

# Fachreferate: Wasserverluste / Leckerkennung

Weiterbildungskurse Brunnenmeister Sursee 2023



**KEMPTER MEILE**  
ENGINEERING · LEITSYSTEME



**Lienhard**  
Kompetenz und Qualität

**Hinni**  
Infra Services





# Agenda:

1. Wasserbilanz

Werner Spiess

2. Quantitative Verlustkontrolle

Werner Spiess

3. Netzüberwachungssysteme

Damian Kempfer

# Wasserbilanz

## Verluste?



# Bilanzierung in %

Die Bilanzierung errechnet die Verlustmenge anhand der Jahreszahlen von Förderung und Verkauf

$$Verlustmenge(\%) = \frac{Verlustmenge(m^3) * 100\%}{Fördermenge(m^3)}$$

Beispiel:

	m <sup>3</sup>	%
Förderung	500000	100
Verkauf	450000	90
Verlustmenge	50000	10

# Vergleich Bilanzierung

Wasserversorgung A und B besitzen ein identisches Netz mit gleich vielen Abonnennten. Wasserversorgung B beliefert zusätzlich einen Lebensmittelbetrieb mit 100000m<sup>3</sup>/Jahr Wasserverkauf.

	Wasserversorgung A		Wasserversorgung B	
	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%
Förderung	500000	100	600000	100
Verkauf	450000	90	550000	91.67
Verlustmenge	50000	<b>10</b>	50000	<b>8.33</b>

**Wasserversorgung B hat eine bessere Bilanzierungszahl mit der gleichen grossen Verlustmenge**

# Verlustkennwert

$$\text{Verlustkennwert(l/min/km)} = \frac{\text{Verlustmenge(m}^3\text{)} * 1000}{\text{Rohrnetz(km)} * 365 * 24 * 60}$$

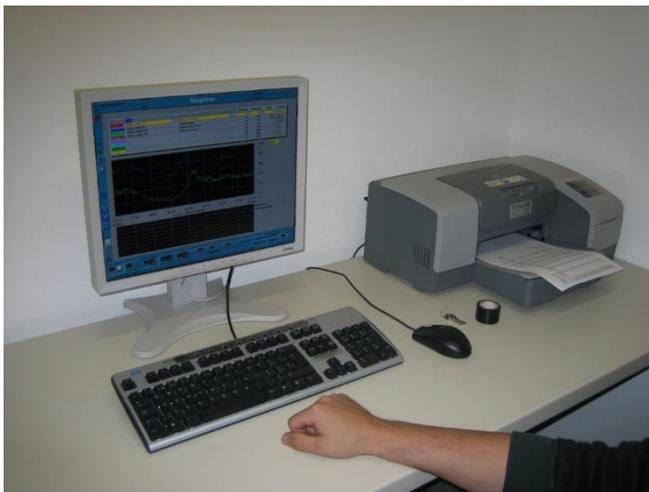
Beispiel:

Verlustmenge (aus Bilanzierung)	50000 m <sup>3</sup>
Rohrnetz ohne Hausanschlüsse und Transportleitungen	25 km
Verlustkennwert	3.8 l/min/km

Tolerierbare Verlustkennwerte (bei ca. 35 – 50 Anschlüsse pro km)

