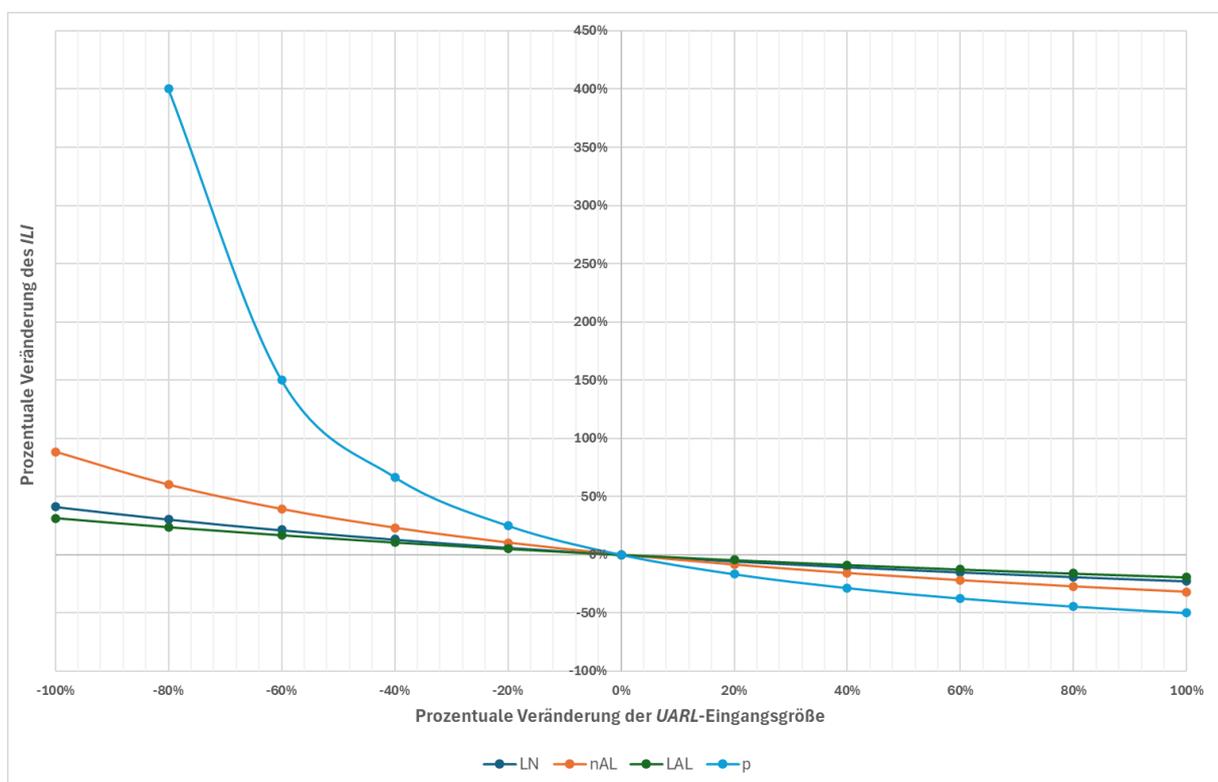


Abbildung 1: Sensitivität der *UARL*-Eingangsgrößen (Quelle: IWW)

Die Auswertung zeigt, dass der mittlere Betriebsdruck mit Abstand die sensitivste Eingangsgröße ist. Darauf folgt die Anzahl der Anschlussleitungen. Die Sensitivität des Drucks nimmt jedoch stark mit der prozentualen Änderung zu (nicht-linear). Variiert man den Druck in einem geringen Intervall von -10% bis +10%, so ergibt sich noch ein annähernd linearer Zusammenhang mit einer Änderung des *ILI* um +11% bis -9%. Insbesondere eine größere Unterschätzung des mittleren Betriebsdrucks führt jedoch zu einer starken Zunahme des *ILI*.

2.4 Berechnungshilfen

Für die sensitivsten Eingangsgrößen der *UARL*-Gleichung (Betriebsdruck, Anzahl und Länge der Anschlussleitungen) wurden Berechnungshilfen aufgezeigt. Diese sollen dazu dienen Fehler und Unsicherheiten bei der Berechnung des *ILI* weiter zu reduzieren. Es wurden unterschiedlich komplexe Ansätze für die Berechnung des mittleren Betriebsdrucks und der Anzahl bzw. Länge der Anschlussleitungen aufgezeigt. Die Digitalisierung von Rohrnetzplänen ist dabei die Voraussetzung zur Bestimmung der Eingangsgrößen des *ILI*.

