

Wasserverlustkennzahlen bei Trinkwasserleitungen

DI Dr.techn. Jörg Kölbl
Blue Networks e.U.

Informationstag Trinkwasser 2024
10. Oktober 2024, Lannach

blue
networks

Wasserbilanz (in Anlehnung an die ÖVGW W63)

System- einspeisung	Wasser- abgabe	Entgeltliche Abgabe	Gemessene entgeltliche Abgabe	In Rechnung gestellte Wasserabgabe
			Nicht gemessene entgeltliche Abgabe	
		Unentgeltliche Abgabe	Gemessene unentgeltliche Abgabe	
			Nicht gemessene unentgeltliche Abgabe	
	Wasser- verluste	Scheinbare Wasserverluste	Zählerabweichungen und Fehler bei der Rechnungslegung	Nicht in Rechnung gestellte Wasser- menge
			Schleichverluste	
			Unzulässige Wasserentnahme	
		Reale Wasserverluste	Zubringerleitungen	
			Behälter	
			Versorgungsleitungen	
		Anschlussleitung bis zum Wasserzähler		

Wer verwendet die Wasserverlustkennzahlen und zu welchem Zweck?

WVU

- Bewertung von Verlusten
- Monitoring
- Entscheidungskriterium:
 - Leckortung
 - Rehabilitation
- Vergleich mit anderen WVUs (Benchmarking)

Land, BH

- Bewilligungsverfahren (Dichtheitsprüfung)
- Digitaler Leitungskataster (Zustandsbewertung)
- Förderung
- Fremdüberwachung §134

ÖVGW

- Statistik
- Benchmarking
- Richtliniengestaltung
- Branchendaten
- Internationale Anliegen (EurEau, EU, ISO)

Bund, EU

- EU-Trinkwasser-richtlinie (2020/2184): ILI oder andere geeignete Kennzahl
- Taxonomieverordnung: Ziel: ILI < 1,5

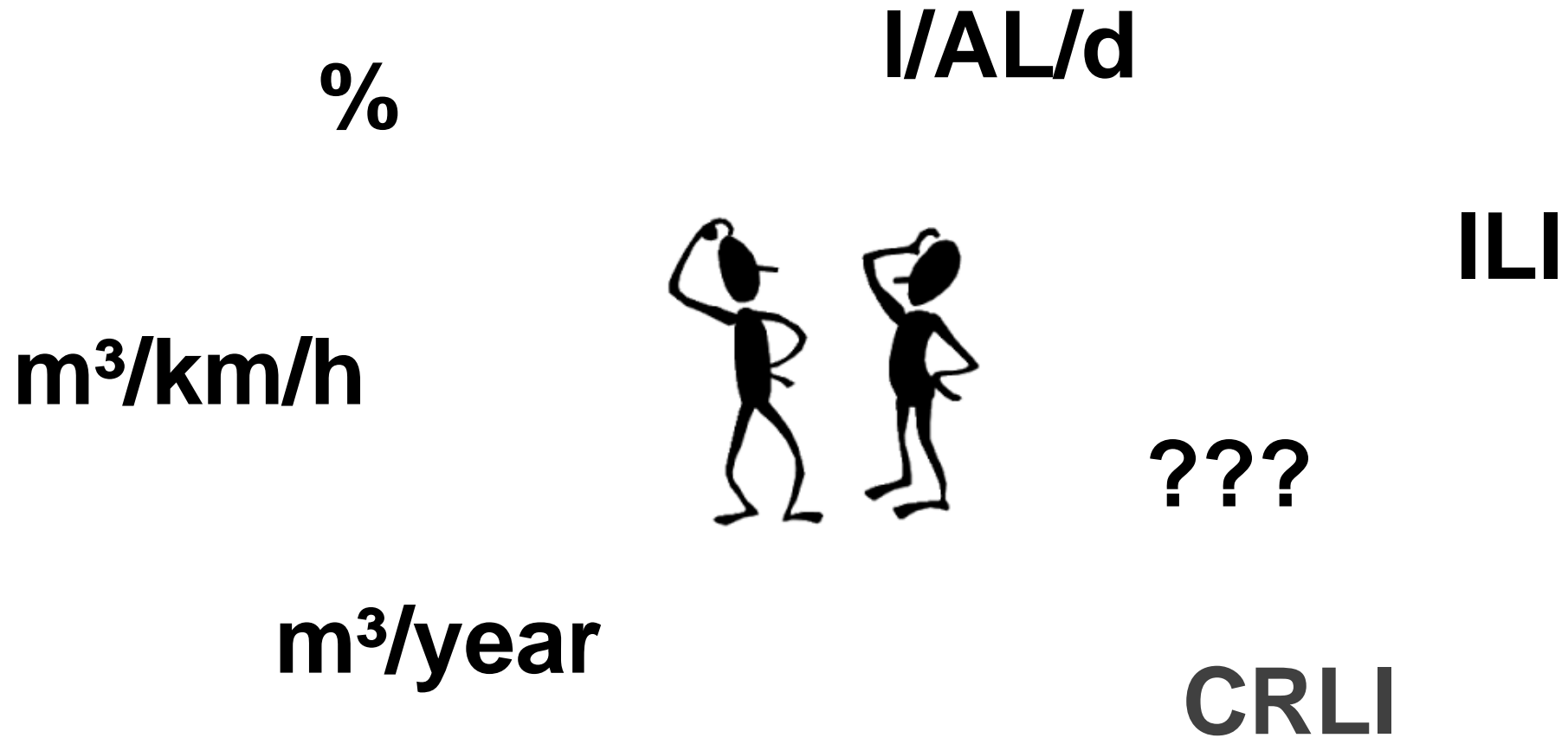
EU-Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184

- Bewertung des Ausmaßes der Wasserverluste (Leckagen)
- **Infrastruktur-Leckverlust-Index (ILI) oder einer anderen geeigneten Methode**
- Wasserversorger, die mindestens **10 000 m³ pro Tag** liefern oder mindestens **50 000 Personen** versorgen.

Artikel 4 - Allgemeine Verpflichtungen verlangt Folgendes:

- Die **Mitgliedstaaten** sorgen für eine **Bewertung der Leckagemengen** anhand des **ILI oder einer anderen geeigneten Methode** und übermitteln die Ergebnisse bis spätestens **12. Januar 2026 an die Kommission**.
- Die **Kommission** wird bis spätestens **12. Januar 2028** einen **Schwellenwert** auf der Grundlage des **ILI oder einer anderen geeigneten Methode** festlegen.
- Die **Mitgliedstaaten**, deren Leckagerate über dem Schwellenwert liegt, legen der Kommission innerhalb von zwei Jahren (spätestens bis zum **12. Januar 2030**) einen **Aktionsplan** vor, der eine Reihe von Maßnahmen enthält.

Welche Wasserverlustkennzahlen sind GEEIGNET?



ÖVGW W 63 (2022) – Bewertung Realer Wasserverluste

3 Kennzahlen:

q_{VR} Reale Wasserverluste bezogen auf Kilometer Leitungslänge ($m^3/km/h$)

q_{AL} Reale Wasserverluste bezogen auf Anzahl Anschlussleitungen ($l/AL/d$)

ILI Infrastruktur-Leckverlust-Index (-)

1) Einteilung in Netzstrukturklassen:

	Struktur 1	Struktur 2	Struktur 3
Spezifische Netzabgabe $m^3/(km \times a)$	< 5,000	5,000 bis 15,000	> 15,000
Anschlussdichte (AL/km)	< 20	20 - 35	> 35

2) Bewertung nach Tabellen:

$m^3/(km \times h)$	Struktur 1	Struktur 2	Struktur 3
niedrig	< 0.025	< 0.08	< 0.19
mittel	0.025 – 0.04	0.08 – 0.18	0.19 – 0.32
hoch	> 0.04	> 0.18	> 0.32

$l/(AL \times d)$	Struktur 1	Struktur 2	Struktur 3
niedrig	< 47	< 80	< 130
mittel	47 - 65	80 - 150	130 - 215
hoch	> 65	> 150	> 215

ILI	Struktur 1	Struktur 2	Struktur 3
niedrig	-	< 1.1	< 1.9
mittel	-	1.1 – 1.8	1.9 – 3.2
hoch	-	> 1.8	> 3.2

ILI: Infrastruktur-Leckverlust-Index

$$ILI = CARL / UARL$$

CARL: Current Annual Real Losses = Q_{VR} Jährlicher Realer Wasserverlust ($m^3/year$)