**1 - 3l/min/km**

# Wassersteuerung



Zeitintervall	W1101_1103 Berneckertrasse Abgabe an Heerbrugg	W9001_1102 Schaicht Neuau Abgabe an Heerbrugg	GAU01_1101 Schaicht Hühnerau Abgabe an Au	W6001_1101 Schaicht Neufeld Abgabe an Au	W6001_1101 PW Abgabe an HD-Pumpen	GAU03_1101 SIFW Haslach Fördermenge Pumpen	GAU04_BIL Bilanz Reservoir Meidlegg	GAU02_BIL Bilanz Reservoir Monstein	BAU04BRV Bezug Au von WMR	VHE Verbrauch Heerbrugg	VAUNZ Verbrauch Niederzone Au	VAUNZ Verbrauch Hochzone Au	VAU Verbrauch Au-Heerbrugg
00:00-01:00	15	12	0	0	0	0	-1	-11	27	27	0	-1	15
01:00-02:00	14	11	0	0	0	0	-1	-8	25	25	0	-1	16
02:00-03:00	15	11	0	0	0	0	0	-7	26	26	0	0	19
03:00-04:00	8	17	0	0	0	0	-1	-8	25	25	0	-1	16
04:00-05:00	5	22	0	0	44	0	-1	34	71	27	44	-1	104
05:00-06:00	5	38	0	0	37	0	-2	20	80	43	37	-2	98
06:00-07:00	21	31	0	0	39	13	8	-19	91	52	26	21	80
07:00-08:00	28	35	0	0	18	0	-4	-28	81	63	18	-4	49
08:00-09:00	29	35	0	0	0	1	-3	-45	64	64	-1	-2	16
09:00-10:00	29	26	0	0	0	11	7	-51	55	55	-11	18	11
10:00-11:00	29	27	0	0	56	0	-2	18	112	56	56	-2	128
11:00-12:00	29	30	0	0	27	0	-2	-10	86	59	27	-2	74
12:00-13:00	30	32	0	0	39	0	-3	0	101	62	39	-3	98
13:00-14:00	29	28	0	0	48	8	6	2	105	57	40	14	113
14:00-15:00	27	24	0	0	30	4	1	-3	81	51	26	5	79
15:00-16:00	28	28	0	0	40	0	-2	11	96	56	40	-2	105
16:00-17:00	26	26	0	0	6	0	-2	-28	58	52	6	-2	28
17:00-18:00	1	52	0	0	74	0	-2	38	127	53	74	-2	163
18:00-19:00	2	54	0	0	21	12	8	-31	77	56	9	20	54
19:00-20:00	4	59	0	0	76	0	-4	32	139	63	76	-4	167
20:00-21:00	9	56	0	0	15	0	-4	-25	80	65	15	-4	51
21:00-22:00	1	50	0	0	92	11	8	46	143	51	81	19	197
22:00-23:00	0	42	0	0	91	1	-2	60	133	42	90	-1	191
23:00-00:00	0	35	0	0	21	0	-1	2	56	35	21	-1	57
<b>Summe</b>	<b>384</b>	<b>781</b>			<b>774</b>	<b>61</b>	<b>1</b>	<b>-11</b>	<b>1939</b>	<b>1165</b>	<b>713</b>	<b>62</b>	<b>1929</b>
Mittelwert	17.45	32.54			43.00	7.63	0.04	-0.46	80.79	48.54	29.71	2.58	80.38
Stunden-Max.	30	59			92	13	8	60	143	65	90	21	197
Zeit Std-Max.	12:00-13:00	19:00-20:00			21:00-22:00	06:00-07:00	06:00-07:00	22:00-23:00	21:00-22:00	20:00-21:00	22:00-23:00	06:00-07:00	21:00-22:00
Stunden-Min.	1	11			6	1	-4	-51	25	25	-11	-4	11
Zeit Std-Min.	17:00-18:00	01:00-02:00			16:00-17:00	08:00-09:00	07:00-08:00	09:00-10:00	01:00-02:00	01:00-02:00	09:00-10:00	07:00-08:00	09:00-10:00

# Nachtverbrauchsmessung

Während der verbrauchsarmen Zeit zwischen 2 und 4 Uhr wird die benötigte Wassermenge aufgezeichnet und entsprechend ausgewertet.

Zu Beachten gelten die bekannten Nachtverbraucher wie Industrie oder laufende Brunnen.

