

Seite 1

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

**VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie und Abwasser**

Werner Müller  
Dipl. Ing. FH / HLK  
Dr. Eicher+Pauli AG

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 2

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

**Inhalt**

- Energie, Exergie und Anergie
- Strom und Wärme aus Klärgas
- Wärme aus Abwasser
- Beispiele

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 3

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Warum wird das Klärgas nicht in einem Heizkessel verbrannt?

- Energie ist nicht nur eine Frage der Quantität, sondern auch der Qualität
- Strom ist wertvoller als Wärme

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 4

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Exergie und Anergie

- Exergie und Anergie = Energie
- Exergie ist jener Teil der Energie, der in andere Energieformen umwandelbar ist. Also zum Beispiel in mechanische Antriebsenergie (Belüftungsgebläse) oder elektrische Energie (Generator).
- Anergie ist jener Teil der Energie, der nicht mehr in andere Energieformen umwandelbar ist. Also zum Beispiel Wärme im Abwasser, Grundwasser, Abwärme von Kraftwerken (Kühltürme)

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 5

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Wie gross ist die Exergie der Energie?

Temperatur (°C)	Exergie-Gehalt von Wärme (%)
0	0
100	25
200	40
300	50
400	58
500	63
600	67
700	70
800	73
900	75
1000	78

- Mechanische und elektrische Energie sind reine Exergie
- Je höher die Temperatur, desto höher ist die Exergie

18. April 2011 VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 6

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Warum soll also nicht mit Strom geheizt werden?

- Bei jeder Energieumwandlung nimmt die Anergie zu, die Exergie ab (der Wert der Energie nimmt ab)
- Es gibt zuviel Anergie und zu wenig Exergie!
- Mit Exergie kann man alles machen, mit Anergie nur heizen
- z.B. braucht eine Wärmepumpe ein bisschen Strom, um die Anergie für Heizzwecke genügend zu veredeln

18. April 2011 VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 7

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Zuviel Anergie, zu wenig Exergie am Beispiel der ARA Birs

The chart shows energy potential and usage in GWh/a. The 'Potential' bar is composed of approximately 55 GWh/a from wastewater anergy (blue) and 5 GWh/a from sludge gas anergy (red). The 'genutzt' (used) bar is composed of approximately 3 GWh/a from wastewater anergy (blue) and 2 GWh/a from sludge gas anergy (red). A legend indicates: blue for 'Anergie Abwasser', red for 'Anergie Klärgas', and dark red for 'Exergie Klärgas'.

- 120'000 Einwohnerwerte
- 12 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser pro Jahr
- 650'000 m<sup>3</sup> Klärgas pro Jahr
- 1 GWh entspricht 100'000 Liter Heizöl!

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 8

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Klärgasaufbereitung und Einspeisung in ein Erdgasnetz

- Kommt wegen den hohen Investitionen nur bei grossen ARA's in Frage
- Vorteil: Gesamte Energiemenge wird genutzt, was bei der Verstromung wegen dem geringen Wärmebedarf auf der ARA sonst häufig nicht der Fall ist
- Aufbereitetes Gas kann im Erdgasnetz transitiert und anderorts verstromt werden, Vergütung nach KEV für Klärgas wird bezahlt

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 9

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Gasaufbereitung: Beispiel ARA Interlaken (Aminwäsche)

Klär- und Biogasmenge [m <sup>3</sup> /a]	1'110'000
Investitionen ohne Vergärung [CHF]	2'900'000
Kapitalkosten [CHF/a]	230'000
Betriebs- und Energiekosten [CHF/a]	125'000
Erdgasabgabe, nach Abzug Eigenbedarf [MWh/a]	5'800
Gestehungskosten Erdgas [Rp./kWh]	6.0

Zum Vergleich: Erdgas ohne regionale Verteilkosten kostet 3 bis 4 Rp./kWh

18. April 2011
VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 10

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

- KWK ist die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer Energie (in der Regel elektrischer Strom) und nutzbarer Wärme für Heizzwecke (Fernwärme) oder Produktionsprozesse (Prozesswärme) in einem Heizkraftwerk. Es ist somit die Auskopplung von Nutzwärme insbesondere bei der Stromerzeugung aus Brennstoffen.
- Ein Blockheizkraftwerk ist eine kleinere KWK-Anlage

18. April 2011
VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 11

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Energieflussbild BHKW vs. Kraftwerk/Kessel

**Gemeinsame Wärme- und Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung**

ENERGIEEINSATZ 100 %  
BHKW  
VERLUST 10 %  
STROMERZEUGUNG 30 %  
WÄRME 60 %  
NUTZENERGIE = 90 %

**Getrennte Wärme- und Stromerzeugung**

ENERGIEEINSATZ 150 %  
Kraftwerk 80 % Heizkessel 70 %  
VERLUST 50 %  
STROMERZEUGUNG 30 %  
WÄRME 60 %  
NUTZENERGIE = 90 %

18. April 2011
VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 12

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### BHKW-Technologien zur Klärgas-Verstromung

**Gasmotoren (Ottomotoren)**

**Mikrogasturbinen**

18. April 2011
VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 13

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Gasmotoren

**Gasmotoren** verbrennen ein Kraftstoffgemisch in einer Brennkammer. Die frei werdenden Kräfte werden über Kolben auf eine Welle übertragen. Diese treibt einen Generator an, der dadurch Strom erzeugt. Die Abgaswärme wird zur Heisswassererzeugung genutzt.

18. April 2011 VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 14

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Funktion Gasmotor

1-2: Mischung

2-3: Verdichtung

3-4: Leistungsregelung

4-5: Kühlung

5-6: Verbrennung

The diagram shows a gas engine cycle with the following components and stages:

- 1-2: Mischung**: Gas and Luft (Air) enter the **Verdichter** (Compressor).
- 2-3: Verdichtung**: The mixture is compressed in the **Verdichter**.
- 3-4: Leistungsregelung**: The mixture passes through a **Drosselklappe** (Throttle valve).
- 4-5: Kühlung**: The mixture is cooled in the **Gemischkühler** (Mixture cooler).
- 5-6: Verbrennung**: The cooled mixture enters the **Motor** (Engine) where combustion occurs, driving the **Turbine** (Turbine).
- The **Zünd-Box** (Ignition box) is connected to the engine.