UARL: Unavoidable Annual Real Losses = Unvermeidbare Jährliche Reale Wasserverluste ($m^3/year$)
= Referenzwert

$$UARL (m^3/year) = (6,57 \times L_m + 0,256 \times N_c + 9,13 \times L_t) \times P$$

L_m : Länge Haupt- und Versorgungsleitungen (km)

N_c : Anzahl Anschlussleitungen

L_t : **Gesamtlänge an Anschlussleitungen** von Versorgungsleitung bis Wasserzähler (km)

P : Durchschnittlicher Versorgungsdruck (m)

Quelle: Formel gemäß DVGW W 392 (2017) bzw. Lambert et al. (2011)

Formel lt. ÖVGW W 63 (2009):

$$UARL = \left(18 \times \frac{l_m}{n_{AL}} + 0,8 + 0,025 \times l_p \right) \times P \quad \text{Einheit: l/(AL x d)}$$

CRLI: Combined Real Loss Indicator (Kombinierter Indikator für Reale Verluste)

$$\text{CRLI} = (\text{L/C/D} * \text{L/M/D})^{1/2}$$

L/C/D: Reale Wasserverluste bezogen auf **Anzahl Anschlussleitungen (q_{AL})** ausgedrückt in **l/AL/d**

L/M/D: Reale Wasserverluste bezogen auf **Kilometer Leitungslänge (q_{VR})** ausgedrückt in **l/m/d**,
was auch **m³/km/d** entspricht

CRLI kombiniert zwei wesentliche Strukturparameter:

- **Anzahl an Anschlussleitungen** und
- **Länge der Haupt- und Versorgungsleitungen**

Beide Parameter sind üblicherweise in guter Datenqualität verfügbar.

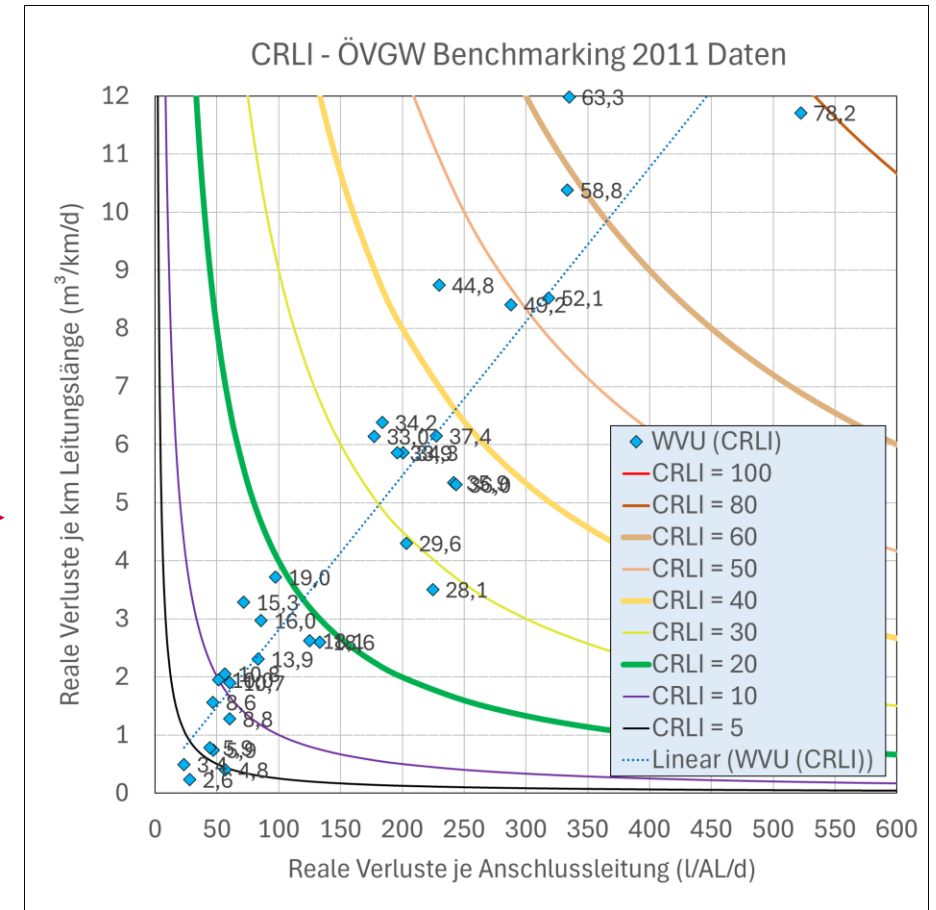
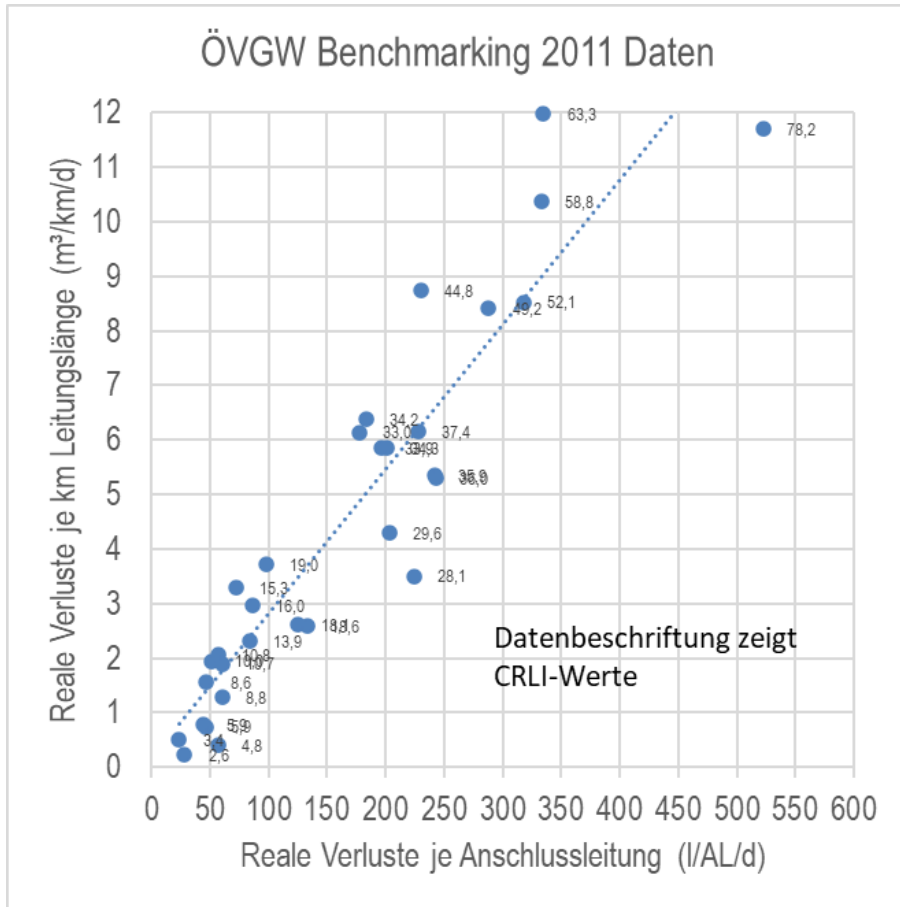
Reale Wasserverluste bezogen auf Kilometer Leitungslänge (q_{VR})

Reale Wasserverluste bezogen auf Anzahl Anschlussleitungen (q_{AL})

CRLI (Combined Real Loss Indicator)

→ Einfluss der Anschlussleitungs-dichte

CRLI



Analyse von Einflussfaktoren auf Wasserverlustkennzahlen

Kennzahlen:

