

Energie in der Wasserversorgungen

Wasserwerke Zug AG, 30. Oktober 2008

Pumpen - Herzstück und grösster Stromverbraucher einer WV

Beat Kobel

Dipl. Bau- und Betriebs-
Wirtschaftsingenieur HTL/NDS



RYSER | INGENIEURE AG
Engestrasse 9, 3000 Bern 9
Tel. 031 560 03 03 www.rysering.ch

Energie in der Wasserversorgungen

Wasserwerke Zug AG, 30. Oktober 2008

Ermittlung der Potentiale

Beat Kobel

Dipl. Bau- und Betriebs-
Wirtschaftsingenieur HTL/NDS



RYSER | INGENIEURE AG
Engestrasse 9, 3000 Bern 9
Tel. 031 560 03 03 www.rysering.ch

Inhaltsverzeichnis

- Ausgangslage/allgemeine Überlegungen
- Instrumente/Dienstleistungen
- Grob- und Feinanalysen
- **Praxisbeispiele**
 - Überblick
 - Einzelmassnahmen
- Zusammenfassung

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Ausgangslage/allgemeine Überlegungen

Primäre Aufgabe der WV

**Qualitativ und quantitativ
einwandfreie Versorgung
der angeschlossenen Bezüger**



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



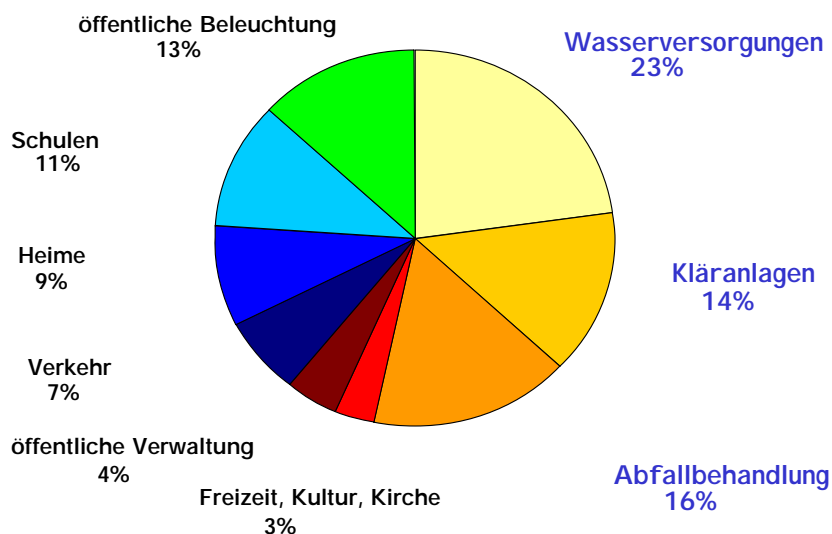
EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

WV in der CH

Energiebezug 400 Mio kWh pro Jahr
Kosten von 60 Mio Franken pro Jahr

„nur“ 4 % der Gesamtkosten
aber 20 % der variablen,
beeinflussbaren Kosten

Elektrizitätsverbrauch in Gemeinden



Total mehr als 50 %

Optimale Ergänzung/Synergie

Energetische Analyse

als Basis

Energiekosten- und Betriebsoptimierung

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Schützen und Nützen



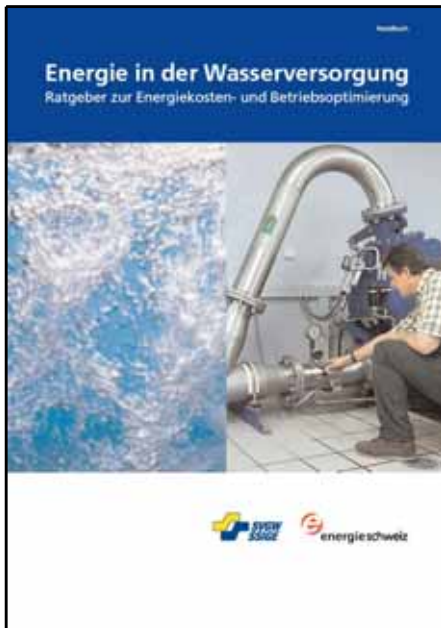
zum Wohle aller!