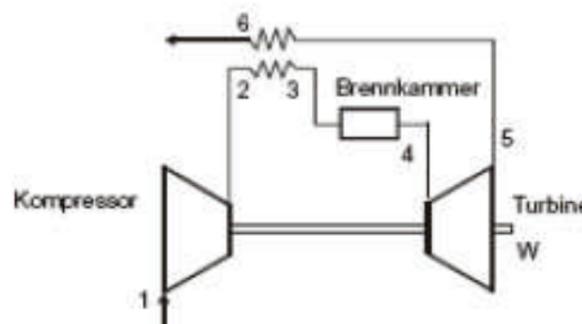
18. April 2011 VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

## Mikrogasturbinen

Mikrogasturbinen sind sehr kleine Hochgeschwindigkeitsturbinen, bei denen Turbine, Verdichter und Generator auf einer Welle sitzen. Durch die Verbrennung des Brennstoffgemisches wird die Turbine angetrieben und somit Strom erzeugt. Parallel dazu wird die Abgaswärme zur Vorwärmung des Verbrennungsgases und zur Heisswassererzeugung genutzt.

## Funktion Mikrogasturbine

- 1-2: Verdichtung
- 2-3: Vorwärmung
- 3-4: Verbrennung
- 4-5: Expansion
- 5-6: Abkühlung



Seite 17

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Typische Klärgaszusammensetzung

Hauptkomponenten	Mittelwert [Vol.-%]
Methan	62.7
Kohlendioxid	34.3
Sauerstoff	0.6
Stickstoff	2.4

Mittelwerte aus mehr als 170 Proben, deutsche Kläranlagen

18. April 2011
VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 18

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Schadstoffe im Klärgas

Schadstoff	Mittelwert [mg/m <sup>3</sup> ]	Anforderungen Gasmotoren [mg/m <sup>3</sup> ]	Schäden
Summe organische Siliziumverbindungen	14.9	<2 bis 5	Ablagerung und Verschleiss im Verbrennungstrakt und in Katalysatoren, verkürzte Serviceintervalle
Wasser		<60% r. F.	Kondensat verstärkt die korrosive Wirkung von Schadstoffen, Kondensatanfall in Gasreinigung (Filter)
Schwefelwasserstoff	434.0	<200	Ablagerungen und Korrosion in Katalysatoren u. Abgaswärmetauschern, häufigere Ölwechsel
Summe Chlor und Fluor	434.0	<100	Katalysatorgift, toxisch

Mittelwerte aus mehr als 110 Proben, deutsche Kläranlagen

18. April 2011
VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

## Schadensbilder

Sulfatasche in einem Wärmetauscher



18. April 2011

Ablagerungen von Siliziumoxid an einem Zylinderkopf



VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

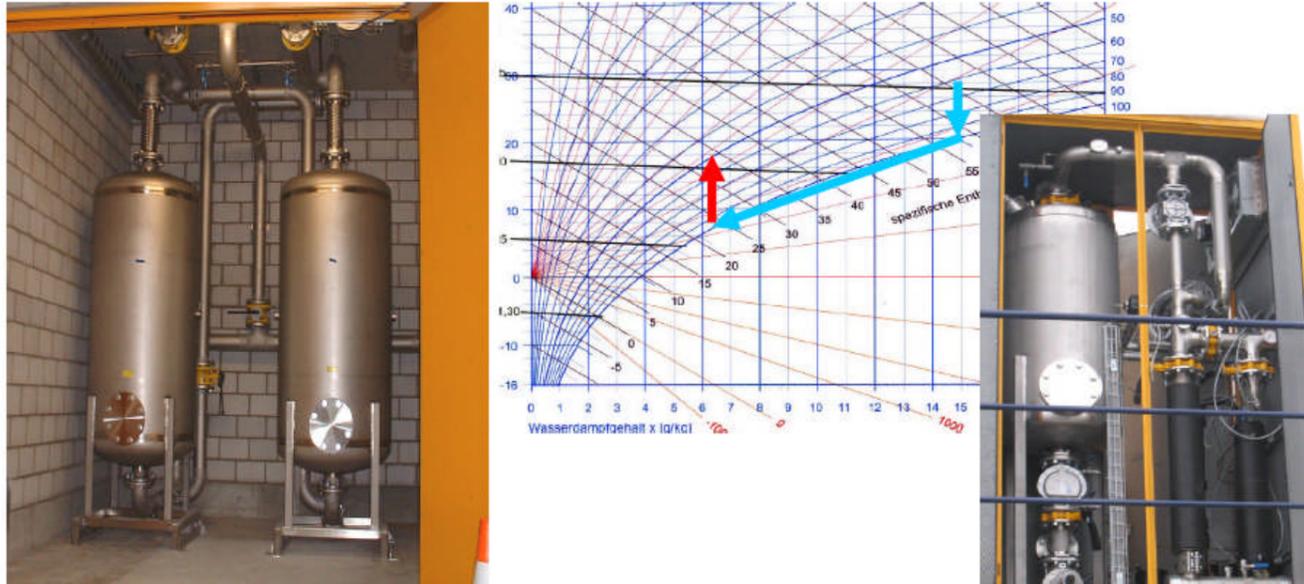
## Klärgasreinigung

- Trocknung durch Erwärmung und/oder Kondensation
- Adsorption der organischen Verbindungen (Silizium, Halogene) durch Aktivkohlefilter (Anreicherung an der Oberfläche, physikalischer Vorgang, Siliziumverbindungen im Reingas < 1 mg/Nm<sup>3</sup>)
- Chemisorption des Schwefelwasserstoffs durch imprägnierten Aktivkohlefilter (chemische Umwandlung, z.B. jodierter Filter)
- Eisenchlorid zur Phosphatfällung, bindet Schwefelwasserstoff