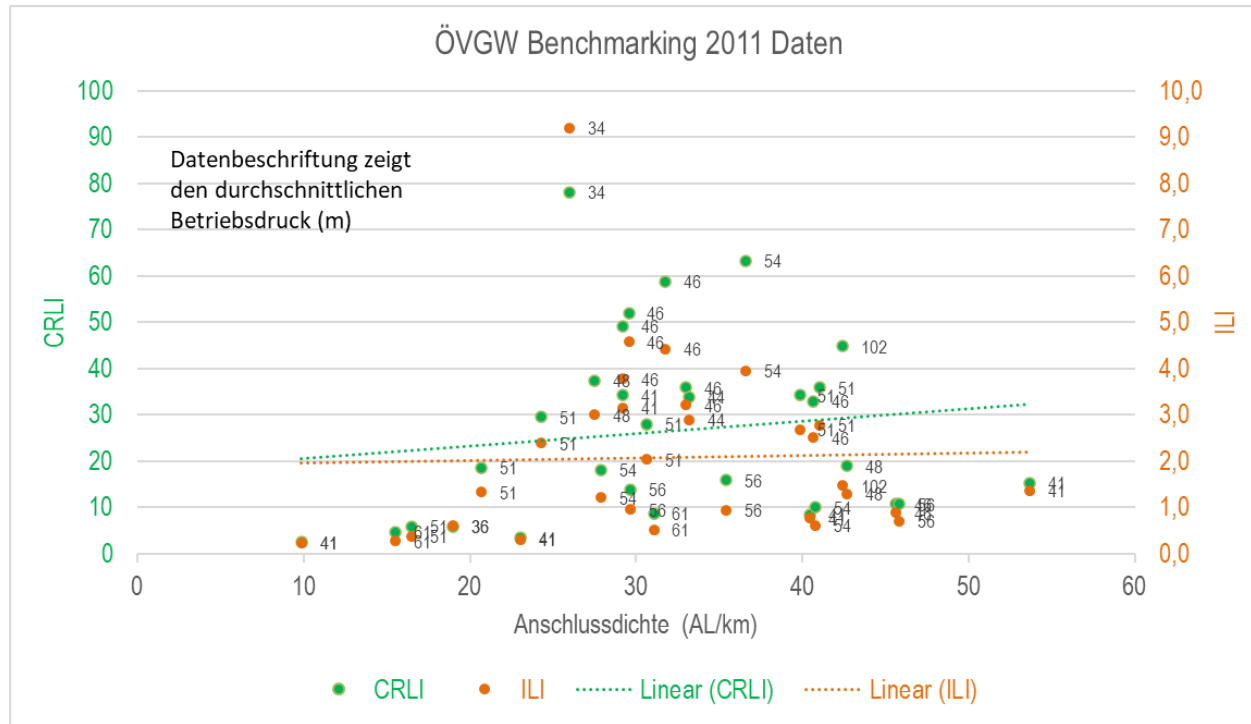
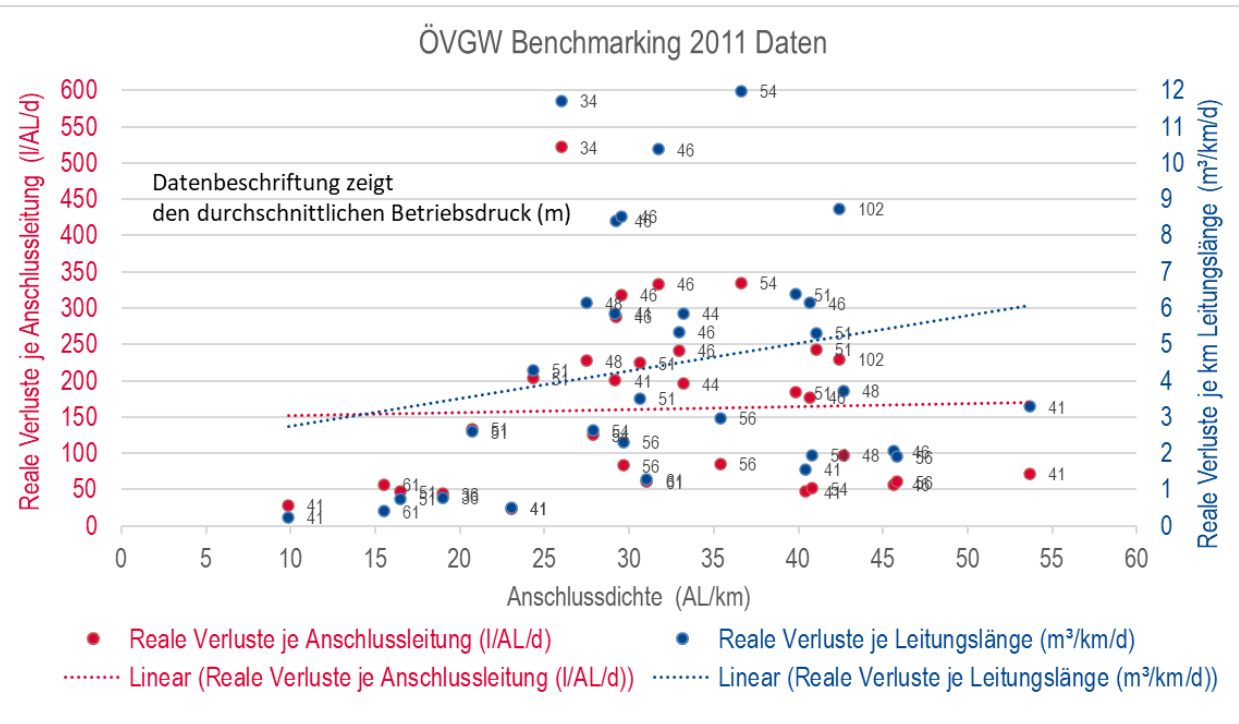
- q_{VR} Reale Wasserverluste bezogen auf Kilometer Leitungslänge ($m^3/km/h$)
- q_{AL} Reale Wasserverluste bezogen auf Anzahl Anschlussleitungen ($l/AL/d$)
- ILI – Infrastruktur-Leckverlust-Index
- CRLI - Combined Real Loss Indicator

Strukturparameter: Anzahl Anschlussleitungen (= Größe des Systems)
(Einflussfaktoren)

- Anschlussleitungsdichte (AL/km)**
- Durchschnittlicher Betriebsdruck
- Spezifische Netzeinspeisung ($m^3/km/a$)**
(Anm.: ist etwas größer als die Spezifische Netzabgabe)

Hat die Anschlussleitungsichte einen Einfluss?

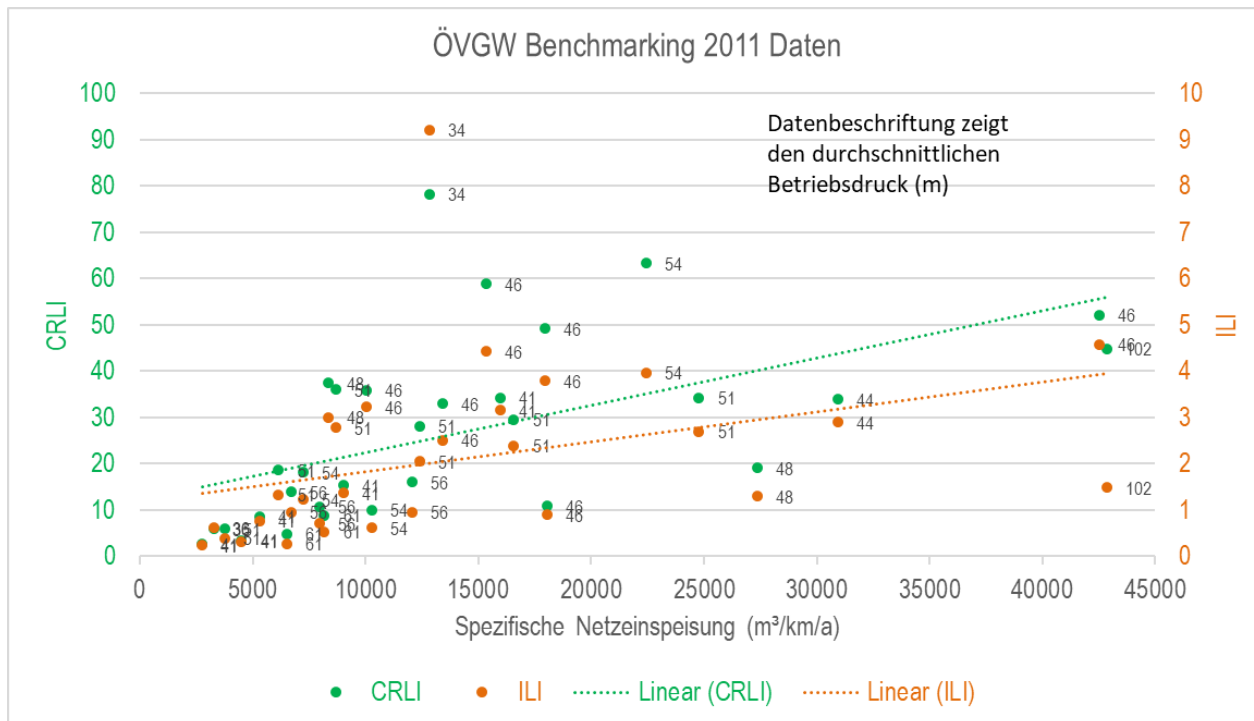
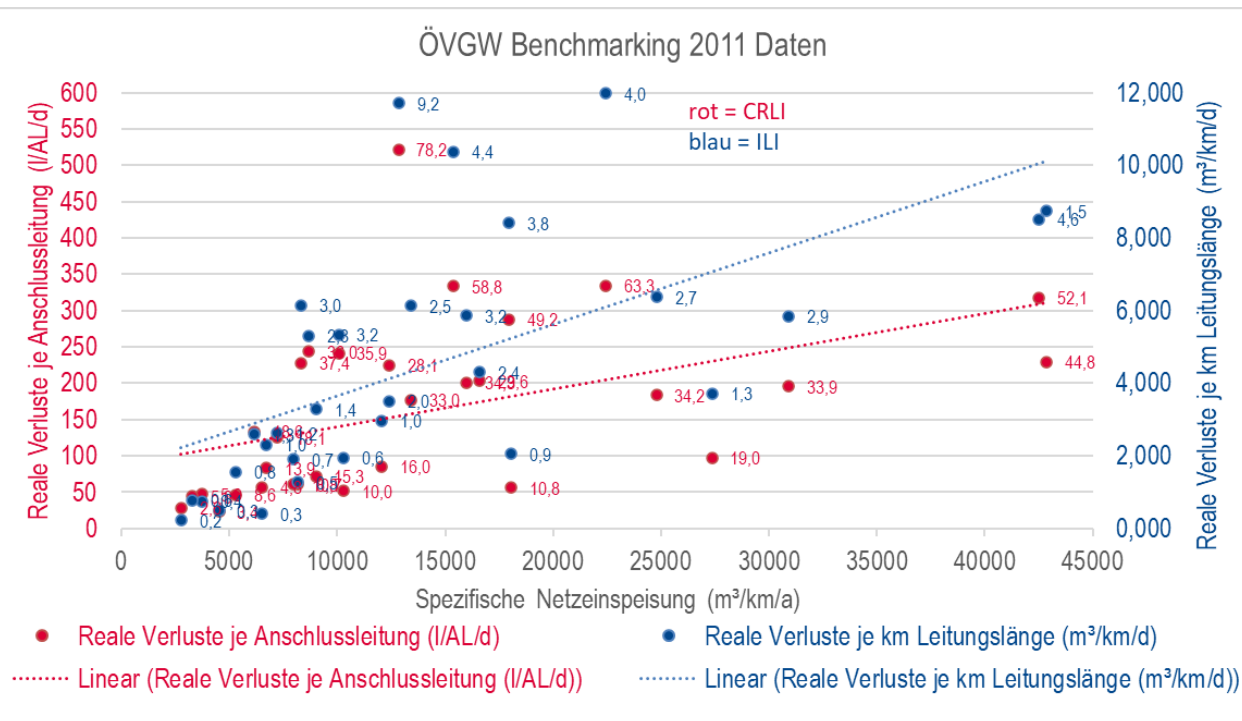
Beispiel: ÖVGW Benchmarking 2011 Daten