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Hardware



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Handbuch

Inhalt

- Überblick
Energieverbrauch in WV
Erfahrungen zur systematischen
Energiekostenoptimierung
- Fachwissen
Effizienz in der Förderung, in der
Aufbereitung, in Betriebsräumen,
Stromproduktion
- Vorgehen und Arbeitsinstrumente
Grob-/Feinanalyse, energetische
Beurteilung, Richt- und Zielwerte
Wirtschaftlichkeitsrechnung

Adressaten

- Betreiber,
Gemeindevertreter
- Betriebspersonal,
Brunnenmeister
- Ingenieure
- Behörden

Bezug: Schweizerischer
Verein des Gas-
und Wasserfaches
(SVGW)

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

energetische Beurteilung (S. 191)

Energetische Beurteilungskriterien und Vergleichswerte (Richt- und Zielwerte)			Grösse der Wasserversorgung (versorgte Einwohner)								
			unter 3'000	3'000	10'000	10'000	50'000	über 50'000			
		Einheit	Richtwert	Zielwert	Richtwert	Zielwert	Richtwert	Zielwert	Richtwert	Zielwert	
1. Prozentuale Wasserverluste											
Q _{Ver}	Wasserverluste in % der gesamten Wasserabgabe im eigenen Versorgungsgebiet	%	13%	11%	11%	9%	10%	8%	9%	7%	
2. Energieeffizienz der Pumpen											
e _{Pump}	Energieeffizienz der einzelnen Pumpen, ohne Zubringerpumpen (Verhältnis von effektivem zu theoretisch notwendigem Stromverbrauch)	kleine Pumpen: unter 5 kW Leistung	-	2.25	1.80	2.25	1.80	2.25	1.80	2.25	1.80
		mittelgrosse Pumpen: 5 kW bis 50 kW	-	1.80	1.55	1.80	1.55	1.80	1.55	1.80	1.55
		grosse Pumpen: über 50 kW Leistung	-	1.60	1.45	1.60	1.45	1.60	1.45	1.60	1.45
Vergleichswerte											
Q _{tot}	Wasserabgabe total pro Einwohner und Tag	l/Einw. d	350	300	350	300	350	300	350	300	
Q _{H+G}	Wasserabgabe Haushalt + Kleingewerbe pro Einwohner und Tag	l/Einw. d	200	175	200	175	200	175	200	175	
Q _{Ver}	Reale Wasserverluste pro km Netzlänge (ohne Hausanschlüsse)	l/min km	4.00	3.00	4.25	3.25	4.50	3.50	4.75	3.75	

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Energieeffizienz der Pumpen e_{pump}

$$E_{\text{pump}} [-] = \frac{\text{Jahreselektrizitätsverbrauch der Pumpe [kWh/a]}}{\text{Fördermenge [m}^3\text{/a]} \bullet \text{manometrische Förderhöhe [m]}} \bullet 367$$

Verhältnis zwischen effektiv für Förderung aufgewendeten Elektrizität zum theoretisch notwendigen Elektrizitätsverbrauch

Gilt nur für Netzpumpen und nicht für Zubringerpumpen

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Weiterentwicklung

Detaillierter Pumpencheck mit
energetischer Analyse von
Pumpe und Motor
und Beurteilung des Zustand
des gesamten Förderaggregates

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Software

Aquacalc

Excel-Programm zur einfachen
Erstellung der Analysen
und Berechnung der Beurteilungskriterien

www.infrastrukturanlagen.ch

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Grundsätze

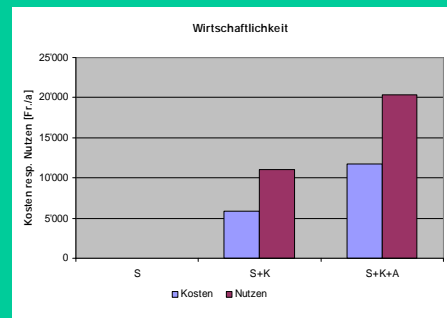
Machbarkeit

Trinkwasserqualität und Versorgungssicherheit dürfen durch Energiesparmassnahmen nicht beeinträchtigt werden



Wirtschaftlichkeit

Investitionskosten und Mehrkosten im Betrieb sollen den Nutzen der Sparmassnahmen nicht übersteigen.