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

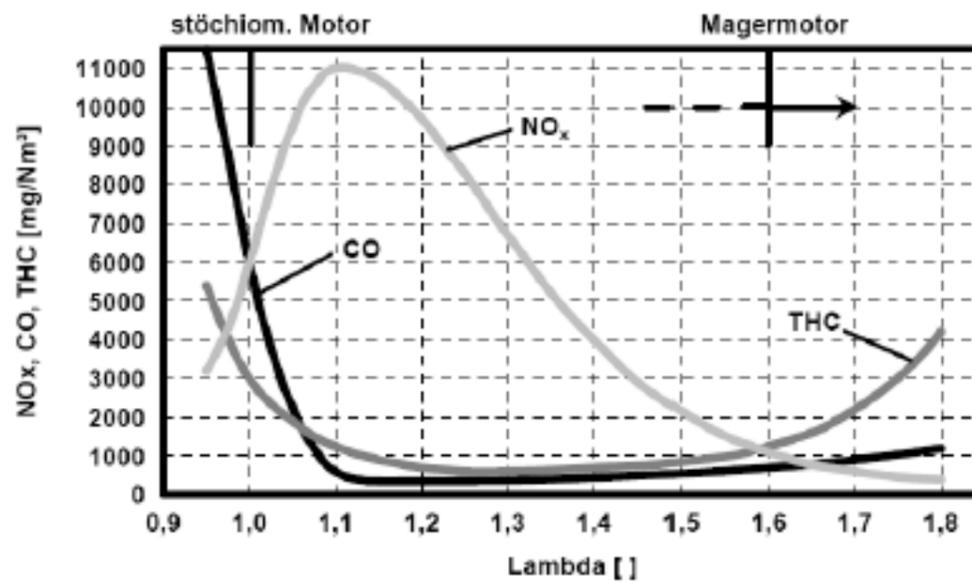
Aktivkohlefilter



18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

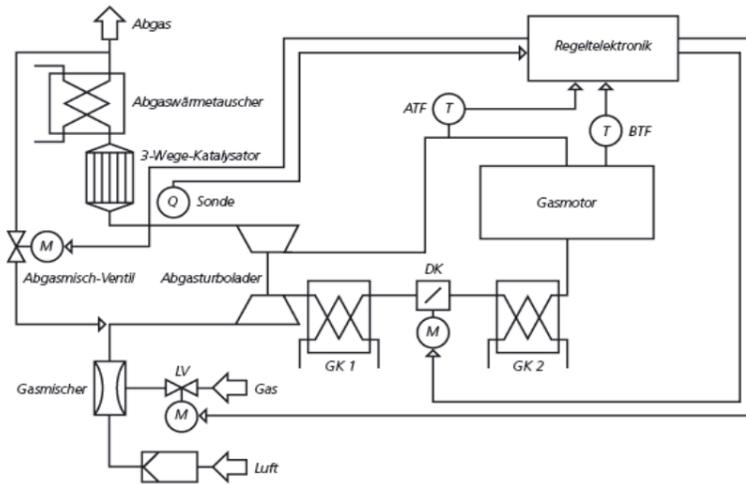
Luftschadstoffe bei BHKW's mit Gasmotoren



18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

### Lambda-1 Motor: Abgasreinigung mit 3-Weg-Katalysator



3-Weg-Kat kann nur bei Lambda-1 (stöchiometrisch) betrieben werden, das Prinzip ist von Benzinmotoren in PKW's bekannt.

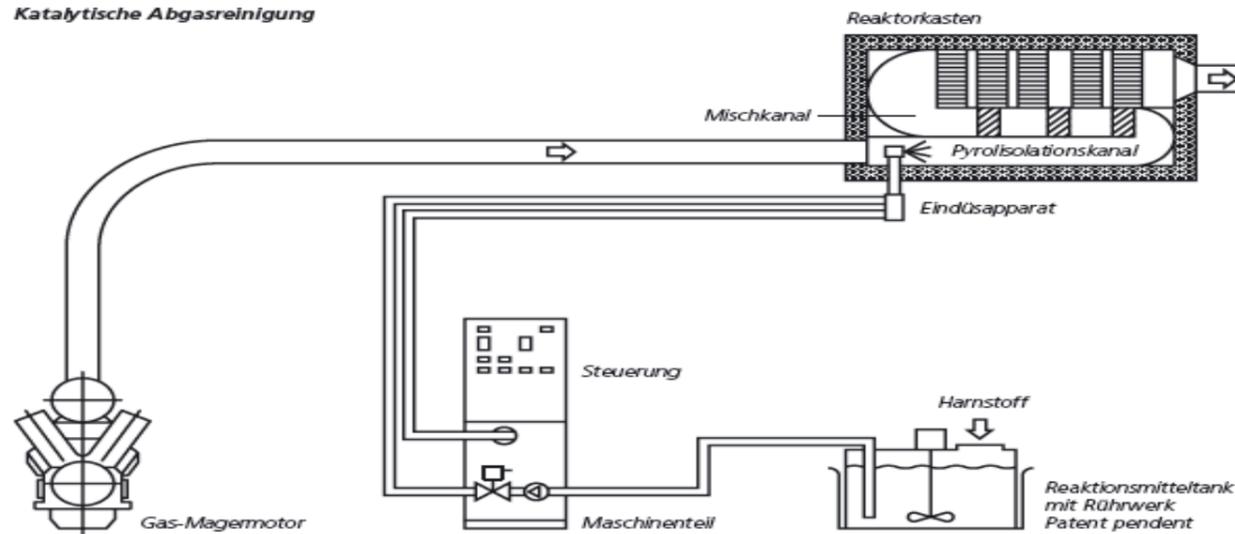
18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

### Magermotor: Abgasreinigung mit SCR-Katalysator

Bei Magermotoren ist ein SCR-Katalysator nur bei Stickoxidgrenzwerten < 250 mg/Nm<sup>3</sup> notwendig. Mit dem gleichen Prinzip werden die Abgase grosser Kraftwerke entstickt.

*Katalytische Abgasreinigung*



18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 25

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Stickoxidemissionen bei 5% O<sub>2</sub> [mg/Nm<sup>3</sup>]

Die Grenzwerte für Turbinen bezieht der Gesetzgeber auf 15 % O<sub>2</sub>.  
Im Diagramm sind alle Werte auf einen Referenzgrenzwert von 5 % umgerechnet.

Kategorie	Stickoxidemissionen [mg/Nm <sup>3</sup> ]
Magermotor, Lambda 1.7, Rohemissionen	~250
Magermotor, Lambda 1.6, Rohemissionen	~500
Lambda-1 Motor, Rohemissionen	1000
Magermotor und Lambda-1 Motor, nach Abgasreinigung	~80
Mikrogasturbine	~80
Grenzwert Basel für Gasmotoren	~80
Grenzwert Basel für Gasturbinen	~110
Grenzwert LRV	~400

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 26

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Wirkungsgrad

- Der elektrische Wirkungsgrad ist das Verhältnis von elektrischer Leistung zur zugeführten Leistung.
- Der thermische Wirkungsgrad ist das Verhältnis von thermischer Leistung zu zugeführter Leistung.

Je höher der elektrische Wirkungsgrad ist, desto geringer wird der thermische Wirkungsgrad, da die sonstigen Verluste gleich bleiben.

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 27

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Wirkungsgrad bei 300 kW elektrischer Leistung

Die unterschiedlichen Verluste sind den Abgasmengen geschuldet.