→ Trendlinien der Realen Verluste je Leitungslänge und CRLI zeigen einen Anstieg mit steigender Anschlussdichte, Reale Verluste je Anschlussleitung und ILI zeigen keinen gravierenden Einfluss.

Wie beeinflusst die Spezifische Netzeinspeisung die Kennzahlen?

Beispiel: ÖVGW Benchmarking 2011 Daten



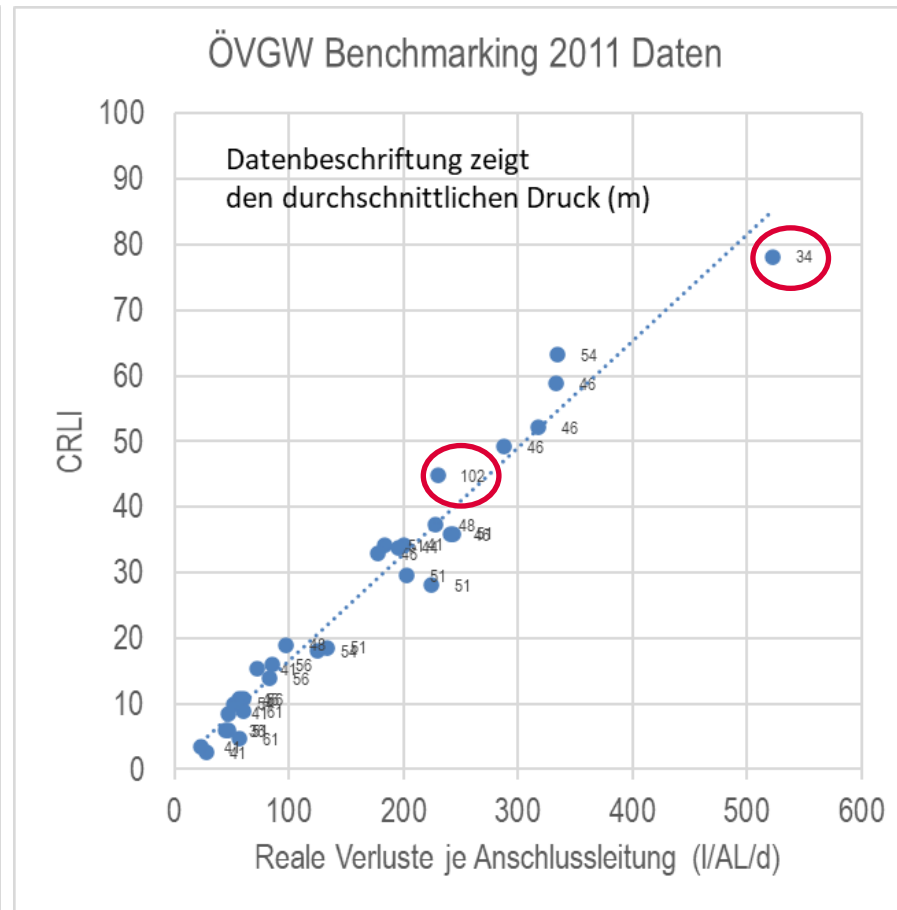
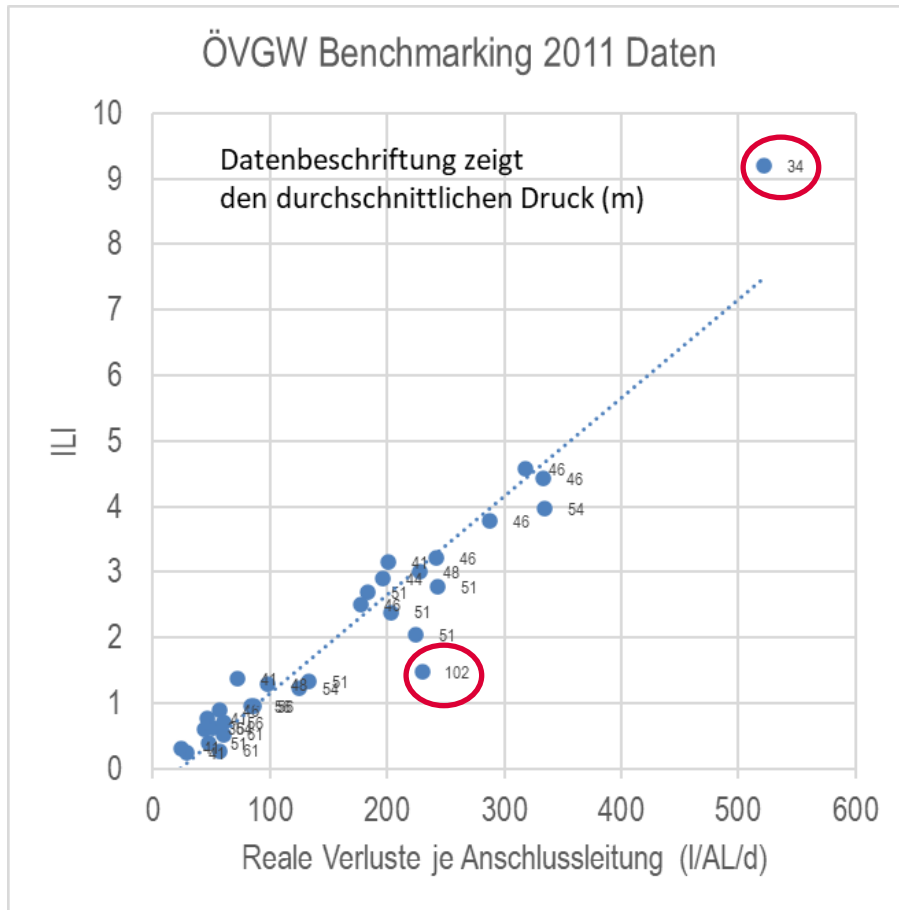
→ Trendlinien aller Kennzahlen zeigen einen signifikanten Anstieg mit steigender Spezifischer Netzeinspeisung

Wie korrelieren die Kennzahlen?

