

Kantonale Tagung für das zürcherische Klärwerkspersonal 2019

# Gesamtbetrachtungen «Energie in ARA»

25./26./28. November 2019, Bassersdorf

Beat Kobel, Bauing. HTL, Ryser Ingenieure AG (26)

Andreas Hurni, Geologe, NDS Siedlungswasserbau ETH, Ryser Ingenieure AG (28)

Michael Steiner, Umwelting. ETH, Ryser Ingenieure AG (25)

  
Ryser Ingenieure AG | Engestrasse 9 | Postfach 826 | 3000 Bern 9  
T 031 560 03 03 | info@rysering.ch | www.rysering.ch

Wasser ist unser Element  
wir tragen Sorge dazu

Nichts ist so beständig wie der Wandel

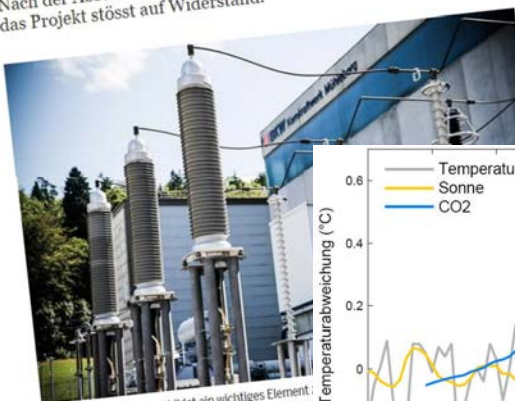
(Heraklit von Ephesus)



Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

## 70 Einsprachen gegen stärkere Stromleitung

Nach der Abschaltung des AKW Mühleberg soll mehr ausländischer Strom nach Bern fließen – doch das Projekt stösst auf Widerstand.



Der neue Transformator bildet ein wichtiges Element: Abschalten des Kraftwerks 2019. Bild: Esther Michel

Ende nächsten Jahres Mühleberg geht vom AKW liefert, wird we...

Adrian Sule  
Redaktor Wirtschaft

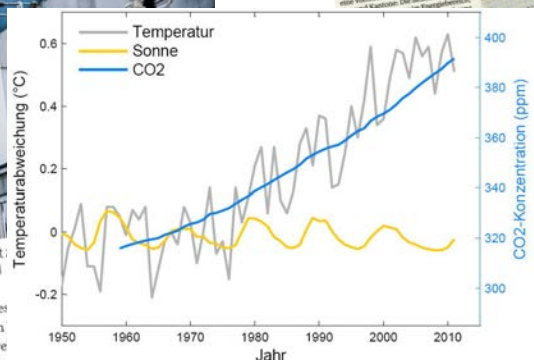
## Erdgas vor dem Ende?

Die Energiestrategie 2050 hat existenzbedrohende Folgen für die Schweizer Erdgaswirtschaft. Zumindest für deren Netz gibt es aber auch in Zukunft Verwendung. Von Marc Gusewski



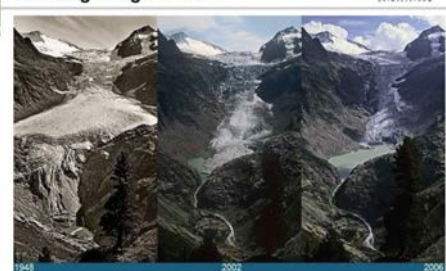
Der eingeschlagene Weg der Dekarbonisierung führt letztlich zur Auflösung der Erdgaswirtschaft.

13 Prozent am Energiepreis  
Zum Ende der Dekarbonisierung...



### Rückzug Triftgletscher

KWO



# Was beinhalten die nächsten 30 Minuten?

1. Übersicht «Energie in ARA»
2. Energiequellen und Verbraucher
3. Strom: Effizienz bei Planung, Betrieb und Ersatz
4. Eigenverbrauch
5. Strommarktdienstleistungen
6. Fördermittel
7. Energiestrategie am konkreten Beispiel
8. Energie ARA Bassersdorf