Motor	Elektrischer Wirkungsgrad (%)	Thermischer Wirkungsgrad bei 180°C (%)	Verluste (%)
Magermotor Lambda 1.7	~38	~48	~14
Lambda-1-Motor	~38	~52	~10
Mikrogasturbine	~32	~48	~20

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 28

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Teillastverhalten

Last (%)	Gasmotor (%)	Mikrogasturbine (%)
50%	~36.5	~31.5
63%	~37.5	~32.5
75%	~38.5	~33.5
88%	~39.5	~33.5
100%	~40.5	~33.5

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 29

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Säuretaupunkt

SO <sub>3</sub> -Konzentration [mg SO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> ]	Säuretaupunkt [°C]
0	110
10	130
20	135
30	140
40	145
50	148

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 30

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Weitergehende Abgaswärmenutzung

Ein BHKW liefert normalerweise mehr als genug Wärme für die ARA selbst.  
Also nur bei zusätzlichem Wärmebedarf sinnvoll (z.B. Wärmeverbund)

Abgastemperatur [°C]	Verbesserung thermischer Wirkungsgrad [%]
0	18
25	16
50	12
75	6
100	4
150	1
180	0

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

## Ausblick auf weitere Effizienzsteigerungen

- ORC-Prozess zur Steigerung der Stromerzeugung aus den heißen Abgasen des BHKW's (Abbau des Wärmeüberschusses)
- Schlamm Trocknung mit Wärmepumpe

## Prinzip der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV)

- Zur Förderung der einheimischen und erneuerbaren Energien sollen mit der KEV die Differenz zwischen den Produktionskosten und dem aktuellen Marktpreis beglichen werden. Damit ist es für die Anlagenbetreiberin möglich, Energie wirtschaftlich zu erzeugen. Die elektrische Energie wird zum Marktpreis verkauft, der Anlagenbetreiber bezahlt aber eine Vergütung pro produzierte Energiemenge. Zur Finanzierung der Vergütung bezahlen die Endkundinnen einen Zuschlag auf die Stromübertragungskosten in den KEV-Vergütungstopf.
- Voraussetzung für die Förderung einer Technologie ist ihre langfristige Wirtschaftlichkeit. Die Vergütung für die eingespeiste Energie wird auf Grund der Kosten einer Referenzanlage für jedes Jahr neu berechnet.
- Aus dem KEV-Fördertopf sind die Gelder für die verschiedenen Erzeugungsarten beschränkt.

Seite 33

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Gesetze Verordnungen und weitere Infos zu KEV

- **Energieverordnung (EnV)**
- **Richtlinie kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) Art. 7a EnG Biomasse Anhang 1.5 EnV**
- <http://www.bfe.admin.ch>
- <https://www.swissgrid.ch>
- <http://www.stiftung-kev.ch>

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 34

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Anforderungen KEV an den elektrischen Wirkungsgrad

The graph plots 'Elektrischer Wirkungsgrad' (Electrical Efficiency) on the y-axis (25.0% to 45.0%) against 'Elektrische Leistung [kW]' (Electrical Power [kW]) on the x-axis (0 to 600). Four data series are shown: Magermotor, Lambda 1.7 (green); Lambda-1 Motor (purple); Mikrogasturbine (blue); and Anforderung KEV (red). The KEV requirement line is a straight red line from (0, 25.0%) to (250, 38.0%). The Magermotor line starts at (0, 25.0%) and reaches ~40.0% at 600 kW. The Lambda-1 Motor line starts at (100, 36.0%) and reaches ~38.5% at 600 kW. The Mikrogasturbine line starts at (0, 25.0%), reaches ~33.5% at 200 kW, and plateaus at 33.5% up to 600 kW.

Elektrische Leistung [kW]	Magermotor, Lambda 1.7	Lambda-1 Motor	Mikrogasturbine	Anforderung KEV
0	25.0%	-	25.0%	25.0%
100	28.0%	36.0%	29.0%	28.0%
200	31.0%	37.0%	33.5%	31.0%
250	32.0%	37.5%	33.5%	38.0%
300	33.0%	38.0%	33.5%	38.0%
400	34.0%	38.2%	33.5%	38.0%
500	35.0%	38.3%	33.5%	38.0%
600	36.0%	38.5%	33.5%	38.0%

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 35

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Vergütung nach KEV für Strom aus Klärgas

Die Heizung des Faulturmes muss mit Abwärme erfolgen.  
Die Vergütungsdauer beträgt 20 Jahre.

äquivalente elektrische Leistung [kW]	Vergütung [Rp./kWh]
0	24.0
50	24.0
100	21.5
150	19.5
200	18.5
250	17.5
300	17.0
350	16.5
400	16.0
450	15.8
500	15.5

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 36

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Ein oder zwei BHKWs?

- Bei einem grösseren BHKW sind die Investitionen niedriger, der elektrische Wirkungsgrad besser und die Instandhaltungskosten geringer.
- Bei Revisionen kann das Klärgas nicht verwertet werden.
- Voraussetzung bei nur einem BHKW ist ein genügend grosses Gasometer (höchstens eine Schaltung je 4 bis 8 Betriebsstunden).

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 37

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Instandhaltung

### Gasreinigung (Aktivkohle)

- Stark von Klärgasbelastung abhängig, im Mittel reichen 300 kg Kohle für 750'000 m<sup>3</sup> Gas
- CHF 3'000.-- / Filterreinigung

### Gasmotor-BHKW

- ca. 2 bis 3 Rp./kWh elektrisch (grössenabhängig)
- Service alle 1'500 bis 2'000 Bh
- Vergrössertes Ölvolumen gegenüber herkömmlichem Erdgas-BHKW

### Mikrogasturbine

- ca. 1.2 Rp./kWh elektrisch, Service alle 8'000 Bh

18. April 2011
VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 38

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Technische Vor- und Nachteile

Kriterium	Gasmotor		Mikro-gasturbine
	Magermotor ohne Abgasentstickung	Lambda-1	
elektrischer Wirkungsgrad			
thermischer Wirkungsgrad			
Schmiermittelbedarf			
Anforderung an Gasqualität			
Empfindlichkeit auf Schadstoffe im Klärgas			
Gasvordruck			
Abgasemissionen			
Schallemissionen			

18. April 2011
VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 39

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Wirtschaftlichkeit

Kriterium	Gasmotor		Mikro-gasturbine
	Magermotor ohne zus. Entstickung	Lambda-1	
Investitionen			
Instandhaltungskosten			
Nutzungszeit			

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 40

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Spez. Klärgasmengen von 3 ARA's