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Der Unterschied

Grobanalyse

=

erste Abklärungen
Standortbestimmung
Entscheidungsgrundlage
für weiteres Vorgehen
(Feinanalyse ja/nein)

Feinanalyse

=

Entscheidungs-
grundlagen
für
Kreditsprechung und
Realisierung
von möglichen
Energiesparmassnahmen

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Im Bericht



- Bestandesaufnahme der Wasserversorgung
- Suche nach Energiesparpotenzial
- Formulierung und Abklärung der Machbarkeit der Sparmassnahmen
- Betrachtung der Wirtschaftlichkeit (Kosten-Nutzen) der vorgeschlagenen Sparmassnahmen



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale

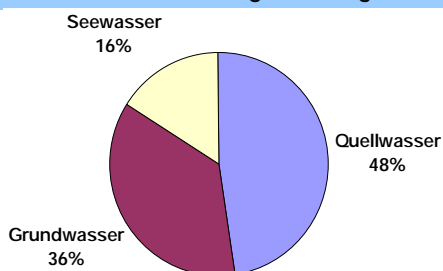


EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

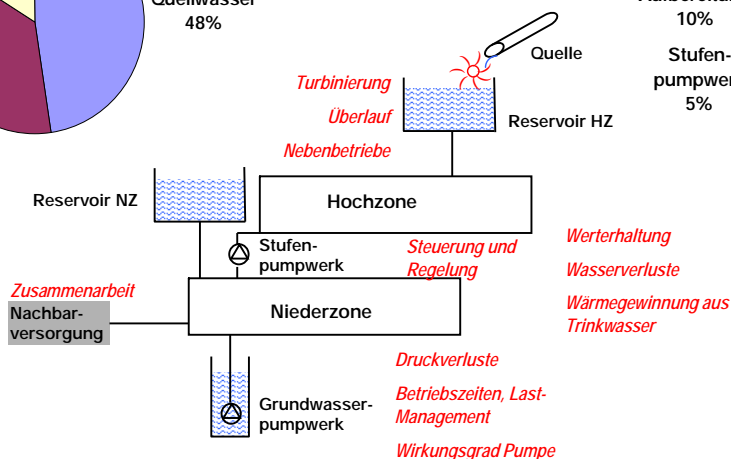
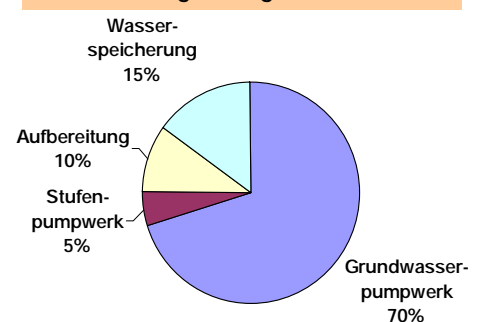
Praxisbeispiele: Überblick

Die typische WV

Anteil Wassergewinnung



Verteilung Energieverbrauch



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Ansatzpunkte Energiereduktion

1. Pumpbetrieb vermeiden
2. Energiebedarf Pumpen reduzieren
3. Energiebedarf Wasseraufbereitung
4. Energiebedarf der Nebenanlagen
5. Energieproduktion