## 1. Übersicht «Energie in ARA»

Energie in ARA = Strom und Wärme



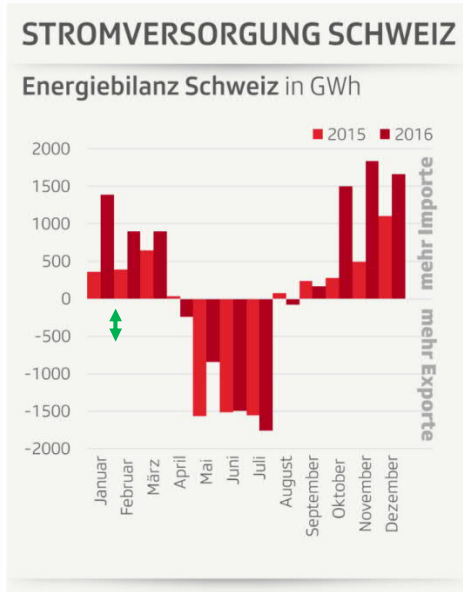
Abbildung 1-1: Stromverbrauch von kommunalen Gebäuden und Anlagen:  
Hochrechnung EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen (1)

Quelle: Infracore, Potentialanalyse und Massnahmenkatalog

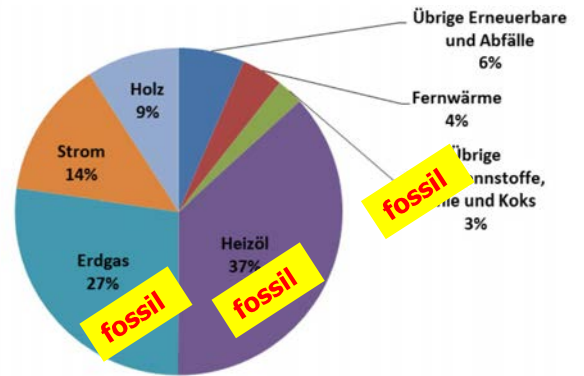


# 1. Übersicht «Energie in ARA»

Vergleich:  
 Monatsproduktion  
 AKW Mühleberg  
 = 270 GWh  
 (~ 5 % CH-Prod.)



## Wärmeerzeugung nach Energieträger (CH, 2013)



Quelle: BFE

Wasser ist unser Element  
 wir tragen Sorge dazu

# 2. Energiequellen und Verbraucher

## Verbraucher ARA



Strom ca.  
 30-40 kWh/EW.a

Wärme ca.  
 20-40 kWh/EW.a



## Produzent ARA

(PV ~ 100-200 kWh/m<sup>2</sup>/a)

Strom

Strom ca.  
 18 kWh/EW.a

Wärme

Wärme ca.  
 24 kWh/EW.a

(Abwasserwärmenutzung  
 ~ 100 kWh/EW.a)

## 2. Energiequellen und Verbraucher

Wichtigste Verbraucher Strom:

- Biologie ~ 2/3 Stromverbrauch der ARA
- Weitere wichtige Stromverbraucher: Pumpen, Motoren (Hebwerke, Rührwerke, Schlammbehandlung etc.)

Wichtigster Verbraucher Wärme:

- Faulung ~ 2/3 Wärmeverbrauch
- 1 m<sup>3</sup> FS um 22° C aufheizen benötigt 25 kWh → 9'100 kWh/a

## 2. Energiequellen und Verbraucher

Wichtigste Produzenten Strom:

- Blockheizkraftwerk ~ 50 bis 100 % des Bedarfs je grösser Anlage
- *Fotovoltaik-Anlagen (abwasser- und prozessunabhängig, 100-200 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr)*

Wichtigste Produzenten Wärme:

- Blockheizkraftwerk ~ 100 % des Bedarfs plus Überschuss im Sommer
- Biogasaufbereitung und Einspeisung ~ 6 kWh/m<sup>3</sup> Klärgas, siehe nächste Folie
- *Abwasserwärmenutzung ~ Potential deutlich grösser als BHKW*



Ohne Faulung kein Klärgas..., Energieinhalt aus Schlamm geht in Verbrennung (wird dort aber auch genutzt)

