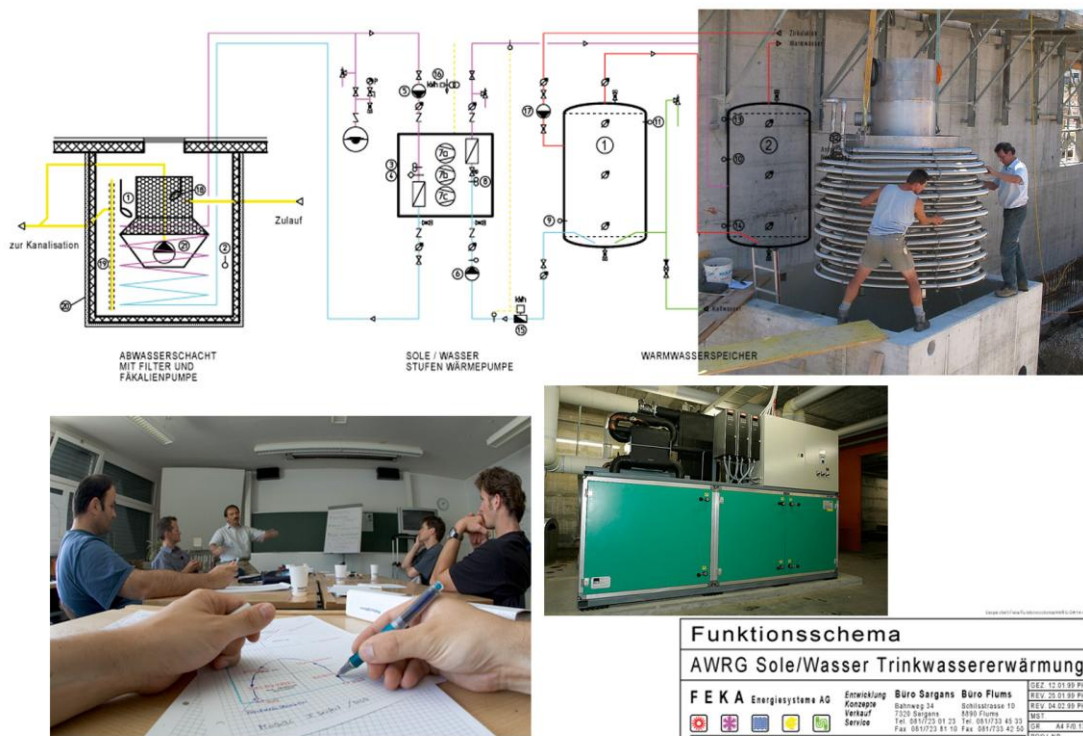


FEKA

Energiesysteme



ENERGIE AUS ABWASSER

LEHRMITTEL - SYSTEM FEKA

Version 15.12.2009

FEKA - Energiesysteme AG
 Elestastrasse 16
 CH-7310 Bad Ragaz SG

Telefon: +41 81 330 78 25
 Fax: +41 81 330 78 19
 E-Mail: info@feka.ch
 Web: www.feka.ch

Inhaltsverzeichnis :

1. FEKA Abwasserwärmerückgewinnungsanlagen

- 1.1 *Einleitung*
- 1.2 *Einstiegsfragen*

2. Einführung

- 2.1 *Geschichte*
- 2.2 *Zweck des Systeme*

3. Funktionsbeschreibung der Anlage

- 3.1 *Anlagenübersicht*
- 3.2 *Funktionsbeschreibung*

4. Allgemeine technische Grundlagen

- 4.1 *Herkunft des Abwassers*
- 4.2 *Temperatur des Abwassers*
- 4.3 *Abwassertemperatur für die Ableitung in die ARA*
- 4.4 *Verdampfungstemperaturbegrenzer*
- 4.5 *Wärmeentzug*
- 4.6 *Maximale Warmwassertemperatur*
- 4.7 *Zusatzenergiequelle*
- 4.8 *Unterhalts- und Revisionsarbeiten*
- 4.9 *Abwasservolumen*
- 4.10 *Infrastruktur für den Betrieb der FEKA Anlage*
- 4.11 *Platzbedarf*
- 4.12 *Wirtschaftlichkeitsberechnung*

5. Möglicher Planungsablauf

- 5.1 *Der Planungsablauf schematisch*

6. Berechnungsbeispiel

- 6.1 *Berechnungsvorgang*
- 6.2 *Wärmebedarf pro Tag*
- 6.3 *Wahl der Wärmepumpe*
- 6.4 *Gewählte Wärmepumpe*
- 6.5 *Tatsächliche Laufzeit der Wärmepumpe*
- 6.6 *Berechnung FEKA-Schacht*
- 6.7 *Wärmeanfall aus Abwasser*
- 6.8 *Kontrolle Wärmebezug*
- 6.9 *Kontrolle Volumen FEKA-Schacht*

7. Anhang

- 7.1 *Musterformular Richtofferte*

1. FEKA Abwasserwärmerückgewinnungsanlagen

1.1 Einleitung

Mit dem FEKA-System bietet der Markt ein wirtschaftliches System zur Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser an.