Kennzahlen:	q_{VR}	Reale Wasserverluste bezogen auf Kilometer Leitungslänge ($m^3/km/d$)
	q_{AL}	Reale Wasserverluste bezogen auf Anzahl Anschlussleitungen ($l/AL/d$)
	ILI	Infrastruktur-Leckverlust-Index
	CRLI	Combined Real Loss Indicator

ILI - CRLI – Reale Verluste je Anschlussleitung (I/AL/d)

Beispiel: ÖVGW Benchmarking 2011 Daten

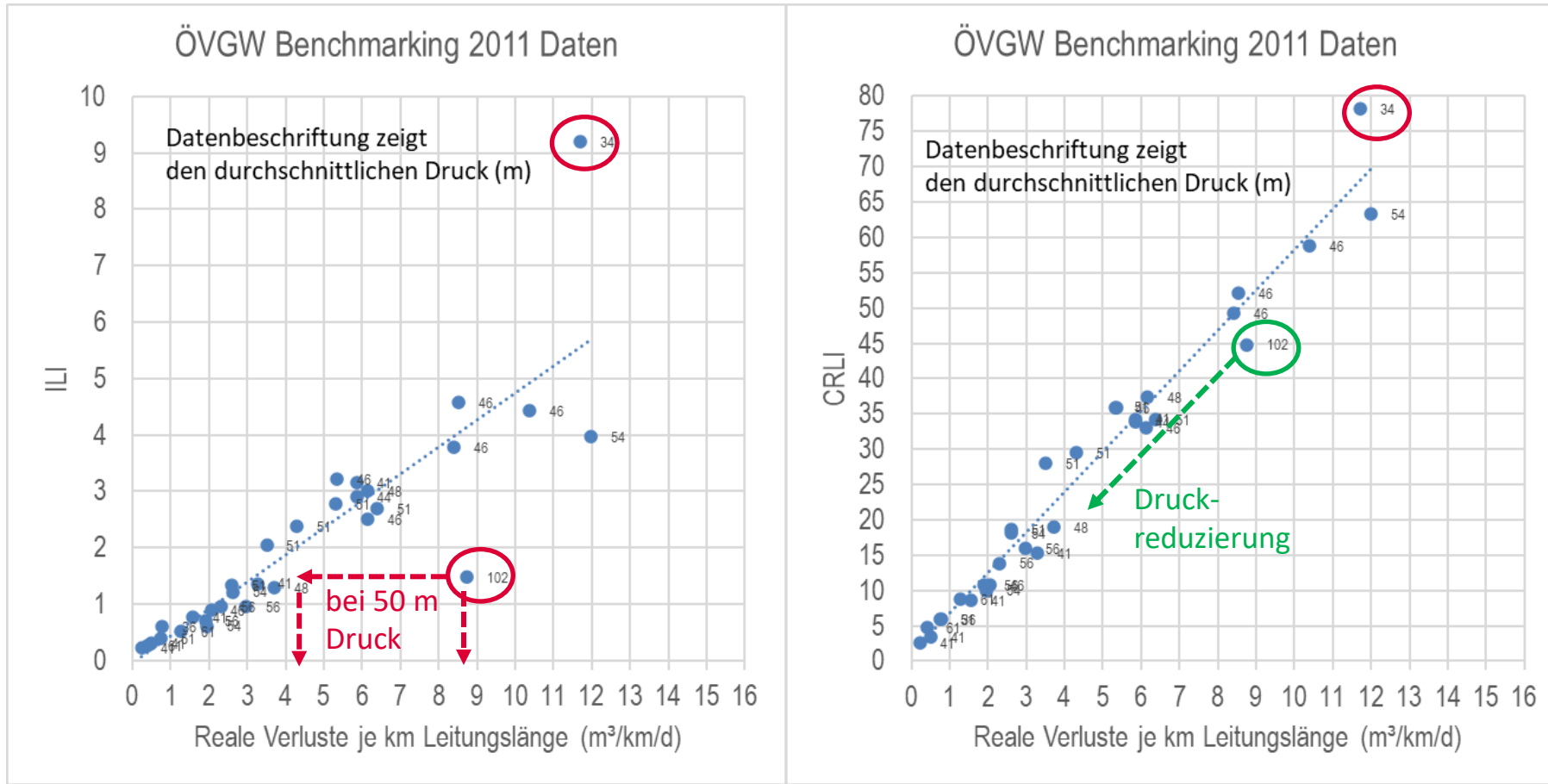


→ ILI und CRLI korrelieren gut mit Realen Verlusten je Anschlussleitung

→ Einfluss des Druckes beim ILI deutlich erkennbar

ILI - CRLI – Reale Verluste je Leitungslänge (m³/km/d)