Zur Ermittlung des mittleren Betriebsdrucks wurden Ansätze untersucht, die ohne einen digitalen Rohrnetzplan durch Einzelmessungen des Drucks umgesetzt werden können, sowie welche, die mithilfe von digitalen Rohrnetzplänen oder Rechenetzmodellen realisiert werden können. Zwischen den Ansätzen zur Bestimmung des mittleren Betriebsdrucks konnten anhand eines Beispiels Abweichungen in der Genauigkeit von bis zu 5 % festgestellt werden. Tabelle 2 fasst die Vor- und Nachteile der vorgeschlagenen Methoden zur Bestimmung des mittleren Betriebsdrucks zusammen.

Tabelle 2: Vergleich der Ansätze zur Druckermittlung (Quelle: RBS wave)

Ermittlung anhand der Topografie	Einzelne Messwerte im Rohrnetz	Rechenetzmodell
Vorteil		
Anwendbar, wenn kein digitaler RNP verfügbar ist	Anwendbar, wenn kein digitaler RNP verfügbar ist	Höchste Genauigkeit , da der Druck zu allen Leitungsabschnitten berechnet wird
Für einfache Versorgungsstrukturen und einfache Topografie anwendbar	Kein rechenfähiges Rohrnetzmodell notwendig Druckverluste im Netz werden berücksichtigt	
Nachteil		
Druckverluste im Netz werden nicht berücksichtigt	Zusätzlicher Aufwand für die Messungen	Ggf. Erhöhter Aufwand für die Jahressimulation bzw. die Modellierung eines typischen Tagesgangs
Mögliche Fehlerquelle ist die Gewichtung der Bezugspunkte durch die zugehörigen Leitungsabschnitte Ggf. zusätzliche Druckmessungen notwendig, um an Referenzpunkten den Unterschied zwischen Ruhe- und Betriebsdruck zu ermitteln	Fehlerquellen, wenn die Messstellen schlecht gewählt sind und die Netztopologie nicht vollständig repräsentiert, wird	

Die Abschätzung des mittleren Betriebsdrucks anhand von Einzelmessungen ist zwar möglich, jedoch nicht zu empfehlen. Belastbare Ergebnisse werden mit (kalibrierten) Rohrnetzmodellen und einer möglichst hoch aufgelösten Modellierung des Verbrauchsverhaltens (z. B. Jahresgang der Einspeisedrücke) erreicht. Auch für die Bestimmung der Länge und Anzahl an Anschlussleitungen wurden verschiedene Ansätze aufgezeigt. Es gilt ebenfalls, dass mit zunehmender Digitalisierung der Leitungspläne eine höhere Genauigkeit erzielt werden kann. Bei der Digitalisierung von Rohrnetzplänen können Ansätze zur halbautomatischen Generierung von Anschlussleitungen angewandt werden.

2.5 Fallbeispiele und Analysen

Die Praxis zeigt jedoch, dass selbst bei einem Datensatz mit geprüften Kundendaten aus GIS-Systemen und bestehenden kalibrierten hydraulischen Rohrnetzmodellen trotz geringer Unsicherheiten viele *ILI*-Werte kleiner eins auftreten. Im untersuchten Datensatz haben insgesamt 35 der 49 untersuchten *WVU* einen berechneten *ILI*-Wert < 1 . Demnach unterschreiten 71 % der *WVU* gem. dem *ILI*-Konzept die für sie definierten sog. unvermeidbaren Verluste. Im Umkehrschluss trifft die Definition der sog. unvermeidbaren Wasserverluste streng genommen nur bei 29 % der *WVU* zu. Trotz bekannter Gründe für das Vorkommen solcher Werte, erscheint der Anteil jedoch zu hoch, als das man noch von unvermeidbaren Verlusten sprechen kann. Tabelle 3 führt die wesentlichen statistischen Kennwerte zu den ermittelten *ILI*-Werten auf der 49 *WVU* auf.