	Abwasser-menge [m <sup>3</sup> /d]	CSB Zulauf-fracht [kg/d]	Einwohner-werte	Gasmenge [m <sup>3</sup> /d]	m <sup>3</sup> Gas/ kg CSB	l Gas/ EW/d	l Gas/ m <sup>3</sup> Zulauf
ARA Birs	28'690	13'296	132'964	1'850	0.14	14	64
ARA Ergolz 1	13'050	4'262	42'619	831	0.19	19	64
ARA Ergolz 2	15'285	6'659	66'589	1'351	0.20	20	88
ARA Birs ergibt wegen fehlender Vorklärung wenig Gas							
E1 hat viel Fremdwasserm was der Ertrag (l/m <sup>3</sup> Zulauf) drückt							
In der Regel gelten ca. 20-22 l Gas pro Einwohnerwert							
100 g CSB/Einwohnerwert/d							

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 41

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Wärme aus Abwasser

### Gereinigtes Abwasser (Auslauf ARA)

- Wärmebezüger mit hoher Wärmedichte häufig nicht in der Nähe
- Verschmutzung auf Wärmetauscher
- Ausgleich geringer Abfluss über Nachklärbecken

### Roh-Abwasser (Kanalisation)

- Hohe Investitionen in Kanalwärmetauscher
- Verschmutzung auf Wärmetauscher
- Geringe Energieeffizienz

18. April 2011
VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 42

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## GIS-Werkzeug zur Identifikation von Fernwärmepotenzialen

18. April 2011
VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 43

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Prinzip Kanalisationswärmenutzung

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 44

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Situation ARA Birs

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

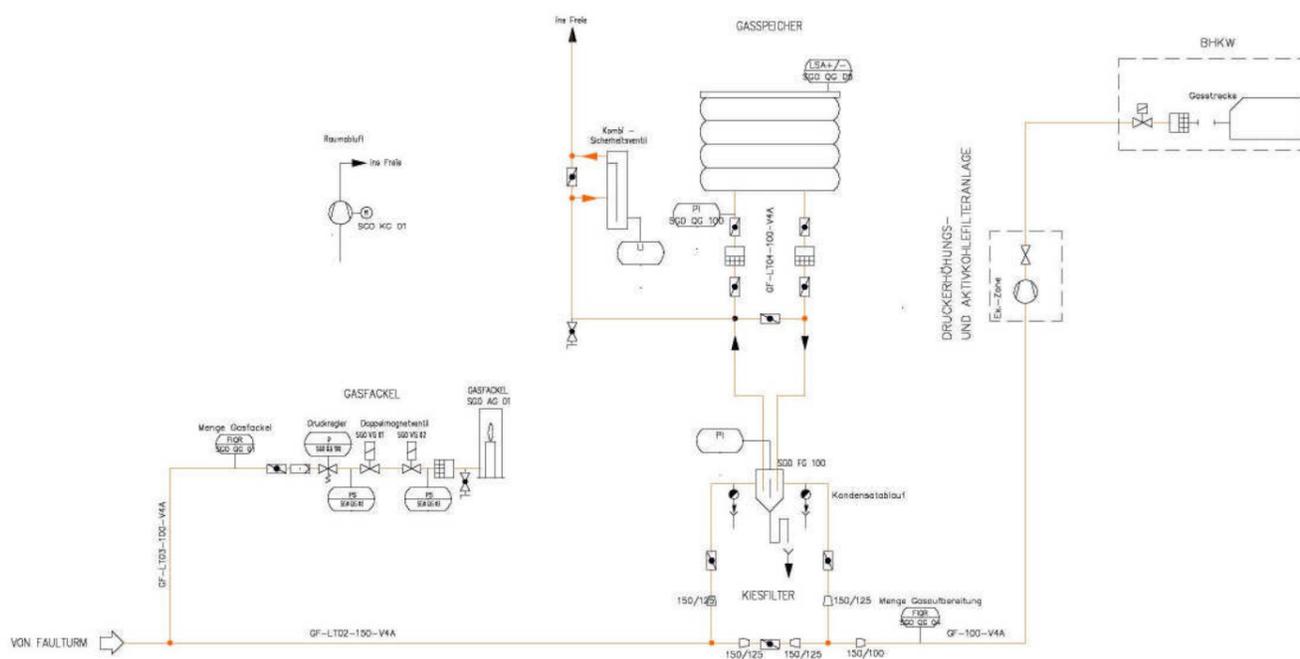
Fotos ARA Birs



18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Prinzipschema Gasaufbereitung ARA Birs



18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 47

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Situation Wärmeverbund St. Jakob