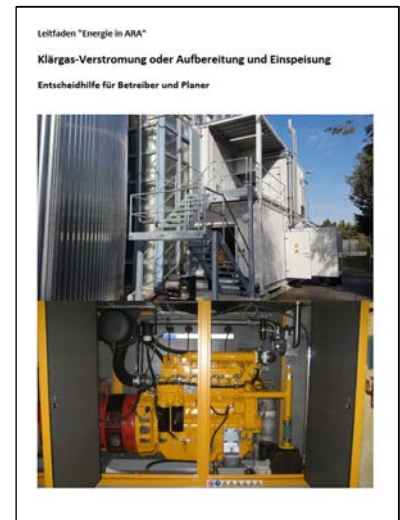
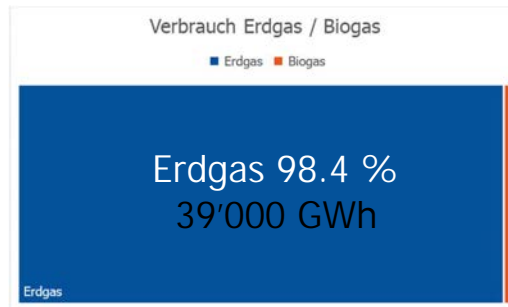
## 2. Energiequellen und Verbraucher

### Verkauf Energiequelle Klärgas

#### Klärgas: Einspeisung ins Erdgasnetz



Aufbereitung & Einspeisung



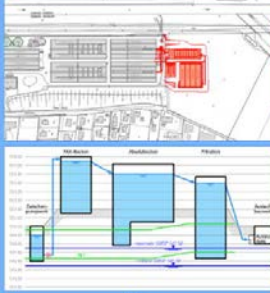
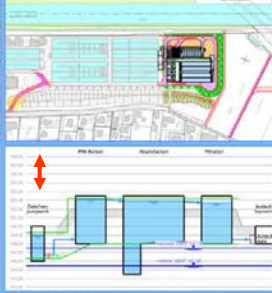

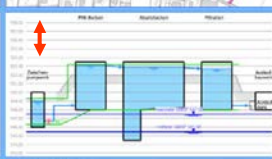


Wasser ist unser Element  
wir tragen Sorge dazu

## 2. Energiequellen und Verbraucher

- Aufbereitungsanlage für Klärgas nötig (verschiedene Verfahren erhältlich), damit Methangehalt > 96 %
- ARA kann entweder Klärgas oder Biogas (aufbereitetes Klärgas) an Gasabnehmer verkaufen
- Strom und Wärme muss anderweitig beschafft werden (anstelle BHKW)
- Gasindustrie: Grosse Lobby
- Überlegungen zum Gasnetz:
  - 98.4 % im Gasnetz ist fossil
  - Gibt es Gasnetz in 20 Jahren noch?



Wo fängt Energie-(sparen) an?

Stichwort	Vorher	Nachher
Layout		
hydraulisches Längenprofil		
3D		

Beim Planer ☺  
→ z.B. Förderhöhe sparen durch optimales Layout

Energetische Grob- und Feinanalysen dienen der Identifikation von Sparmassnahmen in Betrieb und bei Ersatz von Anlageanteilen



AUSSAGE	
Die ARA hat 1000 oder mehr angeschlossene EW (Einwohnerwerte).	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
In den letzten fünf Jahren hat keine umfassende Sanierung stattgefunden.	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
In den letzten acht Jahren wurde keine Energie-Feinanalyse durchgeführt.	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Der Gesamtstromverbrauch der ARA beträgt mehr als 30 kWh/EW · a (Jahresrechnung Strom geteilt durch EW).	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

Abbildung 5: Rasche Beurteilung mit Vorcheck: Bei mindestens drei zutreffenden Aussagen wird ein Grobcheck empfohlen.

### Grobcheck für ARA

- Relativ einfach
- Zusammenarbeit von Betrieb und Ingenieur

Fallweise Bearbeitung einer Feinanalyse

### 3. Effizienz Wärme bei Betrieb und Ersatz

#### Wärmeproduktion:

- Überprüfung thermischer Wirkungsgrad BHKW
- Bei Ersatz BHKW: Auf Wärmebedarf abstimmen, z.B. Abgaswärmerecuperation im Winter, Kombination mittels Wärmepumpe etc.
- Nutzung Überschusswärme im Sommer prüfen (Holzschnitzeltrocknung o.ä.)
- Potential Abwasserwärmenutzung prüfen

#### Wärmeverbrauch:

- Gebäudeisolationen, Raumtemperaturen anpassen
- Faulraum als Speicher nutzen, Temperatur 34° bis 39° (ausprobieren)