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Erfahrungen aus 20 Analysen

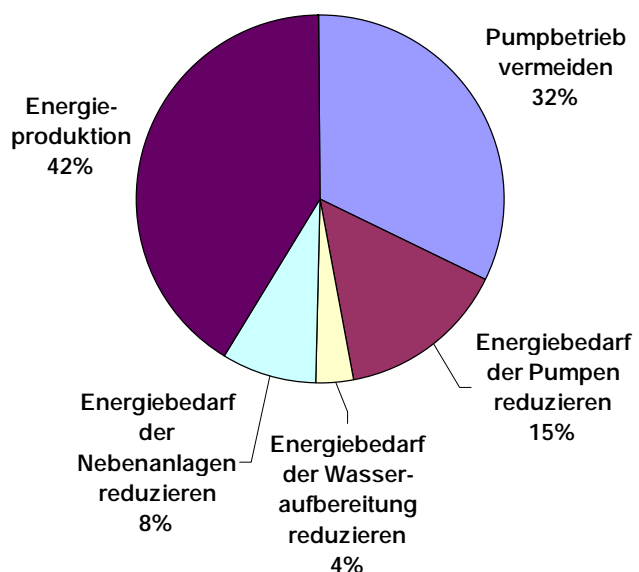
Bezüger: 225'000 Einwohner (2'-20')
Energieverbrauch: 11'800'000 kWh/a
Reduktion: 3'800'000 kWh/a
→ Energiereduktion von $\frac{1}{3}$

Energiekostensparnis pro Analyse:
Ø = Fr. 25'000.-/a

Betriebskostensparnis pro
Feinanalyse Ø = Fr. 20'000.-/a
(nach Abzug Investitionskosten)

Kosten-/Nutzenverhältnis: Ø = 0.6

Gesamtenergiereduktion



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Pumpbetrieb vermeiden



Minimierung der nicht ver- rechenbaren Wasserabgabe (Wasserverluste)

- Auswertung der Wasserabgabe
- Netzuntersuchung
- gezielter Netzunterhalt
- permanente Werterhaltung

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Pumpbetrieb vermeiden



Maximierung des frei zulaufenden Quellwassers

- Pflege der Schutzzonen
- Sanierung von Quellen
- optimale Bewirtschaftung der Reservoirs
- Wasserabgabe an Nachbarversorgung

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

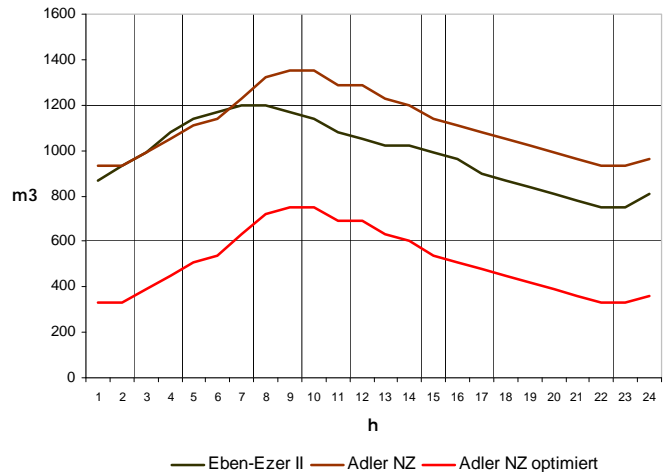
Überlauf/MSR/Zusammenarbeit

WV Frenkendorf

- Mehrnutzung Quellwasser
ca. 6'000 m³/a
- Eingesparte Energie
ca. 3'800 kWh/a
- Ertrag durch eingesparte
Pumpenergie und
Konzessionsabgaben
ca. 650.- Fr./a
- Investitionskosten keine

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale

Beispiel Optimierung Füllkurve Reservoir Adler NZ
anhand 19.1.1999



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Energiebedarf Pumpen reduzieren



- Primärer Einsatz von Pump-
werken mit geringstem spez.
Energiebedarf (kWh/m³)
- Wahl der optimalen
Fördermenge
- Wirkungsgrad der Pumpen
maximieren
- Energiekostenoptimierung