Tabelle 3: Statistische Einordnung der ermittelten *ILI*-Werte (Quelle: RBS wave)

spez. Netzeinspeisung ¹	Ermittelte <i>ILI</i> -Werte					
	MIN	10%-Perzentil	MEDIAN	MITTELWERT	90%-Perzentil	MAX
Gesamt (n = 49)	0,13	0,39	0,71	1,18	2,36	8,61
Hoch (n = 9)	0,58	0,69	1,42	2,29	4,57	8,61
Mittel (n = 35)	0,13	0,37	0,71	0,99	1,93	4,94
Gering (n = 5)	0,22	0,24	0,40	0,44	0,65	0,67
Gering + Mittel (n = 40)	0,13	0,34	0,66	0,92	1,93	4,94

¹: Einteilung gemäß DVGW W 400-3-B1 Tabelle 2b

Vergleicht man die Wasserverluste anhand verschiedener Kennzahlen, konnte anhand der Fallbeispiele exemplarisch aufgezeigt werden, dass stark voneinander abweichende Netzstrukturen trotz signifikanter Korrelation zu hohen Abweichungen zwischen verschiedenen Wasserverlustkennzahlen führen können.

2.6 Einordnung des *ILI*

Zieht man die Klassifizierung des *ILI* nach DVGW-Arbeitsblatt W 400-3-B1 [7] Tab. 2a heran, so fallen im untersuchten Datensatzes 100 % der 6 *WVU* mit geringen, 88 % der 34 *WVU* mit mittleren und 78 % der 9 *WVU* mit hohen spezifischen Netzeinspeisungen in den Bereich der niedrigen Wasserverluste (Tabelle 4). Neben den absoluten *ILI*-Werten kleiner eins, führt in der Praxis auch die damit verbundene Einordnung zu einer gewissen Skepsis gegenüber der Kennzahl des *ILI*.

Tabelle 4: Klassifizierung der untersuchten *WVU* nach *ILI* (Quelle: RBS wave)

<i>Wasserverluste gem. ILI</i>	Spezifische Netzeinspeisung		
	gering	mittel	hoch
gering	100 %	88 %	78 %
mittel	0 %	9 %	11 %
hoch	0 %	3 %	11 %

So stellt sich die Klassifizierung der Wasserverluste nach q_{VR} gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 400-3-B1 [7] Tab. 2b im Vergleich anders dar (Tabelle 5). Zwar liegen auch hier 100 % der WVU mit geringen spezifischen Netzeinspeisungen im Bereich niedriger Wasserverluste, jedoch nur ca. 20 % der mit mittleren und hohen spezifischen Netzeinspeisungen. Zu beachten ist hier, dass die Kennzahl q_{VR} nicht den Druck als Eingangsgröße enthält. Gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 400-3-B1 [7] bezieht sich die Einordnung des q_{VR} auf einen mittleren Betriebsdruck von 3,5 bar¹. Somit ist der Vergleich von WVU mit großen Druckdifferenzen mit dieser Kennzahl eher problematisch.

Tabelle 5: Klassifizierung der untersuchten WVU nach q_{VR} (Quelle: RBS wave)

Wasserverluste gem. q_{VR}	Spezifische Netzeinspeisung		
	gering	mittel	hoch
gering	100 %	21 %	22 %
mittel	0 %	50 %	33 %
hoch	0 %	29 %	45 %

Der Abgleich zwischen dem q_{VR} und dem ILI des untersuchten Datensatzes zeigt auf, dass die Einstufung der Wasserverluste mit dem q_{VR} gem. Tabelle 2b in DVGW-Arbeitsblatt W 400-3-B1 [7] wesentlich strenger ist als die Einstufung mittels des ILI in Tabelle 2a. Somit führt der ILI mit der aktuellen Klassifizierung der Wasserverluste zu einer deutlich „besseren“, sprich niedrigeren Einstufung der Wasserverluste als der q_{VR} . So gibt es Konstellationen im untersuchten Datensatz bei denen die Verluste eines WVU gem. ILI mit 1,92 als niedrig eingestuft werden und hingegen gem. q_{VR} mit 0,25 m³/(h*km) als hoch eingestuft. Die prozentualen Wasserverluste liegen in dem Beispiel bei 23 %. Diese Diskrepanzen treten insbesondere bei niedrigen spezifischen Netzeinspeisungen auf.