### 4. Eigenverbrauch Strom

#### EKZ Elektrizitätstarife 2019 für Geschäftskunden

Energieprodukt	Hochtarif Rp./kWh	Niedertarif Rp./kWh	Netzprodukt	Hochtarif Rp./kWh	Niedertarif Rp./kWh	SDL Rp./kWh	Förderung Energieeffizienz Rp./kWh	Bundesabgaben Rp./kWh	Total				
									Hochtarif Rp./kWh	Niedertarif Rp./kWh	Leistungspreis CHF/kW/ML	Grundpreis CHF/ML	
Mittelspannung mit Leistungsmessung, regelmässiger Bezug, ab 100 000 kWh/a													
EKZ Mixstrom Business	6,10	5,00	EKZ Netz 16L	1,10	0,80	0,24	0,16	2,30	9,90	8,50	7,80	60,00	
EKZ Naturstrom basic Business	7,10	6,00	+ EKZ Netz 16L	1,10	0,80	+ 0,24	+ 0,16	+ 2,30	= 10,90	9,50	7,80	60,00	
EKZ Naturstrom star Business	9,60	8,50	EKZ Netz 16L	1,10	0,80	0,24	0,16	2,30	13,40	12,00	7,80	60,00	

- Unterschied Hoch- und Niedertarif wird immer kleiner
- Netznutzung und Abgaben rund 1/3 des Strompreises
- Sehr unterschiedliche Tarife je nach EW
- Vergütung Einspeisung meistens deutlich tiefer als Bezug
- Achtung: Leistungspreis, Bsp. 200 kW und 500'000 kWh Bezug → 4 Rp./kWh

## 4. Eigenverbrauch Strom

- Anlagen mit KEV oder EVS (Nachfolge KEV) auf ARA sterben aus, BHKW trotzdem finanziell und ökologisch sinnvoll dank Eigenverbrauch
- Kosten Strombezug ca. 10 bis 15 Rp./kWh (je nach EW auch höher)
- Vergütung Einspeisung Strom 5.8 Rp./kWh (EKZ Hochtarif 2019)
- → Eigenverbrauch deutlich lukrativer als Einspeisung
- Bei Stromproduktionsanlagen (BHKW, PV-Anlage, etc.), welche nicht im KEV oder EVS sind, soviel Strom wie möglich selber konsumieren (Achtung: Gleichzeitigkeit ist nötig)
- Achtung: PV-Anlagen sind nicht steuerbar... wetterabhängig
  - Einsatz von BHKW in der Nacht plötzlich sinnvoll
  - Gesamtbetrachtung Produktion/Verbrauch nötig



Wasser ist unser Element  
wir tragen Sorge dazu

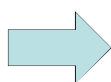
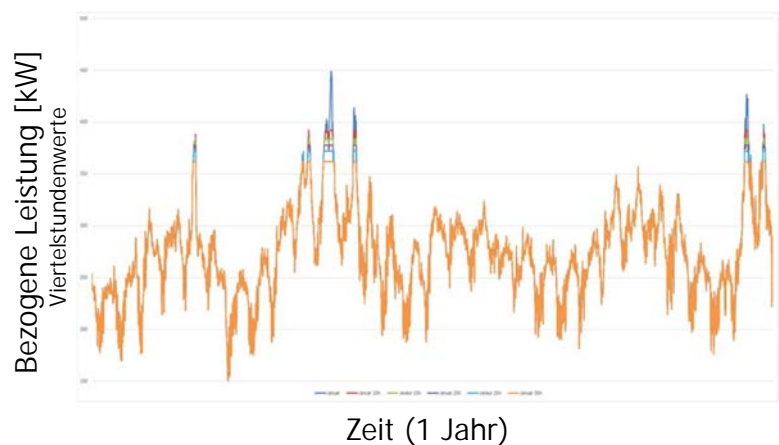
## 4. Eigenverbrauch und Lastspitzenmanagement

Stromrechnung ARA:

- Leistungspreis ~3-15.- Fr./kW.Mt. (EKZ 2019 7.80 Fr./kW.Mt)
- Anteil Leistungspreis kann beachtlich sein (~10-25 %)

Lastspitzen brechen:

- Steuerung
- Händisch
- Eigenproduktion

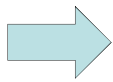


Einsparungen ohne relevante  
Einschränkungen möglich



## 4. Eigenverbrauch und Stromliefervertrag

- Stromliefervertrag oft zu Gunsten Energieversorger
- Allerdings häufig Verandelung EW und ARA-Trägerschaften
- Verträge oft am Strommarkt / Energiewende vorbei (z.B. Flatrate, Tag/Nachttarif etc.)