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Wirkungsgrad Pumpen

Bohrlochpumpe

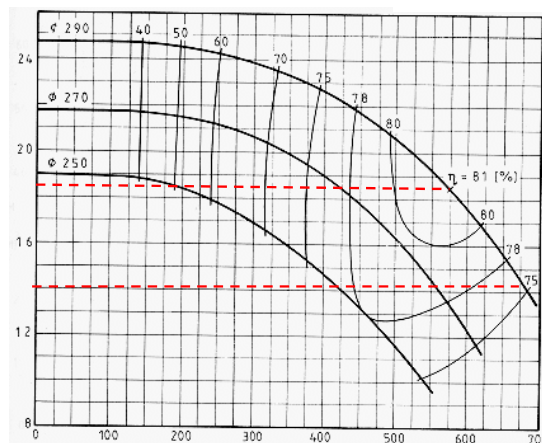
4-stufig

H ausgelegt = 74 m → 18.5 m / Stufe

H aktuell = 56 m → 14.0 m / Stufe

3-stufig

H aktuell = 56 m → 18.7 m / Stufe



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Wirkungsgrad Pumpen

WV Solothurn

- Eingesparte Energie
ca. 30'000 kWh/a
- Ertrag ca. 2'500Fr./a
- Investitionskosten
ca. Fr. 3'000.- bis 5'000.-



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Energiebedarf Wasseraufbereitung



- kann Wasseraufbereitung vermieden oder reduziert werden
- Pflege der Schutzzonen
- Wahl der optimalen Verfahren (Gewichtung der Investitions- und Betriebskosten)
- bedarfsgerechte Regelung
- laufende Überwachung

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Energiebedarf Nebenanlagen



**Grundsatz:
Einsatz so viel wie nötig,
so wenig wie möglich**

- Reduzieren von Feuchtigkeitsquellen
- Wärmeisolation
- Einsatz von Adsorptionsentfeuchtern
- laufende Überwachung

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Nebenbetriebe (Entf./Heizung)

WV Grenchen

- Ersatz von alten Klimaanlage durch Adsorptionsentfeuchter
- Eingesparte Energie ca. 103'000 kWh/a
- Ertrag ca. 18'500 Fr./a
- jährlicher Gewinn ca. 13'500 Fr./a



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Energieproduktion



- geringe Investitionskosten und Unterhalt
- erneuerbare Energie (zertifizierbar)
- in der Regel keine neuen Eingriffe in Natur und Landschaft

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Energieproduktion

Berechnung der Leistung (Faustformel)

$$\text{Leistung} = 7 \times \text{Höhe} \times \text{Wassermenge}$$

$$[\text{kW}] = \quad \quad \quad [\text{m}] \quad \quad \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



Energieproduktion

Berechnungsbeispiel:

Höhendifferenz: 542 m

Wassermenge: 600 l/min

$$= 0.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

Energie = 7 x 542 m x 0.01 m³/s

$$= 37 \text{ kW}$$

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



Wärmeentnahme aus Trinkwasser



- Wärmemenge von 1.2 kWh/m³ pro 1°C Abkühlung
- Nutzung mittels Wärmepumpen
- Rückspeisung oder Überlaufprinzip
- Erschliessungskosten der Wärmequelle ist kostengünstig
- Nutzung freier Kapazitäten im Winter
- Wärmeleistungsbedarf > 150 kW bzw. 100 Einwohner (200 l/min)
- Finanzierung mittels Contracting