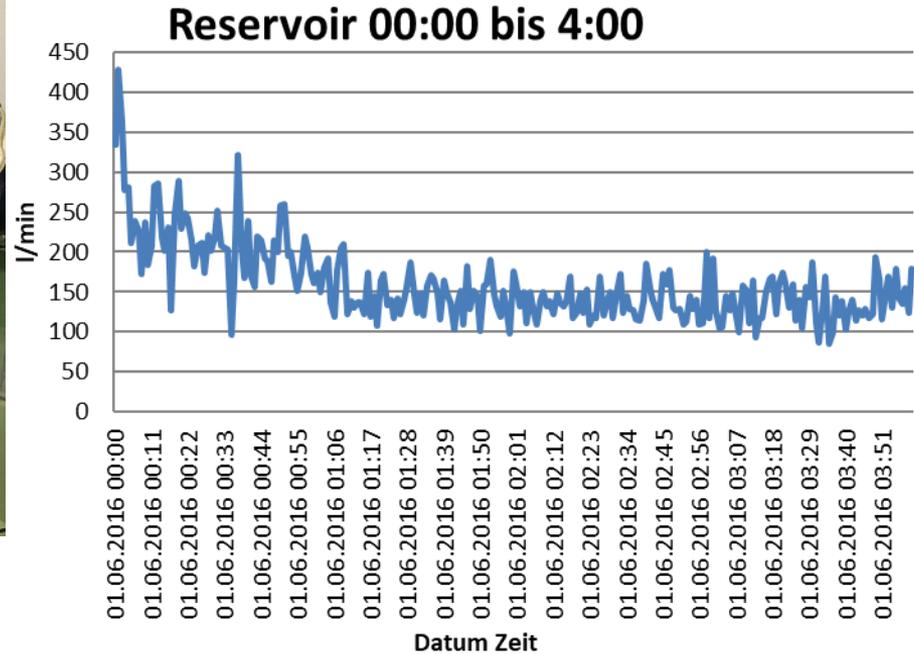
Für kleinere und mittlere Versorgungen gilt:

**min. Nachtverbrauchswert =  
pro Einwohner 2 l/h + pro Rohrnetzkilometer 2 l/min**

Beispiel:

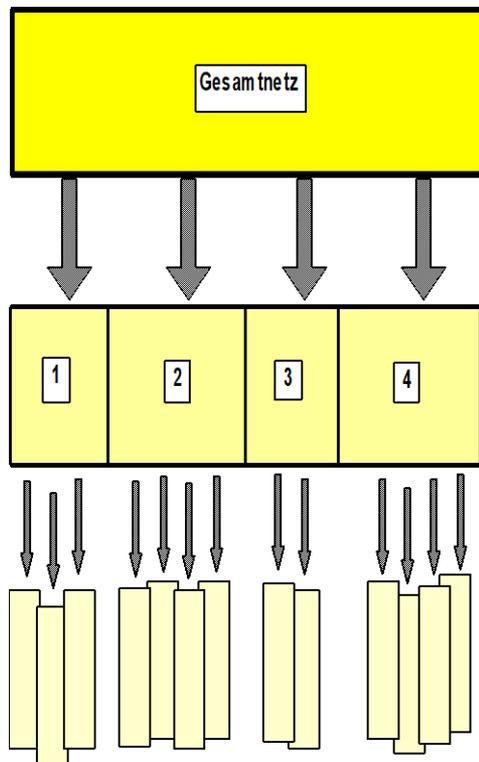
Einwohner	1800E	60l/min
Rohrnetz	20km	40l/min
Gesamt		100l/min