Optimierungspotential, vorhanden, gute Kenntnisse der Möglichkeiten (Strommarkt und ARA-Seite) für Verhandlungen auf Augenhöhe entscheidend

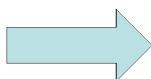
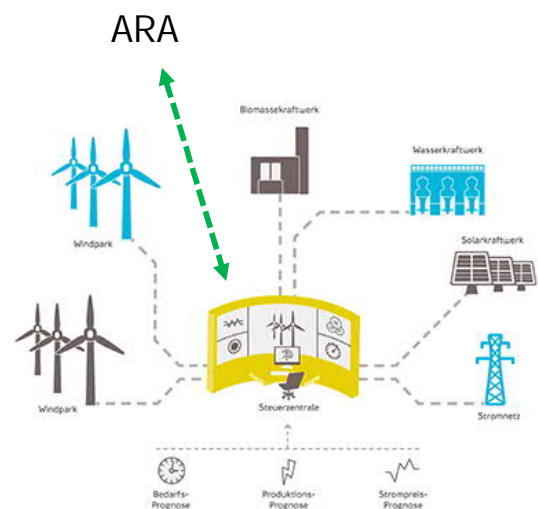


## 5. Strommarktdienstleistungen

- BFE Leuchtturmprojekt: [www.regelpooling.ch](http://www.regelpooling.ch)
- Nachfrage nach Regelleistung zur Netzstabilisierung vorhanden (Flexibilität > 100 kW)
- Regelleistung auf ARA vorhanden, z.B. BHKW
- ARA stellt sekundäre Regelleistung bereit:
  - (-) für KEV/EVS-BHKW
  - (+/-) für andere Aggregate (Pumpen etc.)
- Regelleistung wird von virtuellem Kraftwerk gesteuert → Anbindung virtuelles Kraftwerk an ARA und Fremdzugriff, Hoheit bei ARA-Betreiber

### RegelPooling

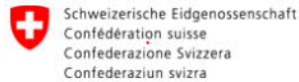
Lastverschiebung in Wasserversorgungen und Abwasserreinigungsanlagen



Zusatzerlöse möglich (paar Tausend Fr./a)

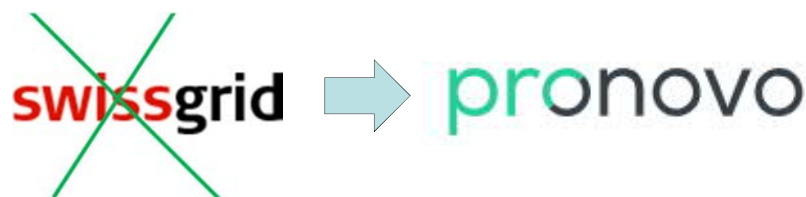
### Gesetzgebung

Bundesrat setzte totalrevidiertes  
Energiegesetz per 1.1.2018 in Kraft

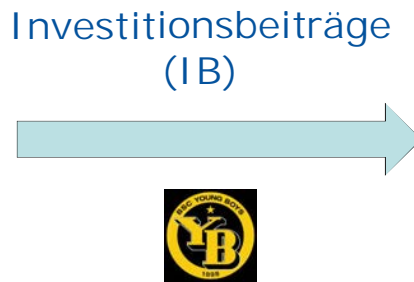


- ➔ EnG / EnV
- ➔ Energieförderungsverordnung (EnFV):
  - Biomasse (BHKW)
  - PV-Anlagen
  - Wasserkraft
  - Wind, Abfall, Holz, Geothermie ...