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Nutzung mittels Wärmepumpe

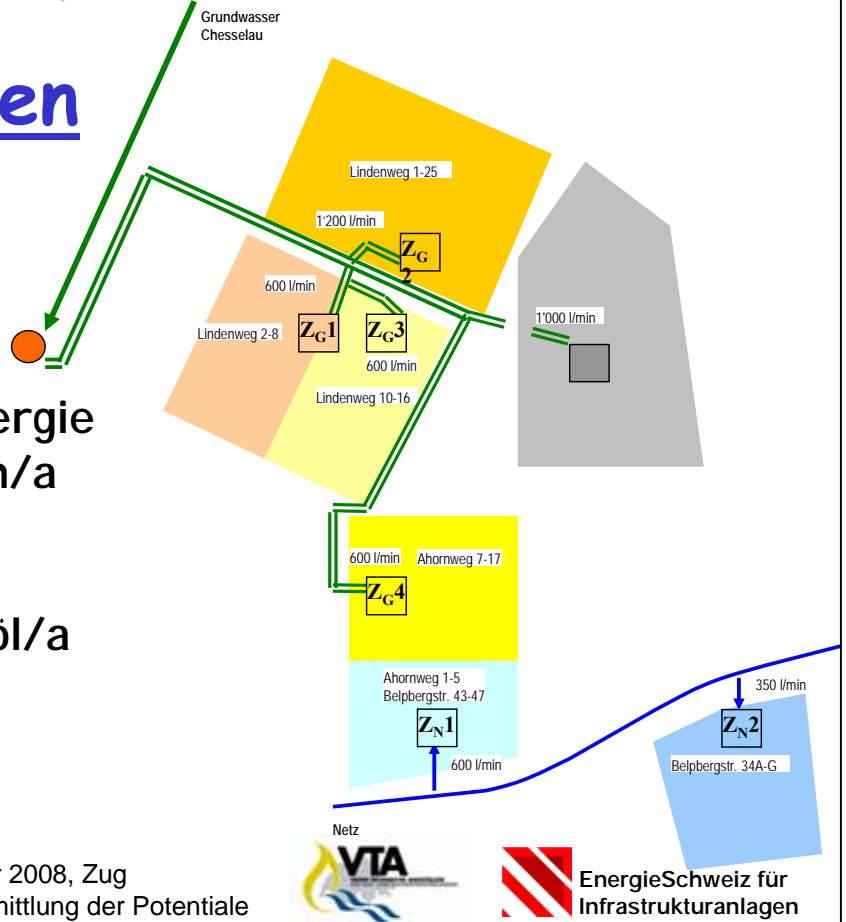


VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

WV Münsingen



- genutzte Wärmeenergie ca. 2'000'000 kWh/a
- Substitution von ca. 250'000 l Heizöl/a

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

WV Münsingen



Komfort und Lebensqualität dank sorgsamem Umgang mit Ressourcen

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

WV Zürich

Wärmenutzung aus Trinkwasser: Siedlung Neubühl, Zürich

- genutzte Wärmeenergie
ca. 1'600'000 kWh/a
- Substitution von
ca. 220'000 l Heizöl/a



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Grundsätzlicher Unterschied

Überlaufprinzip

Nach Wärmeentnahme in Vorfluter
eingeleitet oder versickert

Rückspeiseprinzip

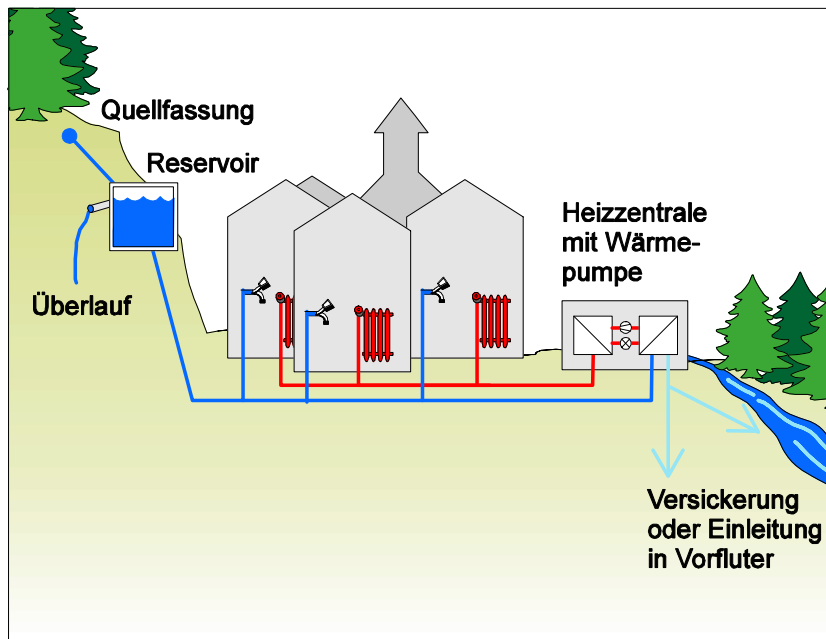
Rückspeisung ins Versorgungsnetz
nach Wärmeentnahme (Vorsicht vor
Verunreinigungen und Kreislaufzirkulation)