# Mobile Messung mit Ganglinie

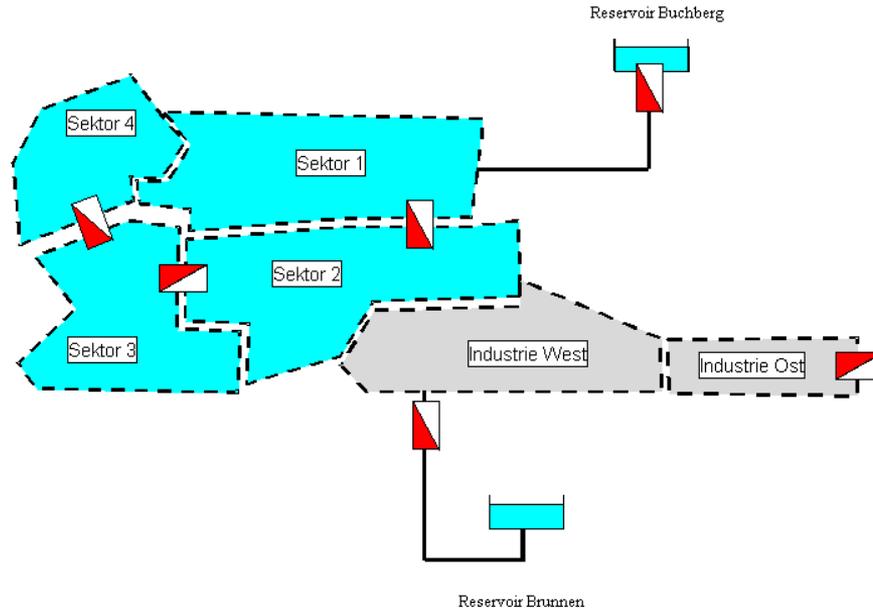




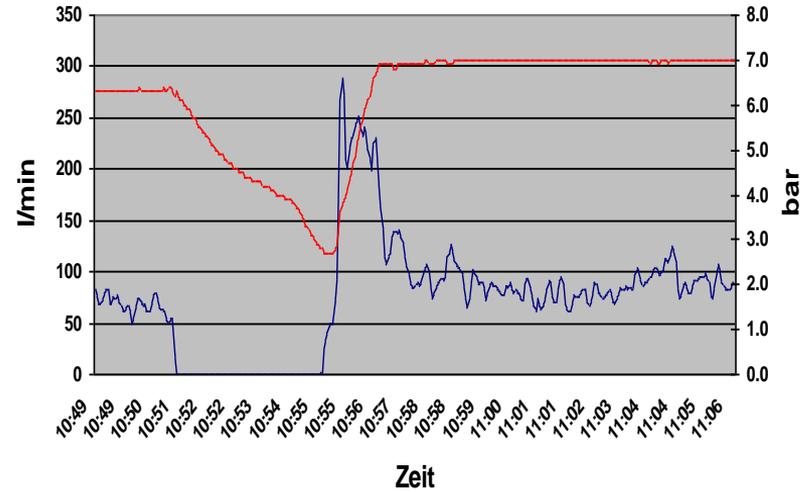
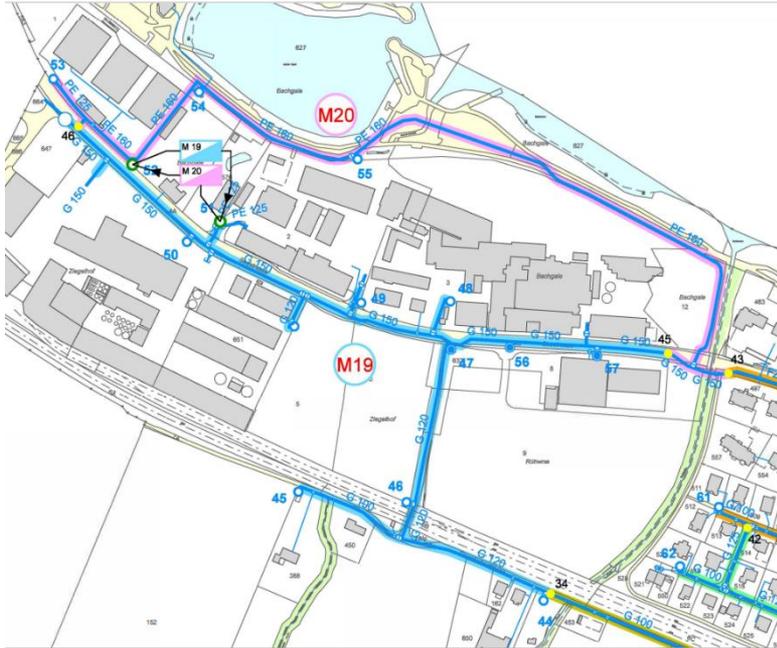
# Quantitative Verlustkontrolle