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

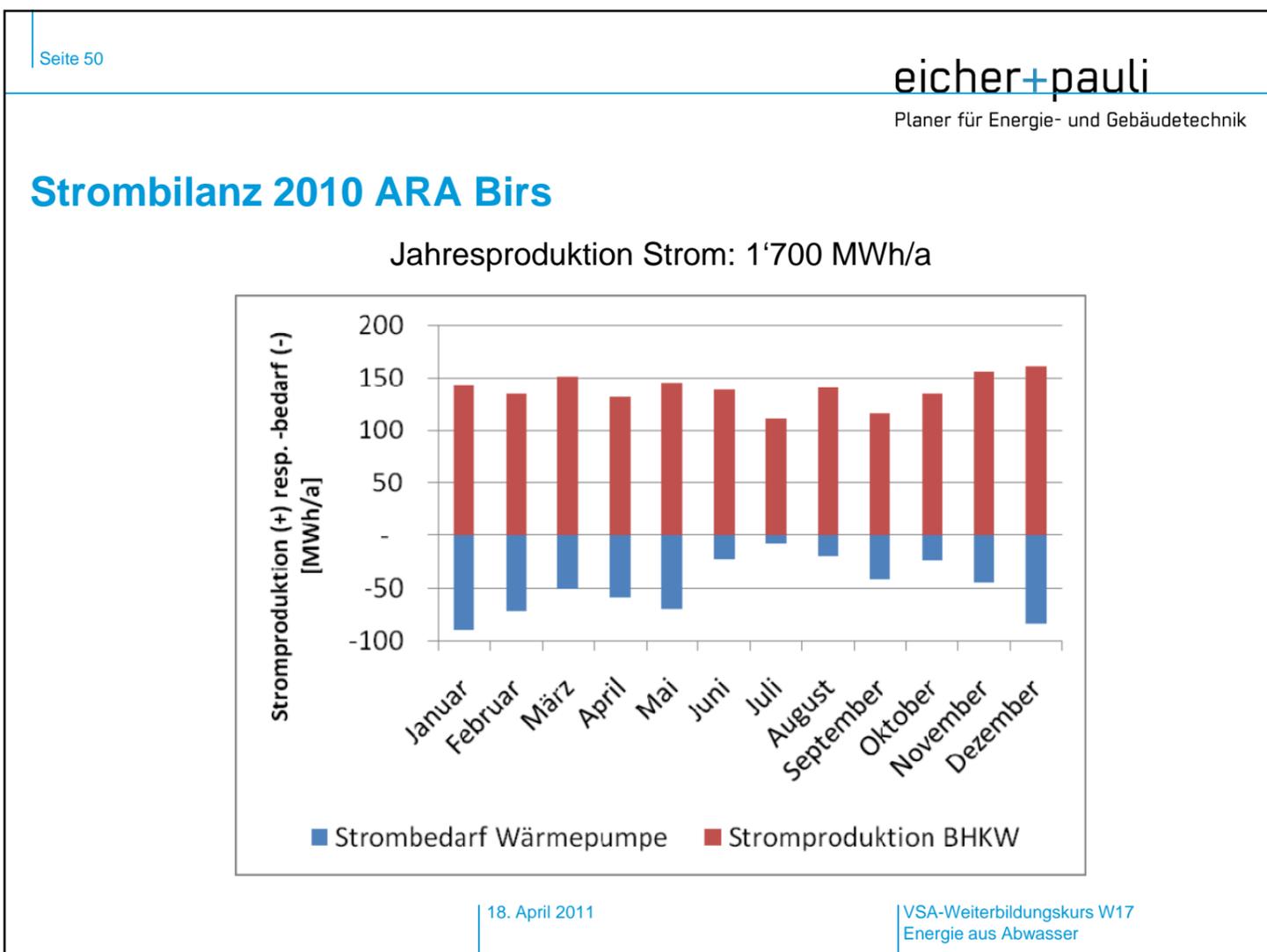
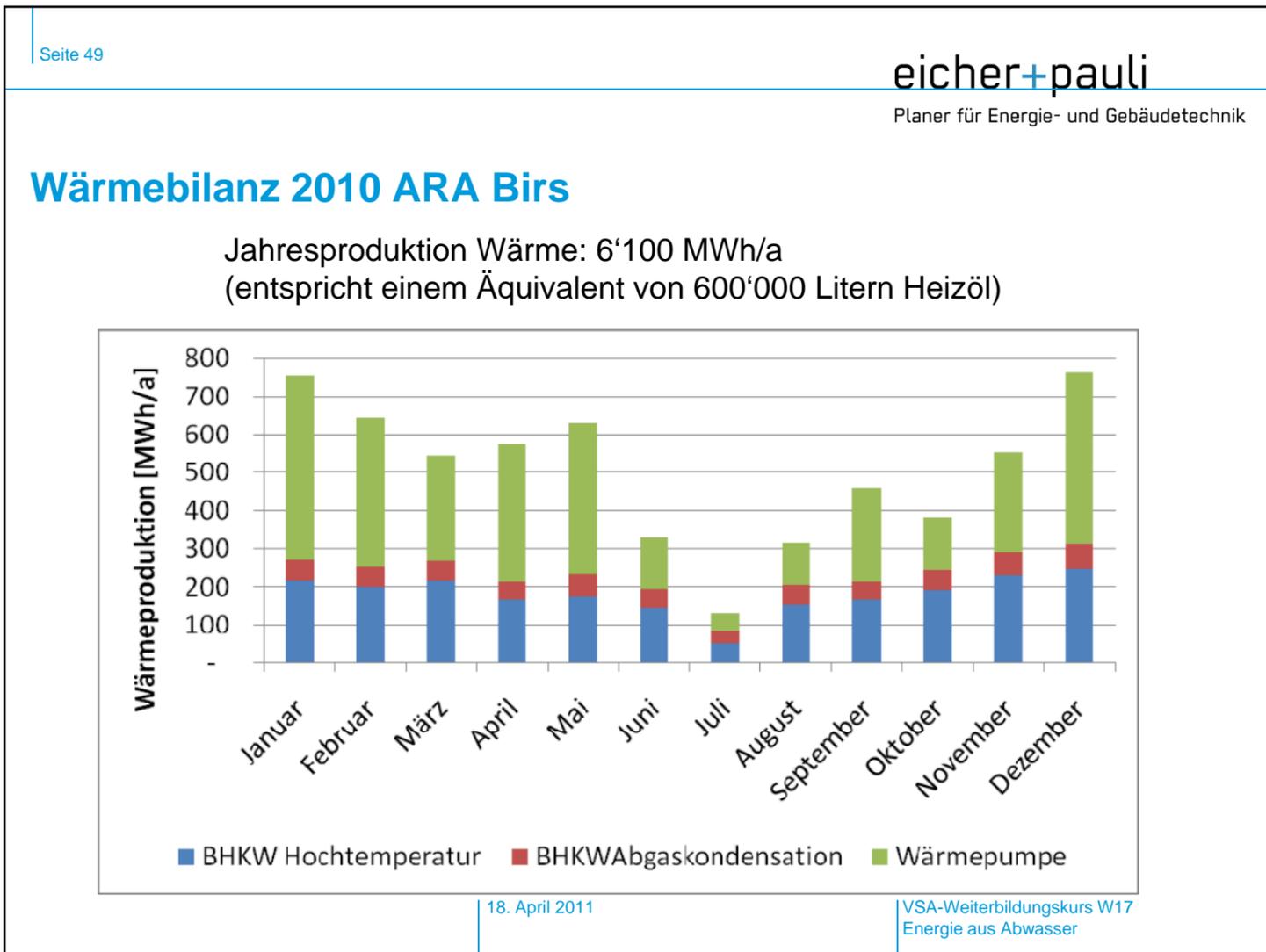
Seite 48

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Prinzipschema WV St. Jakob

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser



Seite 51

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### WV Augarten / Weiherfeld, Rheinfelden



18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 52

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Fotos WV Augarten / Weiherfeld



18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 53

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Ausgangslage

- Abwärme ARA Rheinfelden/Magden  
30'000 Einwohnerwerte, Abflussmenge im Mittel 118 kg/s, 17°C
- Wohnüberbauung Augarten aus dem Jahr 1976  
1'050 Wohnungen, BGF 105'000 m<sup>2</sup>
- Geplante Neubauten im Weiherfeld  
BGF 140'000 m<sup>2</sup>