Zwar sind gewisse Unterschiede in der Einstufung von ILI und q_{VR} angesichts der unterschiedlichen Bildung der Kennzahlen nicht verwunderlich. Trotzdem stellt sich die Frage, inwieweit die Einordnung verschiedener Kennzahlen so erfolgen kann, dass es nicht in Abhängigkeit der verwendeten Kennzahl zu Fehlinterpretationen bezüglich der Höhe der Wasserverluste kommen kann und sich ein einheitlicheres Bild ergibt.

Es wird empfohlen zur Plausibilisierung der absoluten Einstufung des ILI auch andere Wasserverlustkennzahlen, wie den q_{VR} heranzuziehen. Allgemein sollten Interpretationen und daraus abgeleitete Entscheidungen niemals auf einer einzigen Kennzahl beruhen. Aus diesem Grund wurden sinnvolle Kontextinformationen in Form relevanter Bestands- und Umgebungsdaten, Instandhaltungsdaten sowie Zustandsdaten zur besseren Interpretation von Wasserverlusten aufgezeigt. In Kombination erlauben diese Kontextinformationen eine Beurteilung der Erschwernis in der Reduzierung von Wasserverlusten, möglichen Ursachen und geeigneten Instandhaltungsmaßnahmen zu deren Reduzierung.

Die genannten, grundsätzlichen Hinweise helfen zwar das Ergebnis der Wasserverlustkennzahlen im Gesamtkontext besser einzuordnen, adressieren jedoch nicht die Widersprüche bei der Einstufung. Abbildung 2 verdeutlicht die allgemeinen Zusammenhänge verschiedener Kennzahlen. Sie zeigt die Ermittlung der prozentualen Wasserverluste in Abhängigkeit der spezifischen Netzeinspeisung und des spezifischen $UARL$ (bezogen auf die Rohrnetzlänge

¹ Unklar ist, worauf die Annahme der 3,5 bar basiert.

ohne Anschlussleitungen) bei einem ILI von 1 ($CARL = UARL$). Für die mittlere spez. Netzeinspeisung ($10.432 \text{ m}^3/(\text{km VL} \cdot \text{a})$) und den mittleren spez. $UARL$ ($1.221 \text{ m}^3/(\text{km VL} \cdot \text{a})$) der 49 untersuchten WVU würde dies „unvermeidbare“ prozentuale Verluste von 11,70 % bedeuten. Nimmt man jedoch eine kleinere spezifische Netzeinspeisung von $5.000 \text{ m}^3/(\text{km VL} \cdot \text{a})$ an, lägen die prozentualen Wasserverluste bei einem ILI von 1,0 bei ca. 24 %.