# Grossraumsektormessung



# Sektorenmessungen



# Fazit

Eine Lecküberwachung, unabhängig der angewandten Untersuchungstechnik, beginnt mit der Kontrolle anhand der Daten aus der Wassersteuerung.

Das ist in erster Linie die Aufgabe des Brunnenmeisters

# Netzüberwachungssysteme



Bildquelle: <https://www.srf.ch/sendungen/dok/rohrbruch-in-zuerich-verlust-und-ein-haltloses-durcheinander>

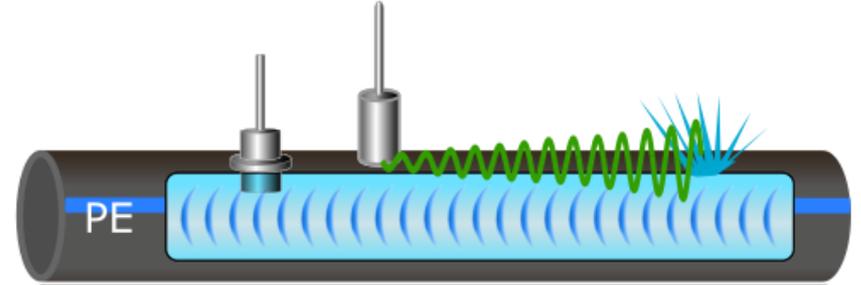
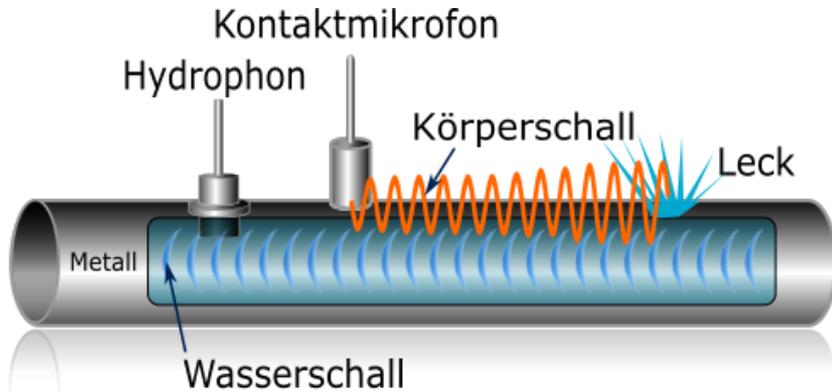
# Einordnung

- Wasserbilanzierung (Mindestverbrauch nachts)
- Netzkontrolle bei Leckverdacht
- periodische Netzkontrolle
- **temporäre Netzüberwachung**
- **permanente Netzüberwachung**
- Fein-Leckortung