- BHKW (bestehende KEV-Anlagen oder Warteliste)
  - KEV heisst seit 1.1.2018 Einspeisevergütungssystem (EVS)
  - Best. KEV-Verträge laufen weiter (bis zumindest 2030), KEV-Anlage kann ausgebaut/erneuert werden, Vergütungssatz reduziert sich bei höherer installierter Leistung und/oder mehr Produktion
  - Zuständig für KEV-Verträge neu [www.pronovo.ch](http://www.pronovo.ch) (nicht mehr Swissgrid)



- BHKW (neue Anlage und/oder KEV ausgelaufen)
  - Keine KEV/EVS (Einspeisevergütung)!
  - Neu Investitionsbeiträge (IB) bis zu 20 % (BFE ist zuständig)

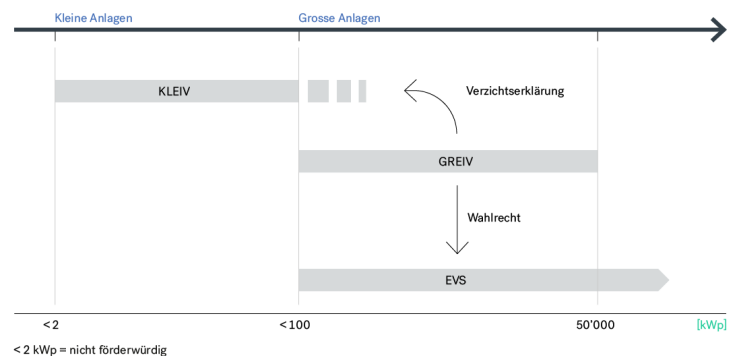


Zuständig:

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra


**Bundesamt für Energie BFE**  
**Office fédéral de l'énergie OFEN**

- Fotovoltaik-Anlagen
  - Ab 100 kWp EVS theoretisch noch möglich, praktisch nicht realistisch
  - Nur noch Einmalvergütung (EIV) für kleine und grosse (> 100 kWp) PV-Anlagen (BFE ist zuständig)
  - Zuständig: [www.pronovo.ch](http://www.pronovo.ch)



- Wärmeverbände (z.B. Abwasserwärmenutzung)

- Förderprogramm der Stiftung Klik



Stiftung Klimaschutz  
und CO<sub>2</sub>-Kompensation Klik

- 100 Fr. pro eingesparte Tonne CO<sub>2</sub> bis 2030  
(Zukunft Klik wenn neues CO<sub>2</sub>-Gesetz kommt?)

- Weitere Infos:



**InfraWatt**

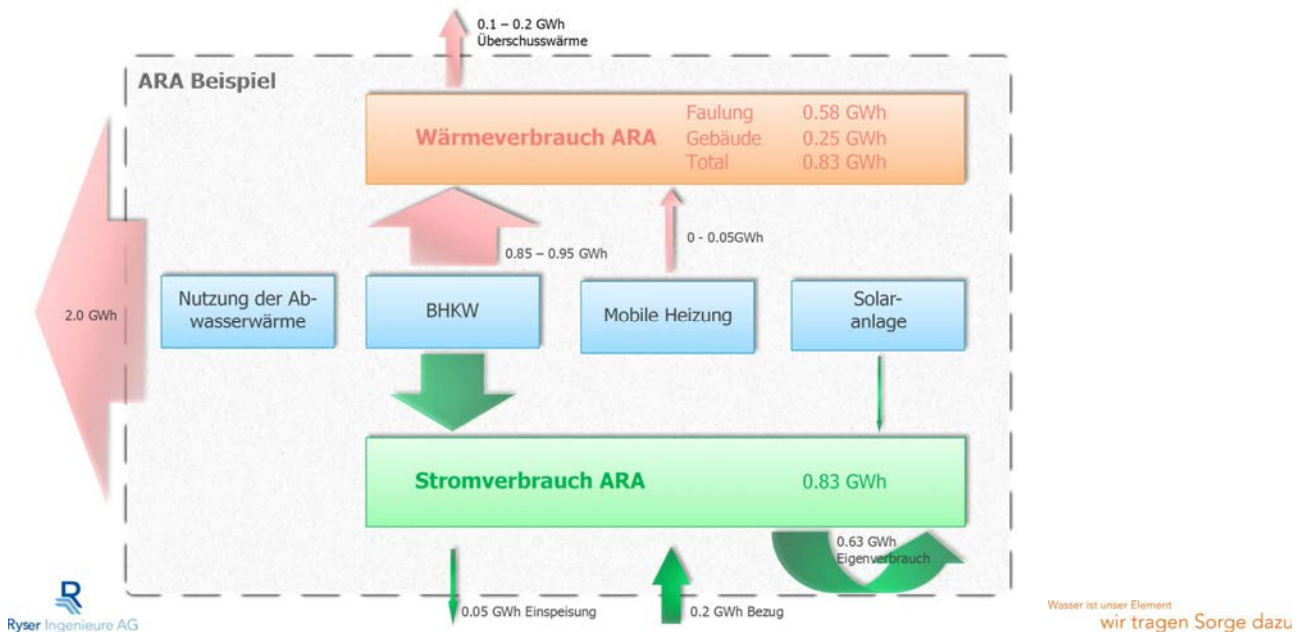
- [www.infrawatt.ch](http://www.infrawatt.ch)