Beispiel: ÖVGW Benchmarking 2011 Daten

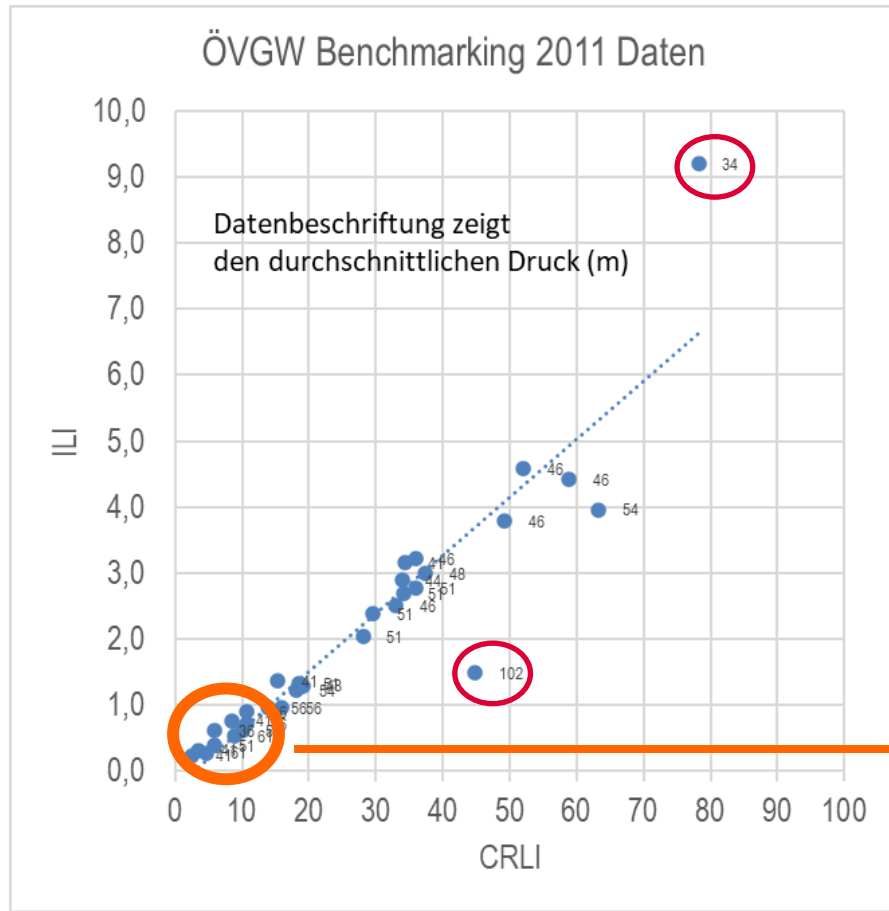


→ ILI und CRLI korrelieren gut mit Realen Verlusten je Leitungslänge

→ Einfluss des Druckes beim ILI deutlich erkennbar

ILI - CRLI

Beispiel: ÖVGW Benchmarking 2011 Daten



→ ILI und CRLI korrelieren gut, wenn der Versorgungsdruck bei ca. 50 m liegt

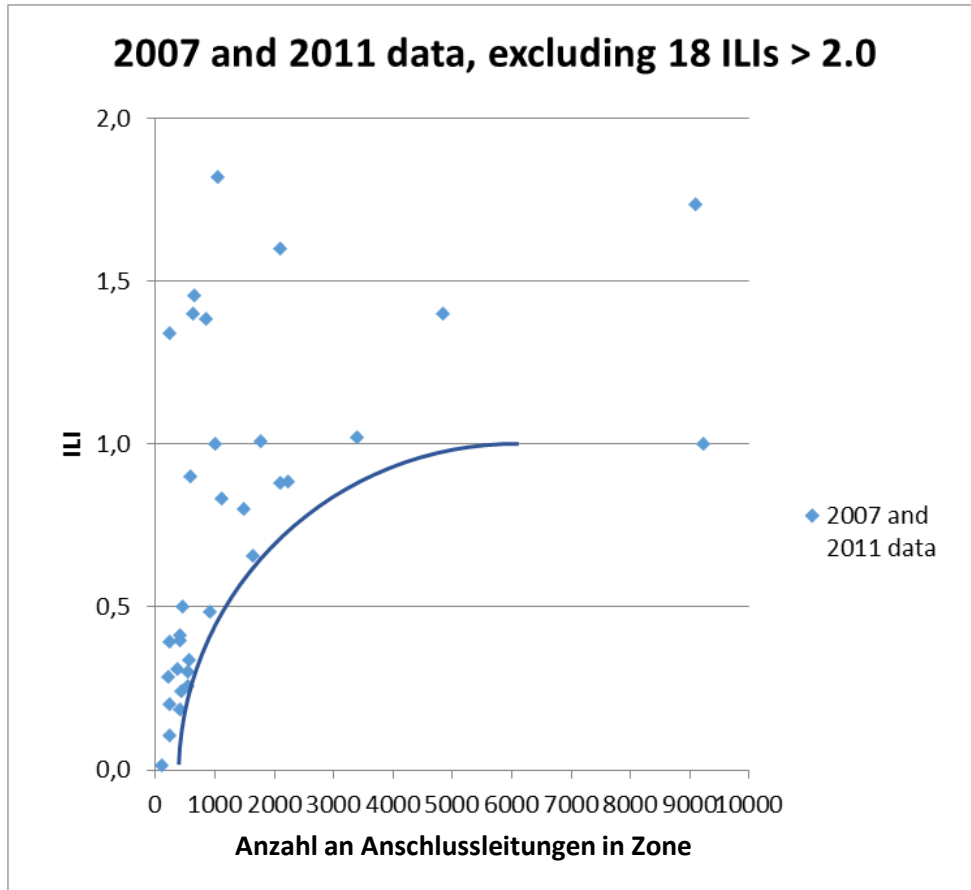
Große Anzahl an WVU mit extrem niedrigen Wasserverlustwerten – bei allen Kennzahlen!

Warum?

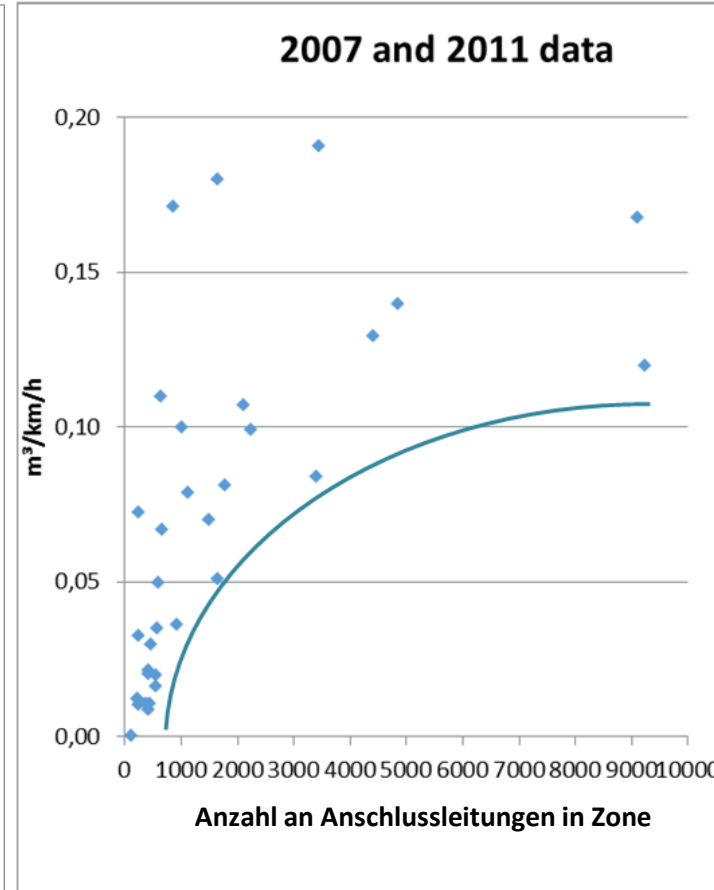
Quelle: Kölbl & Zipperer (2024), IWA Water Loss 2024

Verluste kleiner WVU

ILI



$m^3/km/h$



Viele WVUs mit tatsächlich niedrigen Verlusten:

- Guter Zustand, junge Netze
- Moderate Drücke (40-60 m)
- Kleinräumige Zonierung, einfach zu überwachen

Aber: Auch systematische Fehler in der Wasserbilanz-Berechnung möglich!

- Unterregistrierung der Systemeinspeisung (z.B. geringer Nachtdurchfluss)
- Überschätzung der scheinbaren Verluste
- Überschätzung der unentgeltlichen Abgaben

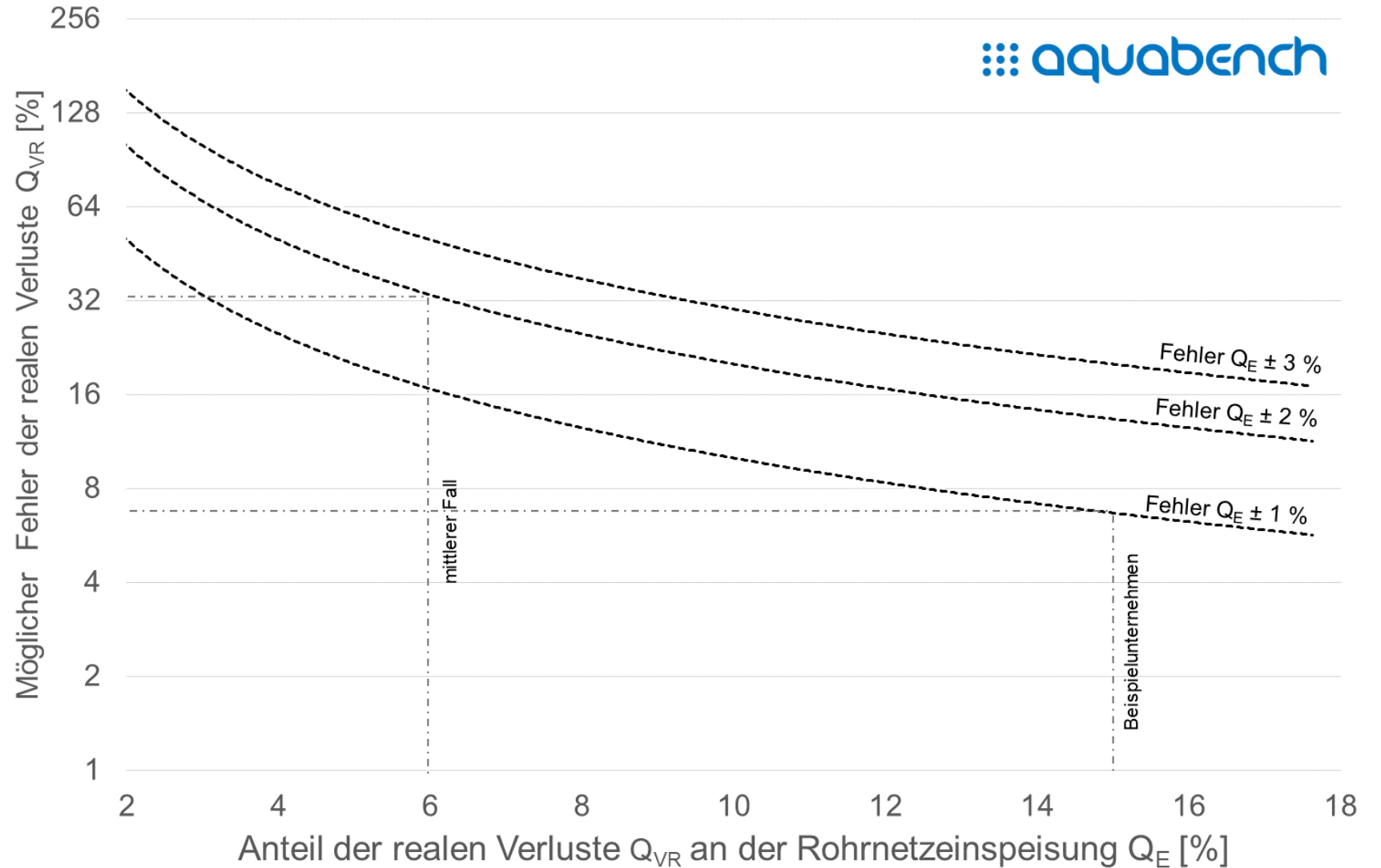
Quelle: Kölbl in EU Reference Document, 2015