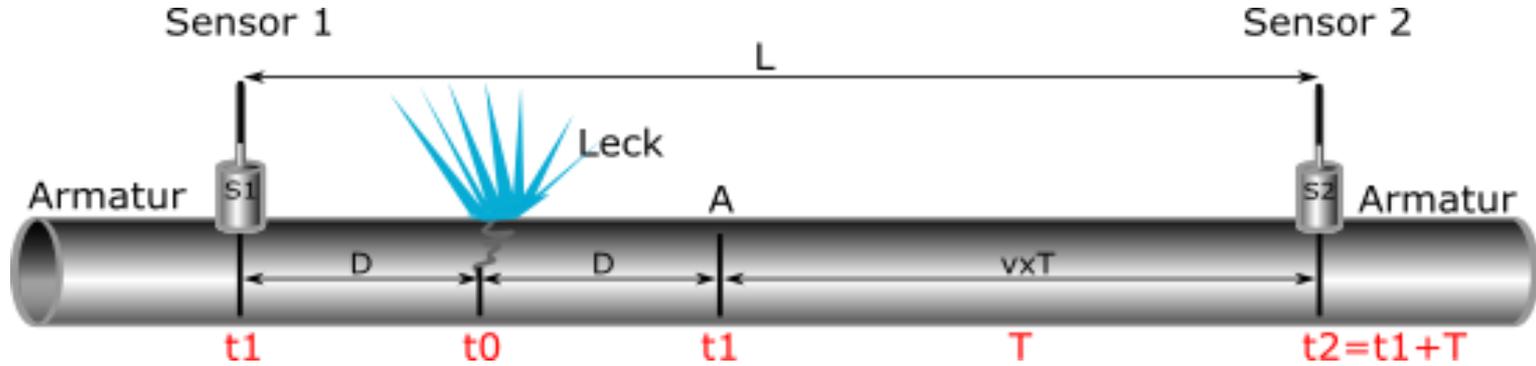
# Schall

- Schallquelle erzeugt ein spezifisches Geräusch
- Schallgeschwindigkeit (Materialwert)
- Schalldämpfung (Materialwert)
- Schallpegel (Messwert der Lautstärke, ortsabhängig)
- Schallspektrum (Analyse des Geräuschcharakters)
- Grundrauschen

# Grundlagen



# Korrelation I



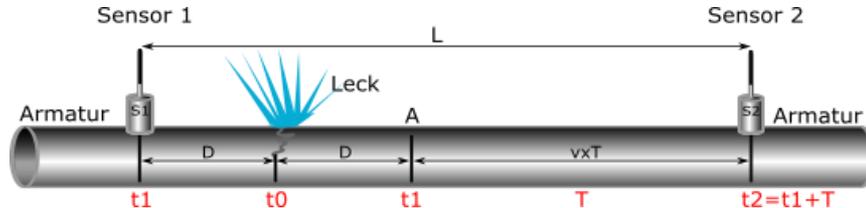
$T$  = Gemessene Zeitdifferenz (Ergebnis der Korrelation)

$L$  = Leitungslänge zwischen Sensor 1 und Sensor 2 (GIS-Daten)

$v$  = Schallausbreitungsgeschwindigkeit (u.a. abhängig von Material und Dimension)

$$D = \frac{L - v \cdot T}{2}$$

# Korrelation II



Schallausbreitungsgeschwindigkeiten:

in Luft <sup>1)</sup>	ca. 343 m/s
in Wasser <sup>1)</sup>	ca. 1'484 m/s
in PE <sup>2)</sup>	ca. 379 m/s
in Eternit <sup>2)</sup>	ca. 1'180 m/s
in Gusseisen <sup>2)</sup>	ca. 1'280 m/s

$$D = \frac{L - v \cdot T}{2}$$

Zahlenbeispiel:  $L = 100 \text{ m}$ ,  $v = 1'280 \text{ m/s}$ ,  $T = 20 \text{ ms}$