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Überlaufprinzip

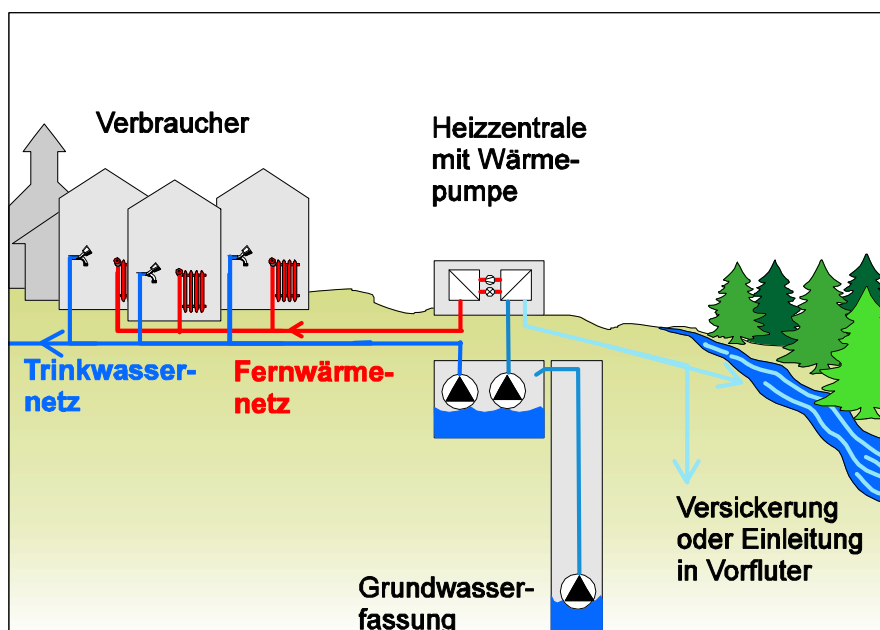


VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Überlaufprinzip

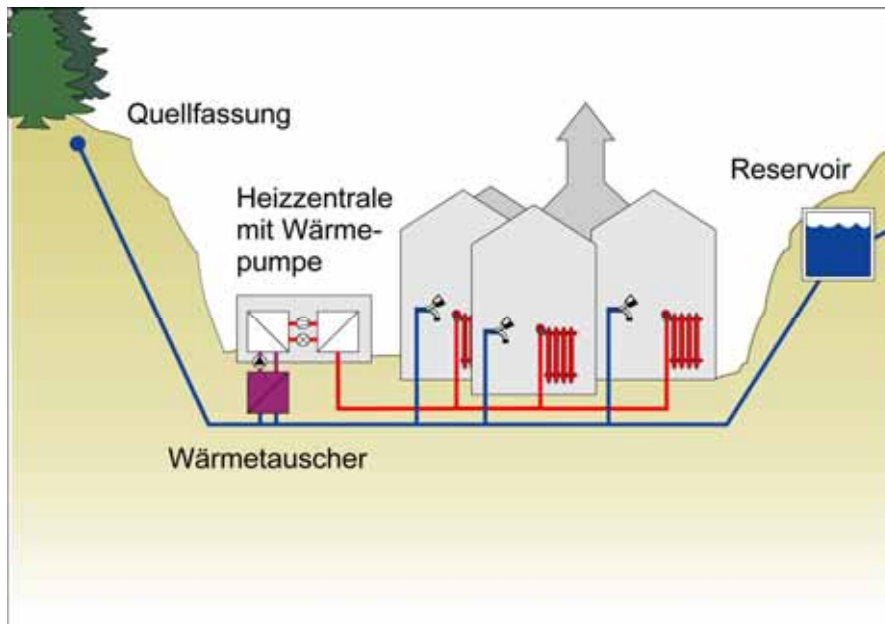


VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Rückspeiseprinzip



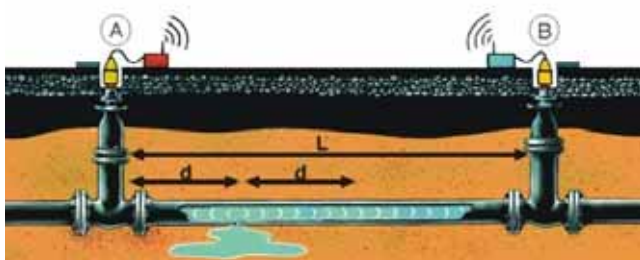
VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Werterhaltung/Wasserverluste

Leckortung



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Werterhaltung/Wasserverluste

Vergleichswerte von Wasserverlusten in Bezug auf Druck und Durchmesser des Lecks

Bar	Leck mm	l/min	l/Stunde	m ³ /Tag	m ³ /Monat	m ³ /Jahr
8	2	6.5	390	9	274	3'280
	4	23	1'380	33	1'006	12'040
	6	50	3'000	72	2'196	26'280
	8	85	5'100	122	3'721	44'530
6	2	4.8	288	7	213	2'550
	4	18	1'080	26	793	9'490
	6	40	2'400	58	1'769	21'170
	8	70	4'200	101	3'080	36'880
4	2	3.8	228	5	152	1'820
	4	14	840	20	610	7'300
	6	32	1'920	46	1'403	16'790
	8	55	3'300	78	2'409	28'830

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Werterhaltung/Wasserverluste

Vergleichswerte von Wasserverlusten Rechenbeispiel

- **Annahme:**
Länge des Leitungsnetzes 100 km, Druck 8 bar,
Leck à ø 6 mm, 1 Leck pro km Leitungslänge
- **Verlust** = 26'280 m³/a Leck x 100 km x 1 Leck/km = 2.6 Mio m³/Jahr
- **Annahme:** 1/5 der Verluste können eingedämmt werden
- **Wassereinsparung** = 500'000 m³ → 1'000 l/min
- **Kosteneinsparung** = z.B. 200'000 kWh/Jahr → Fr. 30'000.-/Jahr
(falls die Grundwasserversorgung überwiegt)

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Werterhaltung/Wasserverluste

WV Frenkendorf