Wasserbilanz – gemessen vs. geschätzt vs. berechnet

System- einspeisung	Wasser- abgabe	Entgeltliche Abgabe	Gemessene entgeltliche Abgabe	In Rechnung gestellte Wasserabgabe	
			Nicht gemessene entgeltliche Abgabe		
		Unentgeltliche Abgabe	Gemessene unentgeltliche Abgabe		Nicht in Rechnung gestellte Wasser- menge
			Nicht gemessene unentgeltliche Abgabe		
	Wasser- verluste	Scheinbare Wasserverluste	Zählerabweichungen und Fehler bei der Rechnungslegung		
			Schleichverluste		
			Unzulässige Wasserentnahme		
	Reale Wasserverluste				

Auswirkung der Genauigkeit der Systemeinspeisung

Prozentualer Betrag des Fehlers der realen Verluste in Abhängigkeit des Anteils der realen Wasserverluste an der Systemeinspeisung

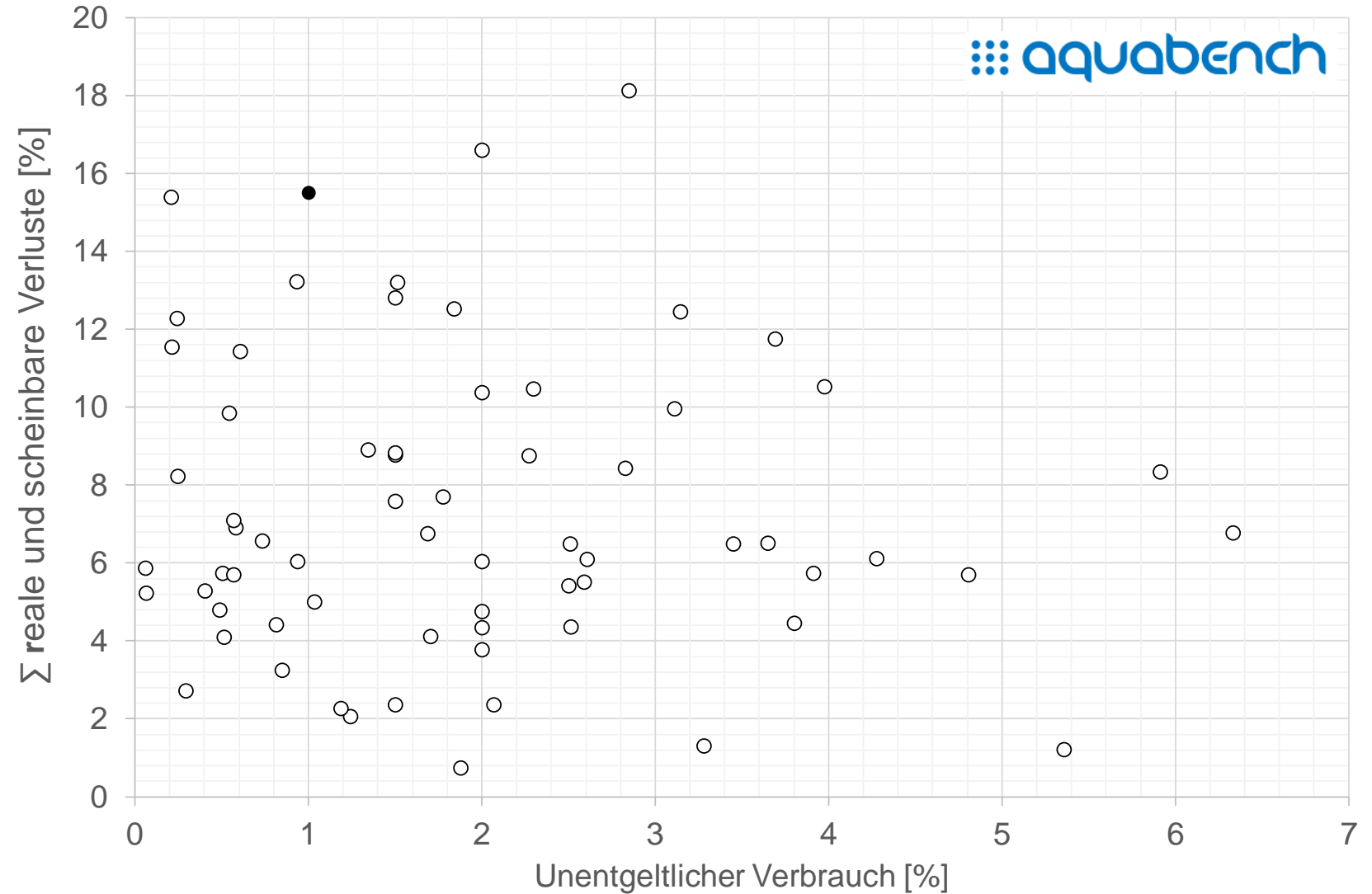


Quelle: Zipperer & Kölbl in GWF
(in Druck)

Unentgeltliche Abgabe vs. Wasserverluste

Unentgeltliche Abgaben werden offensichtlich häufig massiv überschätzt

(Daten aus Rheinland-Pfalz)



Quelle: Zipperer & Kölbl in GWF
(in Druck)

Bewertungsschema für q_{VR}

DVGW W 392 (2003)
DVGW W 400-B1 (2017)

Klassifikation nach der Spezifischen Netzeinspeisung ($m^3/km/a$)

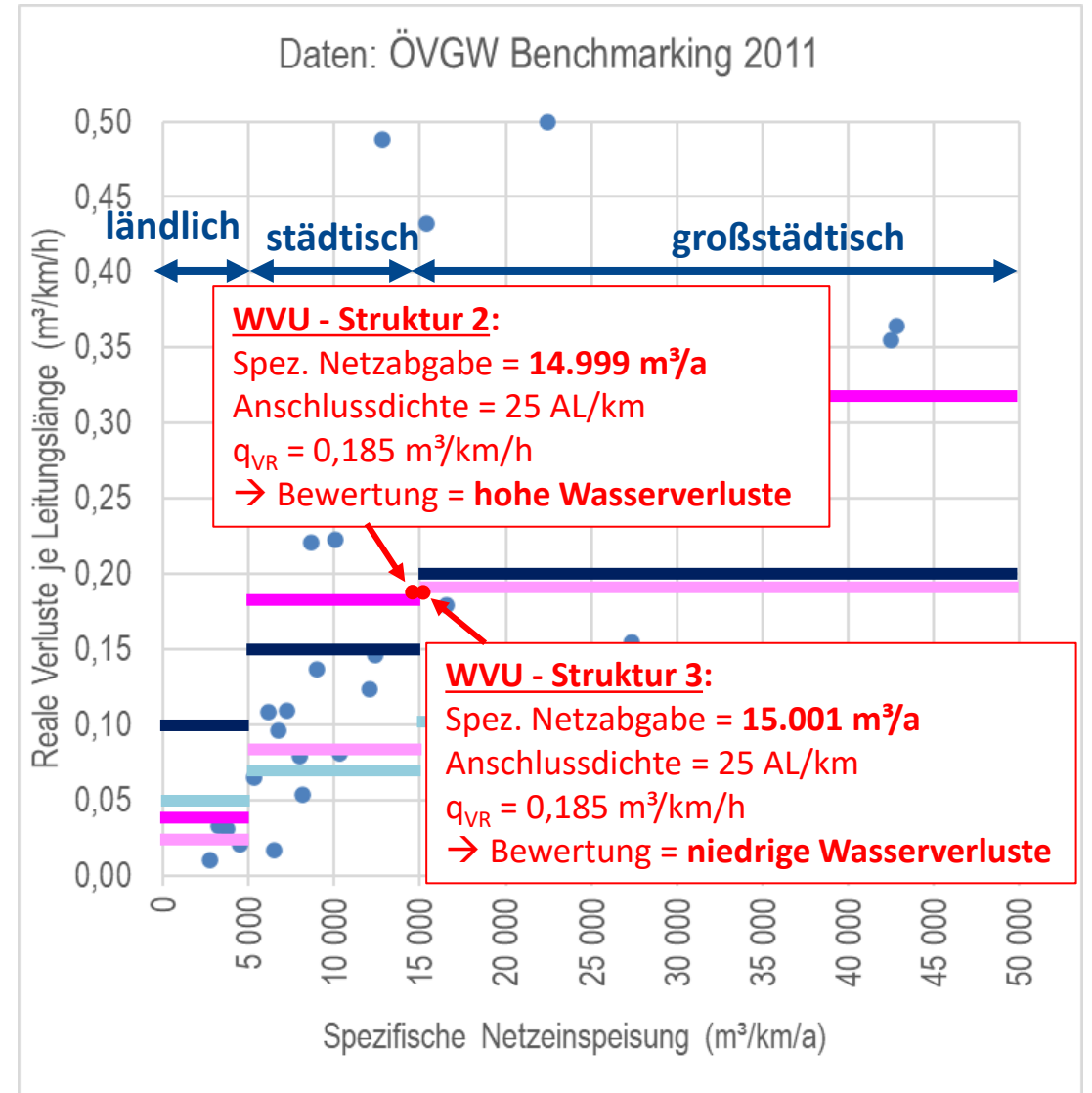
q_{VR} Bewertung	Netzstruktur		
	ländlich	städtisch	großstädtisch
niedrig	< 0.05	< 0.07	< 0.10
mittel	0.05 – 0.10	0.07 – 0.15	0.10 – 0.20
hoch	> 0.10	> 0.15	> 0.20