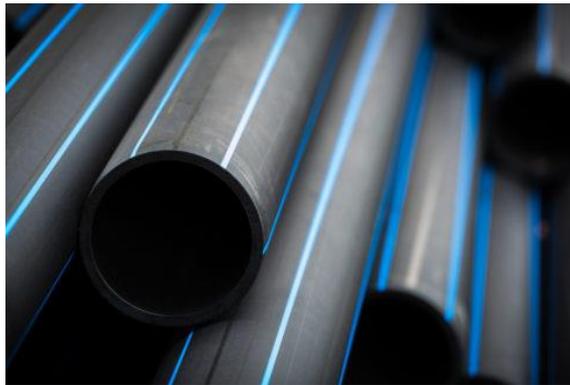
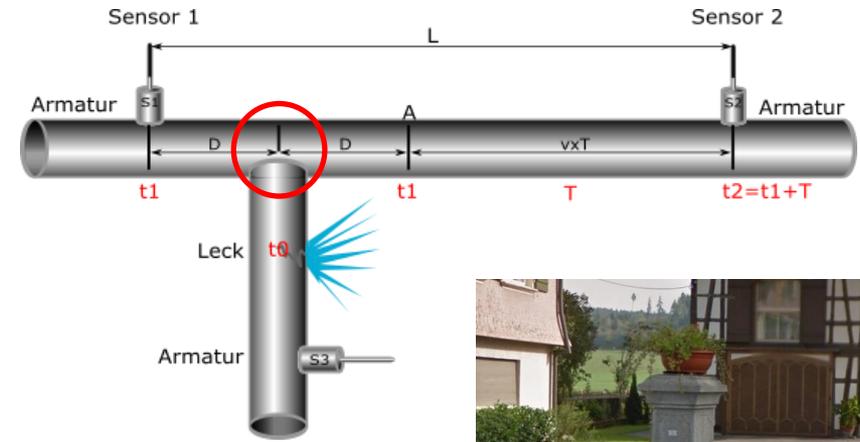
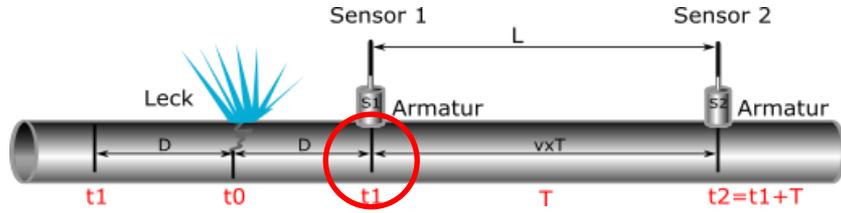
$$D = (100\text{m} - 1'280 \text{ m/s} \cdot 0.02\text{s}) / 2 = (100\text{m} - 25.6\text{m}) / 2 = 37.2 \text{ m}$$

Fehlerquellen, welche zu ungenauen Resultaten führen:

- Sensoren sind nicht zeitsynchron
- ungenaue Leitungslängen (GIS-Daten)
- falsche Leitungsdimensionen und/oder Materialien (GIS-Daten)

Datenquelle: 1) [https://de.wikipedia.org/wiki/Schallgeschwindigkeit#Schallgeschwindigkeit\\_in\\_Festk](https://de.wikipedia.org/wiki/Schallgeschwindigkeit#Schallgeschwindigkeit_in_Festk); 2) SVGW, W. Spiess @Dim80