## 7. Energiestrategie am konkreten Beispiel

### ARA Beispiel (22'000 EW):

- 330'000 m<sup>3</sup>/Jahr -> Gasverwertung in einem BHKW, Abwasserwärmenutzung durch Gde
- Gas-/Ölkessel Ende der Lebensdauer
- Wie weiter -> Ausarbeitung Energiestrategie  
(Gemeinsame Betrachtung von Strom und Wärme)
- Variantenfelder:
  1. Ersatz Gas-/Ölkessel
  2. Ersatz BHKW und Wärmepumpe
  3. Abgabe Klärgas und Verwertung im BHKW des nahen Fernwärmenetzes
  4. Aufbereitung Klärgas und Einspeisung ins Gasnetz, Wärmepumpe für Gebäudeheizung

## 7. Energiestrategie am konkreten Beispiel



## 7. Energiestrategie am konkreten Beispiel

### Energiestrategie:



- Ersatz des BHKW durch zwei identische kleinere BHKW
- Anschluss für mobile Heizung im Notfall (vorhanden beim Gemeindebetrieb der Fernwärme)
- BHKW stromoptimiert betrieben -> Eigenverbrauch
- Weiterbetrieb Abwasserwärmenutzung durch Gemeindebetriebe der Fernwärme
- ☺ Erhöhung Eigendeckungsgrad Wärme auf ~100 %
- ☺ Kein fossiler Energieträger mehr
- ☺ Flexibilität stromoptimiert zu fahren (wenig Einspeisung)
- ☹ Kein Gas, keine Wärme
- ☹ Investitionskosten




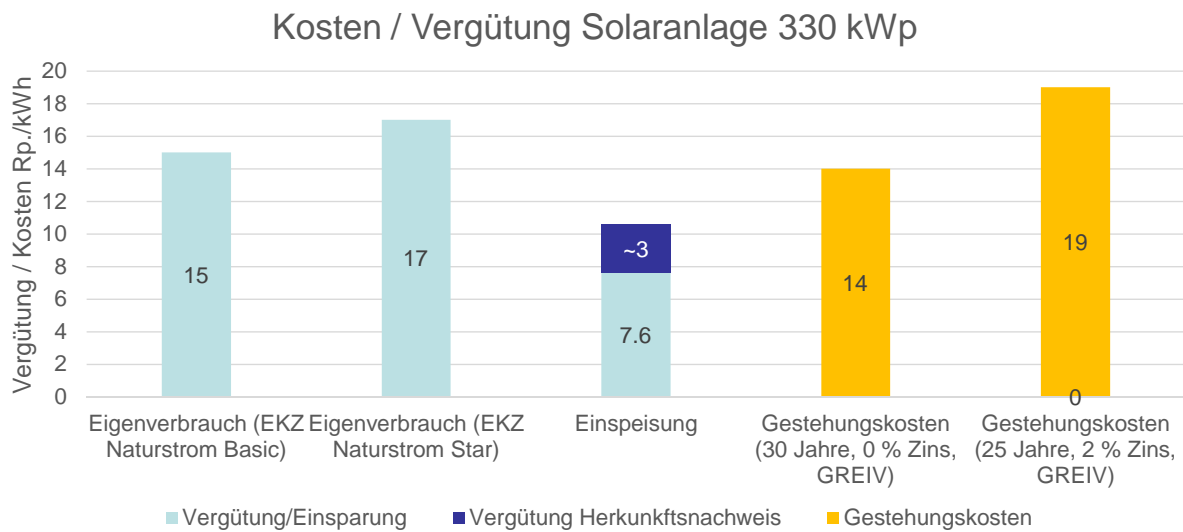
Energiedaten (2018)