x 2

Zum Vergleich die Werte der ÖVGW W 63:

$m^3/(km \times h)$	Struktur 1	Struktur 2	Struktur 3
niedrig	< 0.025	< 0.08	< 0.19
mittel	0.025 – 0.04	0.08 – 0.18	0.19 – 0.32
hoch	> 0.04	> 0.18	> 0.32

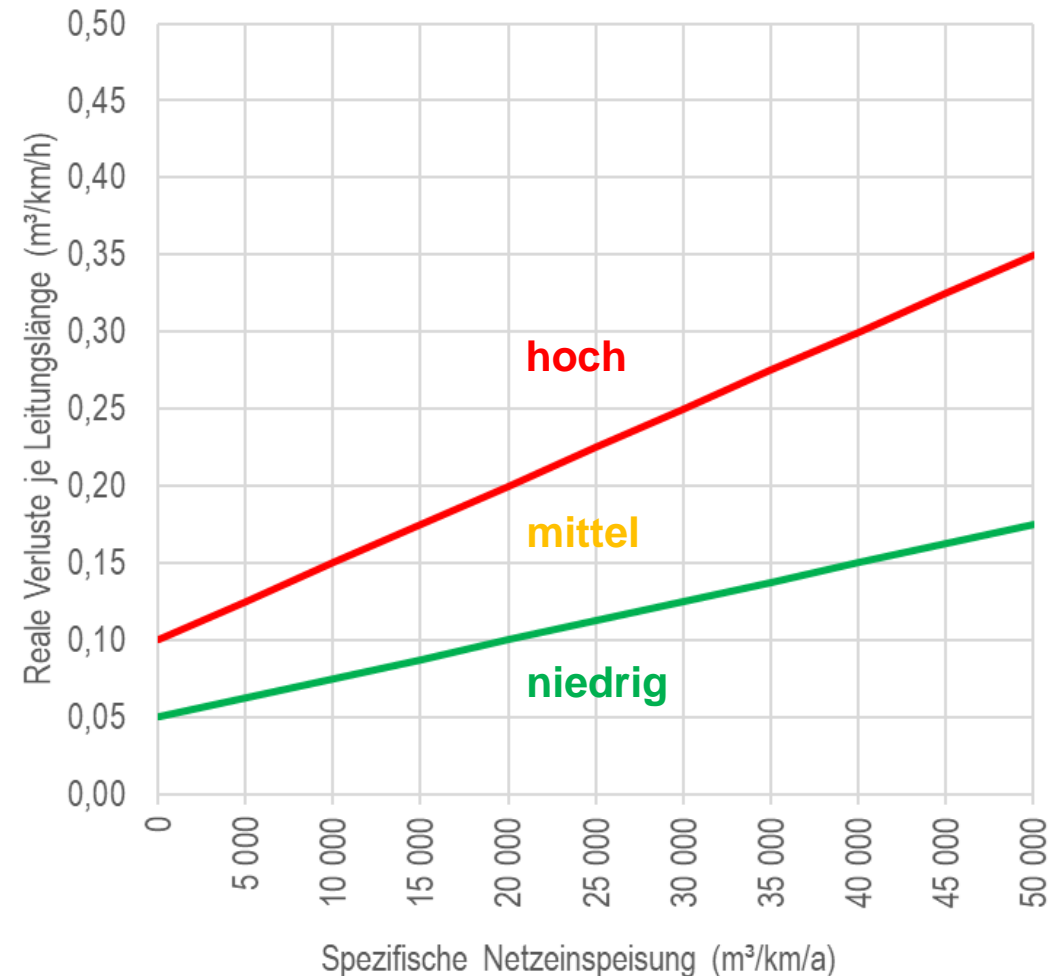
x 8



Mögliches Bewertungsschema für q_{VR}

Vorteile:

- Einfache Berechnung von q_{VR} und gute Datenbasis
- Bewertung in Anlehnung an:
 - DVGW W 392 (2003, 2017)
 - DVGW W 400-B1 (2017)
 - ÖVGW W 63 (2022)
- Keine Stufen
- Spezifische Netzeinspeisung ist der wesentlichste Einflussfaktor auf die Wasserverlustkennzahlen
- Druck wird nicht berücksichtigt – daher kein „Verschleiern“ von höheren Wasserverlusten



Schlussfolgerungen

Sämtliche Wasserverlustkennzahlen basieren auf der Wasserbilanz:

→ Ungenauigkeiten in der Berechnung der Wasserbilanz wirken sich auf **ALLE** Kennzahlen aus!

Eignung von Wasserverlustkennzahlen

- Alle 4 Kennzahlen ($\text{m}^3/\text{km}/\text{h}$, $\text{l}/\text{AL}/\text{d}$, ILI und CRLI) sind grundsätzlich für Reale Wasserverluste geeignet.
- ABER: Strukturelle Parameter und Kontextinformationen müssen berücksichtigt werden.
- Insbesondere ist bei der Interpretation des **ILI** der **Druck** zu berücksichtigen!

Einflussfaktoren

- Der einflussreichste Parameter ist offensichtlich die **spezifische Netzeinspeisung**, die bei allen Kennzahlen mit steigender Einspeisung signifikant zunimmt.
- Die spezifische Netzeinspeisung ist offensichtlich eine Kombination aus verschiedenen Parametern, insbesondere der Hausanschlussdichte und der Rohrdimensionen.

Schlussfolgerungen

Korrelation zwischen Kennzahlen

- ILI und CRLI korrelieren recht gut mit $l/AL/d$ und noch besser mit $m^3/km/d$ (oder $m^3/km/h$)
→ solange der DRUCK +/- 50 m beträgt ILIs von Systemen mit niedrigem und hohem Druck korrelieren nicht so gut mit anderen Kennzahlen

Daher: **Der Zweck der Bewertung muss klar sein!**

- alleinige Bewertung der realen Verluste → $m^3/km/d$, $l/conn/d$, CRLI
- wie die Infrastruktur in Bezug auf Leckagen gemanagt wird → ILI

CRLI und q_{VR}

- CRLI ist eine nützliche Kennzahl - es lohnt sich, mit der Sammlung von CRLI-Werten zu beginnen und Erfahrungen mit ihrer Verwendung und Interpretation zu sammeln – gute Alternative zum ILI (→ EU-WRRL)
- q_{VR} wäre ebenfalls eine gute Alternative zum ILI – Kennzahl ist einfach zu berechnen, ein mögliches Bewertungsschema wurde präsentiert

Generelle Empfehlung:

- Immer mehrere Kennzahlen verwenden und Rahmenbedingungen (Kontextinformationen) berücksichtigen!

Danke für Ihre Aufmerksamkeit und Ihr Interesse!

DI Dr.techn. Jörg Kölbl



Blue Networks e.U.
Römerstraße 18
8430 Leibnitz/Kaindorf
+43 664 88795883
koelbl@bluenetworks.at
www.bluenetworks.at



Firmenbuchnummer: 374431i
Firmenbuchgericht: Landesgericht für ZRS Graz
UID: ATU 67072712