# Praxisbeispiele

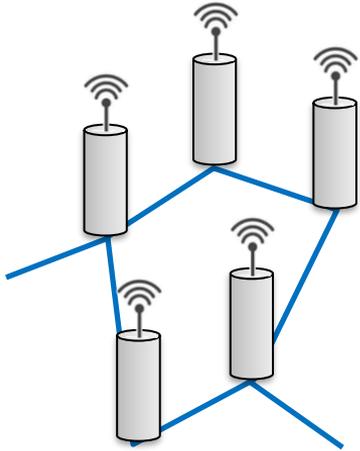


Bildquelle: heimwerk.org

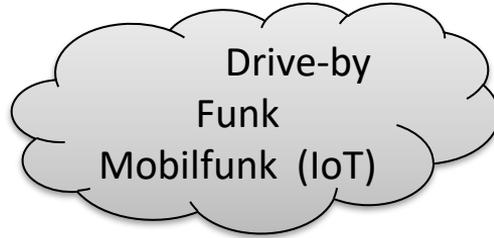


Bildquelle: Google Streetview

# Systemaufbau



Geräuschlogger  
& GIS-Daten

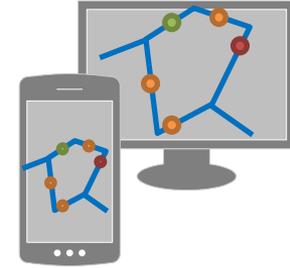


Kommunikation



Datenauswertung

- Pegelmessung
- Spektrumanalyse
- Histogramm
- Korrelation



Applikation

# Kosten/Nutzen I

Beispiel: Grobkostenschätzung für permanente Netzüberwachung mit Leckortung durch Korrelation (Investitionen + 10 Jahre Betrieb)	CHF
Geräuschlogger für ca. 200 Netzabschnitte (200 Stk. à ca. 800 CHF/Stk.) <i>@Netzabschnitt = 100-250 m =&gt; Netzlänge von ca. 20-50 km</i>	160'000
Kommunikationssystem (200 SIM-Karten à ca. 5 CHF/Stk.)	1'000
Software-Lizenzen	6'000
Setzen der Geräuschlogger (200 Stk. à ca. 40 CHF/Stk.)	8'000
Projektkosten (Engineering, Schulung)	15'000
öffentliche Beschaffung, Evaluation, Angebotsvergleich, Werkvertrag	30'000
Total einmalige Investitionen	220'000
10 Jahre Systemnutzung inkl. Kommunikation, Service und Wartung à ca. 28'000 CHF/Jahr	280'000
<b>Total Investitionen und 10 Jahre Betrieb</b>	<b>500'000</b>

# Kosten/Nutzen III

Abschätzungen basierend auf Durchschnittswerten	Kennzahl
<p>Durchschnittliche Anzahl Schäden im Verteilnetz <i>@50 km Netzlänge =&gt; 6.5 Schäden/Jahr</i></p> <p>Die Anzahl Schäden werden durch ein Netzüberwachungssystem nicht weniger. <b>Aber die Lecks werden umgehend erkannt!</b></p>	<p>ca. 0.13 n/km*a <sup>1)</sup></p>

1) Datenquelle: [https://www.aquaetgas.ch/wasser/trinkwasser/20191203\\_ag12\\_benchmarking-light/](https://www.aquaetgas.ch/wasser/trinkwasser/20191203_ag12_benchmarking-light/)

# Kosten/Nutzen IV

Investitions- und  
Betriebskosten



reduzierte Netzverluste \* Gestehekungskosten

eingesparte Wiederherstellungs-  
kosten für Folgeschäden

Planbarkeit der Reparaturen  
(Reduktion der Pikett-Einstätze)

Schonung der Wasser-  
Ressourcen (Trockenheit)

eingesparte Versicherungskosten  
durch reduziertes Schadenspotential

periodische Netzkontrolle entfällt

# Beschaffungswesen

Verfahrensart	Lieferungen und Dienstleistungen (Auftragswert in CHF ohne MWST)
Freihändiges Verfahren	unter 150'000
Einladungsverfahren	unter 250'000
offenes/selektives Verfahren	ab 250'000
im Staatsvertragsbereich nach GATT/WTO	ab 700'000

## Berechnung des Auftragswertes

Quelle: IVöB 720.3

- + Jede Art der Vergütung
- + Optionen auf Folgeaufträge
- + Bei Aufteilung in Teilaufträge z.B. Geräuschloggerlieferung: Gesamtwert für 12 Monate
- + Bei Aufträgen mit unbestimmter Dauer z.B. Dienstleistung: Gesamtwert für 48 Monate



# Fragen?

**Werner Spiess**

+41 58 100 91 78

w.spiess@waelli.ch

**Damian Kempfer**

+41 71 929 40 63

damian.kempfer@kempfer-meile.ch