- jährliche Netzkontrollen
- Reduktion Verlust (1999-2002)
absolut ca. 92'727 m³/a in Prozent ca. 58 %
- Ertrag durch eingesparte Pumpenergie und Grundwassergebühren ca. 11'200 Fr./a
- somit finanzieren sich die Netzkontrollen selbst

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Betriebszeiten/Lastmanagement

WV Solothurn

- Eingesparte Energiekosten
ca. 16'000 Fr./a
- Investitionskosten keine,
nur organisatorische
Anpassungen im Unterhalt



VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Zusammenfassung



- Wasserversorgungen gehören in der Regel zu den grössten öffentlichen Energieverbrauchern innerhalb einer Gemeinde
- Eine energetische Analyse führt zu energetischen und betrieblichen Optimierungen
- Eine Analyse kann in der Regel kurzfristig amortisiert werden, von den Betriebskosteneinsparungen kann langfristig profitiert werden
- Die Schwelle zur Auslösung einer energetischen Analyse ist klein, Betriebskosten, die bei Umsetzung der Massnahmen eingespart werden können, sind in der Regel gross

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

Praxishinweise

Brunnenmeister / Betriebsleiter



- auf Skepsis gefasst sein
- Vertrauen gewinnen
- Nutzen von Insiderwissen
- Brunnenmeister / Betriebsleiter in Lösungssuche einbeziehen
- Respektieren von betrieblichen Zwängen

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen

**„Nutz und Schutz -
bringt
Sicherheit und Stutz“**

Viel Erfolg bei der Umsetzung!

VTA Wasser-Fachtagung, 30. Oktober 2008, Zug
Energie in der Wasserversorgung, Ermittlung der Potentiale



EnergieSchweiz für
Infrastrukturanlagen