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

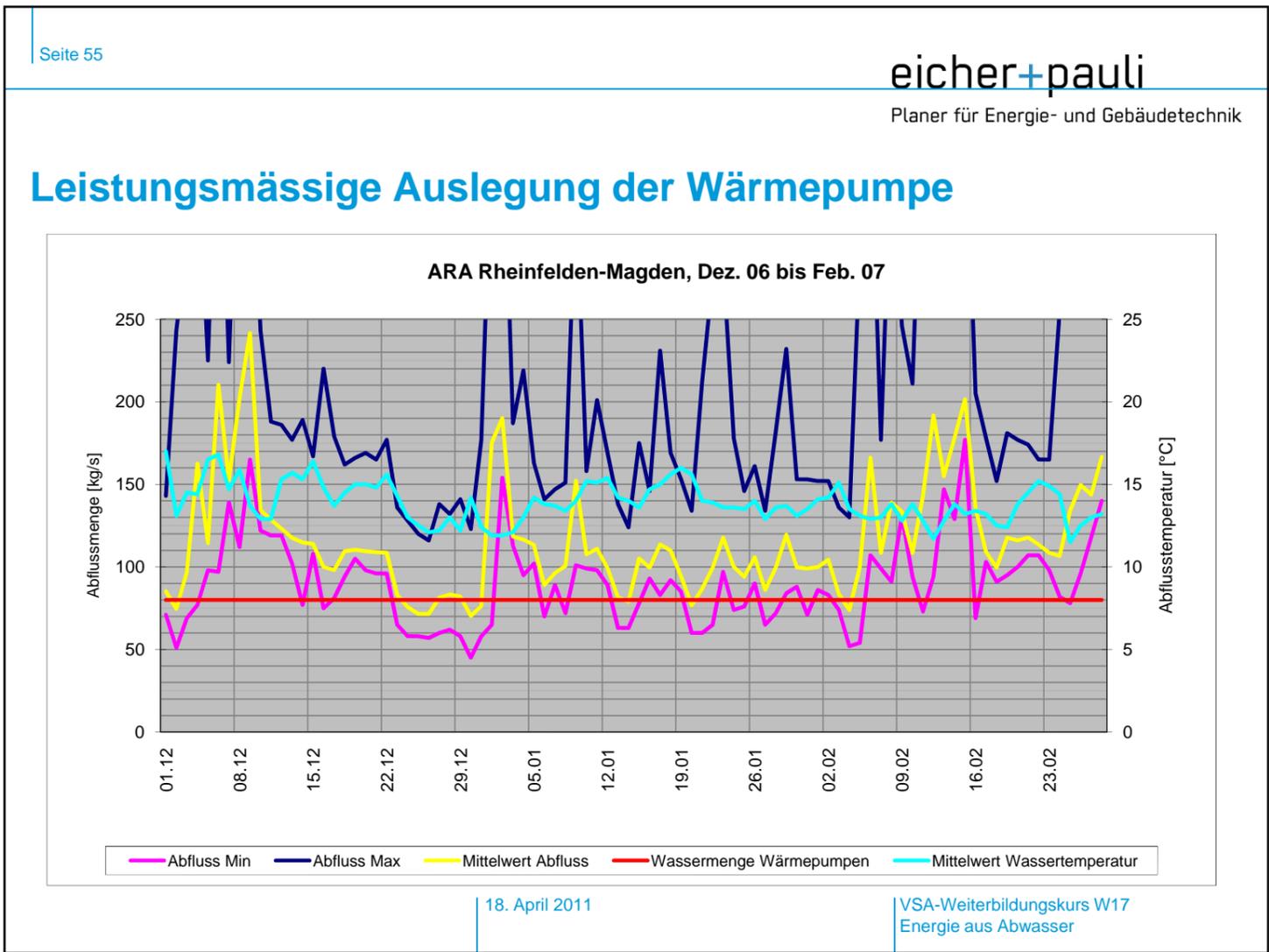
Seite 54

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

## Übersicht WV Augarten / Weiherfeld

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser



Seite 56

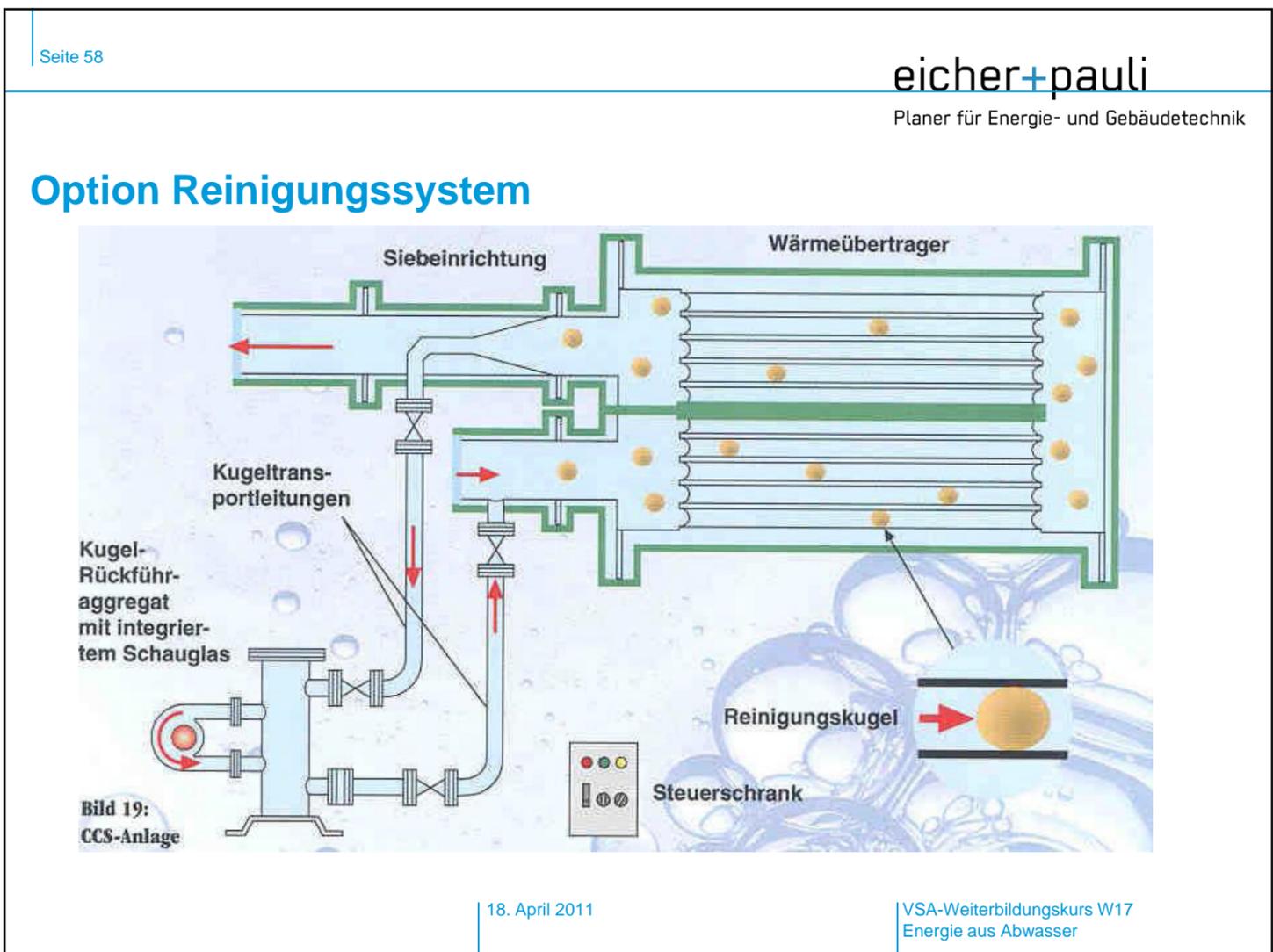
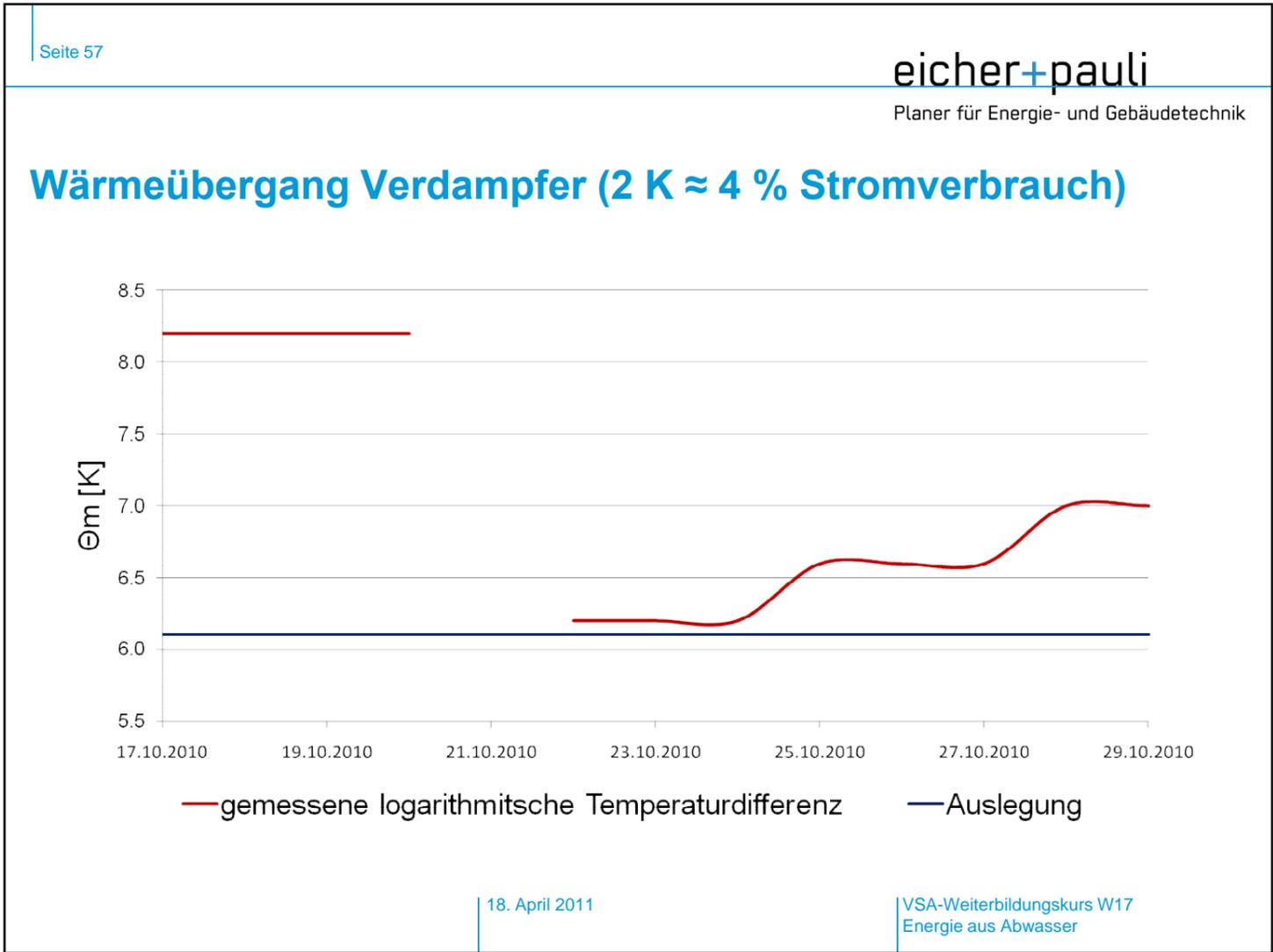
eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Gereinigtes Abwasser

<p><b>Zu beachten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ARA hat keinen Sandfilter als letzte Reinigungsstufe, dadurch grosse Feststofffracht</li> <li>– Macrofouling: Verstopfung und Ablagerungen durch grobteilige Stoffe</li> <li>– Microfouling: Beläge durch Bakterienansiedlung</li> <li>– Beeinträchtigung Wärmeübergang, Korrosion</li> </ul>	<p><b>Lösung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Werkstoffwahl</li> <li>– Bauart Wärmeaustauscher (Verdampfer)</li> <li>– Option mechanisches Reinigungssystem gegen Microfouling und evtl. Filtration gegen Macrofouling</li> </ul>
--	---

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser



Seite 59

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Wärmeproduktion und Deckungsgrad WV Augarten / Weiherfeld

Jahresproduktion Wärmepumpe: 10'900 MWh/a  
(entspricht einem Äquivalent von 1'090'000 Litern Heizöl)

Month	Wärmepumpe [MWh]	Heizkessel [MWh]	Total [MWh]
Mai 09	500	200	700
Jun 09	300	100	400
Jul 09	300	0	300
Aug 09	200	100	300
Sep 09	500	0	500
Okt 09	1000	300	1300
Nov 09	1100	700	1800
Dez 09	1500	900	2400
Jan 10	1600	1300	2900
Feb 10	1200	1100	2300
Mrz 10	1400	600	2000
Apr 10	1000	200	1200

■ Wärmepumpe ■ Heizkessel

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser

Seite 60

**eicher+pauli**  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik

### Danke für Ihre Aufmerksamkeit

**Positive proof of global warming.**

**18th Century    1900    1950    1970    1980    1990**

18. April 2011

VSA-Weiterbildungskurs W17  
Energie aus Abwasser