	Produktion	Verbrauch	Bemerkung
Strom [kWh]	327'000 (= 32 % Eigendeck.°)	1'016'000 (250 Haushalte)	Belüftung 1/3, EMV, Hebewerk
Wärme [kWh]	550'000 (BHKW) 20'000 (Öl) 30'000 (Klärgaskes.)	400'000 Faulung 130'000 Gebäude 70'000 Überschuss	Schätzung, keine Zähler, keine Angabe FS
Klärgas [m³]	214'000	199'000 BHKW 6'000 Gaskessel 9'000 Fackel (4 %)	

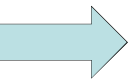


Geplantes Solarfaltdach:

- Leistung 330 kWp, erwartete mittlere Produktion 283'000 kWh/a (= 70 Haushalte)
  - Erhöhung Eigendeckungsgrad Strom (inkl. BHKW) auf ~ 60 % 
  - Deckt Mehrverbrauch Strom aufgrund EMV
- Einmalvergütung für grosse PV-Anlage (GREIV) via Tarifrechner Pronovo ~ CHF 100'000
  - Gestehungskosten ca. 19 Rp./kWh (25 Jahre, 2 % Zins, Unterhalt 0.03 Rp./kWh)
  - Gestehungskosten ca. 14 Rp./kWh (30 Jahre, 0 % Zins, Unterhalt 0.03 Rp./kWh)



### Fazit Solaranlage und Energie in ARA

- 
- Gestehungskosten liegen im Bereich der EKZ-Naturstrom-Tarife
  - Anlage eventuell zu gross für 100 % Eigenstrom (mittlere Leistung = 114 kW), dies beeinflusst Kostensituation, da Vergütung für Einspeisung deutlich tiefer ist als Gestehungskosten
  - BHKW-Betrieb abstimmen auf Solaranlage (nicht nötig bei KEV/EVS-Anlage)
  - Gegebenenfalls Vermarktung des eingespeisten Stromes an einer Solarbörse
  - Beitrag zur Energiewende
  - Muss alles «umsverrecken» rentieren?

- Beachtlicher Energiebedarf (Wärme und Strom)
- Elimination Mikroverunreinigung → signifikante Zunahme Strombedarf
- Permanenter Stromverbrauch (→ ideal für Eigenverbrauch)
- Wärmeüberschuss im Sommer (ARA mit BHKW)
- Jede ARA hat andere Rahmenbedingungen und Möglichkeiten (intern und extern)
- BHKW nach wie vor interessant auch ohne Fördermassnahmen
- Hauptauftrag: Abwasserreinigung



Wasser ist unser Element  
wir tragen Sorge dazu

- Energie auf ARA (Strom und Wärme) ist eine komplexe Angelegenheit geworden
- Möglichkeiten und Optimierungspotential aufzeigen, es gibt kein Allerheilmittel, jede ARA ist verschieden, Potential & Lösungsansätze für jede ARA verschieden
- Ökonomisches und ökologisches Energie-Potential vorhanden (Mehreinnahmen, Effizienz/Energieausbeute, geografische Nähe Prod./Kons.)
- KEV/EVS ist für Neuanlagen faktisch gestorben
- Möglichst hoher Eigenverbrauch anstreben bei Produktionsanlagen ohne KEV/EVS
- Grosses (ungenutztes) Potential der Abwasserwärmenutzung
- Einspeisung Klärgas erst bei grösseren Anlagen (kritisch) betrachten



# Vielen Dank! Fragen? Diskussion

Beat Kobel, Andreas Hurni, Michael Steiner  
Ryser Ingenieure AG, Bern  
Tel: 031-560 03 03

beat.kobel@rysering.ch  
andreas.hurni@rysering.ch  
michael.steiner@rysering.ch

[www.rysering.ch](http://www.rysering.ch)

 Ryser Ingenieure AG | Engestrasse 9 | Postfach 826 | 3000 Bern 9  
T 031 560 03 03 | [info@rysering.ch](mailto:info@rysering.ch) | [www.rysering.ch](http://www.rysering.ch)

Wasser ist unser Element  
wir tragen Sorge dazu