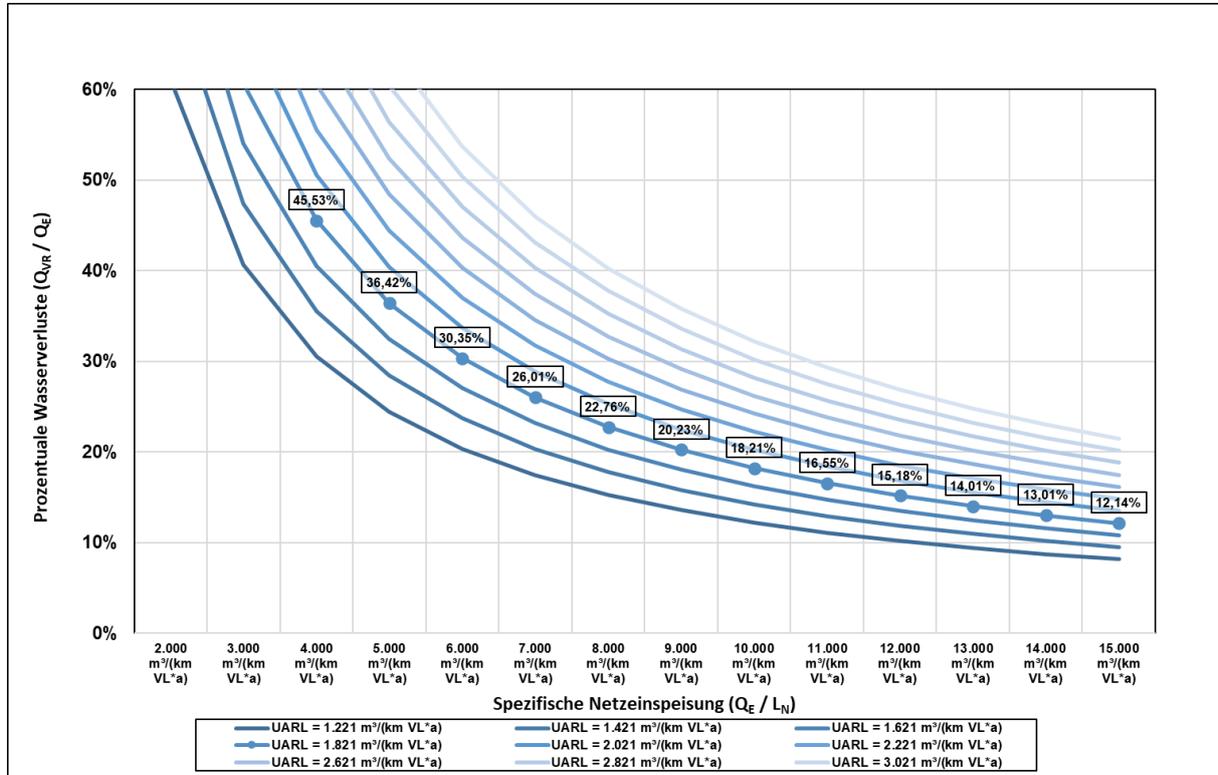


Abbildung 2: Ermittlung der prozentualen Wasserverluste in Abhängigkeit der spezifischen Netzeinspeisung und des spezifischen $UARL$ bei einem ILI von 1 (Quelle: Kukuczka)

Bezogen auf diese Widersprüche in der Einstufung des ILI im Vergleich mit anderen Wasserverlustkennzahlen gibt es verschiedene Handlungsoptionen. Man kann zum einen die Berechnung des ILI so anpassen, dass sie andere Werte ergibt, oder man kann die Einstufung so anpassen, dass die Interpretation der Werte sich ändert. Für verschiedene Handlungsoptionen wurden die Vor- und Nachteile diskutiert. Insgesamt sind Adaptionen der Einstufung vorzuziehen, da sie länderspezifische Rahmenbedingungen berücksichtigen können, sodass ggf. mittlere Wasserverluste aufgrund eines hohen Service-Standards in einem Land im internationalen Vergleich niedrig sind. Die Vergleichbarkeit der Werte bleibt aufgrund der Verwendung derselben Formel erhalten und erlaubt eine Interpretation in unterschiedlichen Kontexten. Das Beispiel einer Adaption der Einstufung des ILI hinsichtlich der Gliederung nach Versorgungsstrukturen und veränderten Einstufungsgrenzen findet sich in der ÖVGW-Richtlinie W 63 [9]. Jedoch würde auch dieses Einstufungssystem nicht ändern, dass der ILI eines Großteils der WVU des untersuchten Datensatzes im Bereich der niedrigen Wasserverluste liegt.

3 Schlussfolgerungen und Ausblick

3.1 Schlussfolgerungen

Bei der Wahl der (Wasserverlust-) Kennzahl sollte man sich zunächst über den Verwendungszweck im Klaren sein. Dies betrifft die sowohl die betrachteten Systeme (inner- / zwischenbetrieblicher Vergleich) als auch die Dimensionen (technisch, wirtschaftlich, ökologisch).

Der *ILI* eignet sich insbesondere zum zwischenbetrieblichen Vergleich. Zum innerbetrieblichen Vergleich können bei konstanten Rahmenbedingungen auch andere Kennzahlen herangezogen werden. Im absoluten Vergleich sollte der *UARL*-Wert als ein Referenzwert (Jahr 1999 und bestimmter Datensatz) gesehen werden. Selbst die Entwickler des *ILI* sehen den Begriff der „Unvermeidbarkeit“ mittlerweile kritisch.

Allgemein sollten Interpretationen und daraus abgeleitete Entscheidungen niemals auf einer einzigen Kennzahl beruhen. Es wird empfohlen zur Plausibilisierung der absoluten Einstufung des *ILI* auch andere (Wasserverlust-) Kennzahlen heranzuziehen. Die Vor- und Nachteile verschiedener Kennzahlen wurden umfangreich diskutiert. Auch wenn Wasserverluste aus technischer Sicht als gering eingestuft werden, können trotzdem wirtschaftliche oder ökologische (z. B. Wasserknappheit) Gründe für eine weitere Reduzierung sprechen.

Der *ILI* ist eine etablierte Kennzahl, welche die im Vergleich zu anderen Kennzahlen die meisten Einflussgrößen von Wasserverlusten mitberücksichtigt. Insbesondere bei der Betrachtung verschiedener Systeme mit unterschiedlichen Charakteristiken wird somit ein fairer (zumindest relativer) Vergleich unter Berücksichtigung der „Erschwerisfaktoren“ für Wasserverluste ermöglicht. Der Abgleich der Grundannahmen des *ILI/UARL* (Schadensraten, Leckraten, Laufzeiten) mit vorhandenen Daten gibt Anlass zur Annahme, dass die „Unvermeidbarkeit“ von Wasserverlusten in Deutschland geringer anzusetzen ist. Dies konnte jedoch nicht abschließend beurteilt werden, da umfassende Daten zu Leckrate und Laufzeit fehlen.

Die Daten der 49 untersuchten WVU bekräftigen aber die Annahme, dass *ILI*-Werte <1 in Deutschland nicht die Ausnahme sind, sondern häufig vorkommen. Im Abgleich mit anderen Wasserverlustkennzahlen ergibt sich aktuell kein einheitliches Bild, was einerseits an der unterschiedlichen Bildung der Kennzahlen liegt, aber auch mit deren Einstufung zusammenhängt. Dies führt in der Praxis zu Interpretations- bzw. Wertungsproblemen.

Es ergibt sich eine Notwendigkeit der gemeinsamen Einordnung und Interpretation der Kennzahlen im Verhältnis zueinander. Dabei ist zu beachten, dass sowohl Lösungen in Richtung einer Modifizierung der *ILI*- bzw. *UARL*-Gleichung wie auch der Einstufung des *ILI* einen Einfluss auf die Vergleichbarkeit der *ILI*-Werte (national / international) hat. Jedoch sind Adaptationen der Einstufung zu vorzuziehen.

3.2 Ausblick

Weiterer Forschungsbedarf und Anpassungsbedarf im DVGW-Regelwerk besteht hinsichtlich i) der gemeinsamen Einordnung und Interpretation der Wasserverlustkennzahlen, ii) der Klassifizierung von Kontextinformationen zur besseren Interpretation von Kennzahlen, iii) der Verbesserung der Datenbasis und iv) der Untersuchung der Unsicherheiten von Wasserbilanzen.

Literatur

- [1] *RICHTLINIE (EU) 2020/2184 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch*, 2020.
- [2] *Zweite Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung*, 2023.
- [3] *Arbeitsblatt DVGW W 392 (A): Wasserverlust in Rohrnetzen; Ermittlung, Wasserbilanz, Kennzahlen, Überwachung*, Technische Regel, 2017.
- [4] A. Lambert and W. Hirner, "The blue pages the IWA information source on drinking water issues," *Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures*, IWA, 2000.
- [5] *Arbeitsblatt W 402-B1: Netz- und Schadenstatistik; Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen – Beiblatt 1: Unternehmensübergreifende Datenerhebung* Technische Regel, 2019.
- [6] B. Heyen, P. Maler, C. Stürtz, A. Schwigon, and K. Büschel, "Netz- und Schadenstatistik Wasser - Ergebnisse aus den Jahren 2016 und 2017," *energie/wasser-praxis*, vol. 2020, no. 9, pp. 48-55, 2020.
- [7] *Arbeitsblatt DVGW W 400-3-B1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV); Teil 3: Betrieb und Instandhaltung; Beiblatt 1: Inspektion und Wartung von Ortsnetzen* Technische Regel, 2017.
- [8] A. Lambert, T. G. Brown, M. Takizawa, and D. Weimer, "A review of performance indicators for real losses from water supply systems," *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, vol. 48, no. 6, pp. 227-237, 1999.
- [9] *ÖVGW W 63: Wasserverluste in Trinkwasserversorgungssystemen; Ermittlung, Bewertung und Maßnahmen zur Vermeidung*, Technische Regel, 2022.