Der Lehrstoff gibt Auskunft über die Funktion der Anlage und die allgemeinen, technischen Grundlagen. Es wird eine mögliche Disposition und ein möglicher Planungsablauf behandelt. In einem konkreten Berechnungsbeispiel wird die Wärmepumpe sowie der notwendige FEKA-Abwasserschachtinhalt mit Schmutzfilter-Wärmetauscher und Spülpumpe bestimmt.

Lernziele

Nach dem Studium sollte der Leser

- das FEKA-System aufzeichnen und dessen Funktionsweise erklären können.
 - grobe Berechnungen für die Bestimmung der Wärmepumpe und des FEKA-Schachtinhalt durchführen können.
 - selbständig eine Projektstudie durchführen können.
- ⇒ Die Berechnungen sind für die Anwendung als Lehrmittel vereinfacht. Die Unterlagen sind nicht als Planungshandbuch gedacht. Bei konkreten Projekten nehmen Sie frühzeitig Kontakt mit uns auf.

1.2 Einstiegsfragen

- Was bedeutet die Abkürzung FEKA?
- Wie funktioniert die FEKA-Anlage?
- Was für eine durchschnittliche Temperatur hat das häusliche Abwasser im FEKA-Abwasserschacht?
- Auf welche Temperatur kann das Wasser im Abwasserschacht abgekühlt werden?
- Braucht es eine zusätzliche Energiequelle?
- Wie verläuft der Planungsablauf von den ersten Berechnungen bis zur Inbetriebnahme?
- Aus welchen Anlagekomponenten besteht eine FEKA-Warmwassererzeugungsanlage?

2. Einführung

2.1 Geschichte

Aufgrund des ersten Ölschocks und mit dem Wissen, dass Energie nie verloren geht, sondern nur seine Wertigkeit ändert, hielt Felix Kalberer Ausschau nach neuen Energiequellen in der Haustechnik.

Im Zuge der Untersuchung der Energiequellen stiess man auf das täglich notwendige Warmwasser und das damit anfallende Abwasser, das noch einen erheblichen Anteil an Wärme beinhaltet.

Damit war für Felix Kalberer der Startschuss für das FEKA-Abwasserwärmerecyclingssystem gefallen.

Der Name FEKA stammt vom Namen des Erfinders **FELIX KALBERER**. Die **erste Anlage** wurde **1975 in Mels SG** installiert. Das patentierte System ist in **über 200 Anlagen in der ganzen Schweiz** installiert und trägt dazu bei, kostbare Energie zu sparen.

2.2 Zweck des Systems

Der Zweck der Anlage ist es, die Sekundärenergie mehrfach zu nutzen. Das heisst, man versucht, mit einem Minimum an Primärenergie neue hochwertige Energie für die Wärmeproduktion wieder bereitzustellen. Dabei lässt sich die FEKA-AWRG beliebig mit anderen Energierückgewinnungsarten kombinieren:

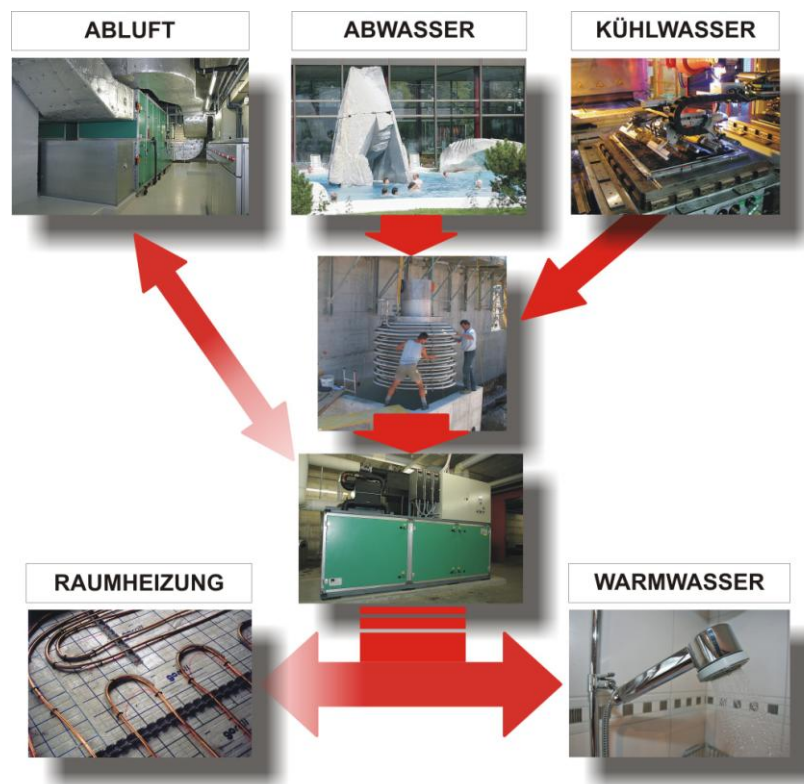


Bild 1: Das Wärmerecycling der FEKA Anlage schematisch dargestellt

3. Funktionsbeschreibung der Anlage

3.1 Anlagenübersicht

FEKA-Modul

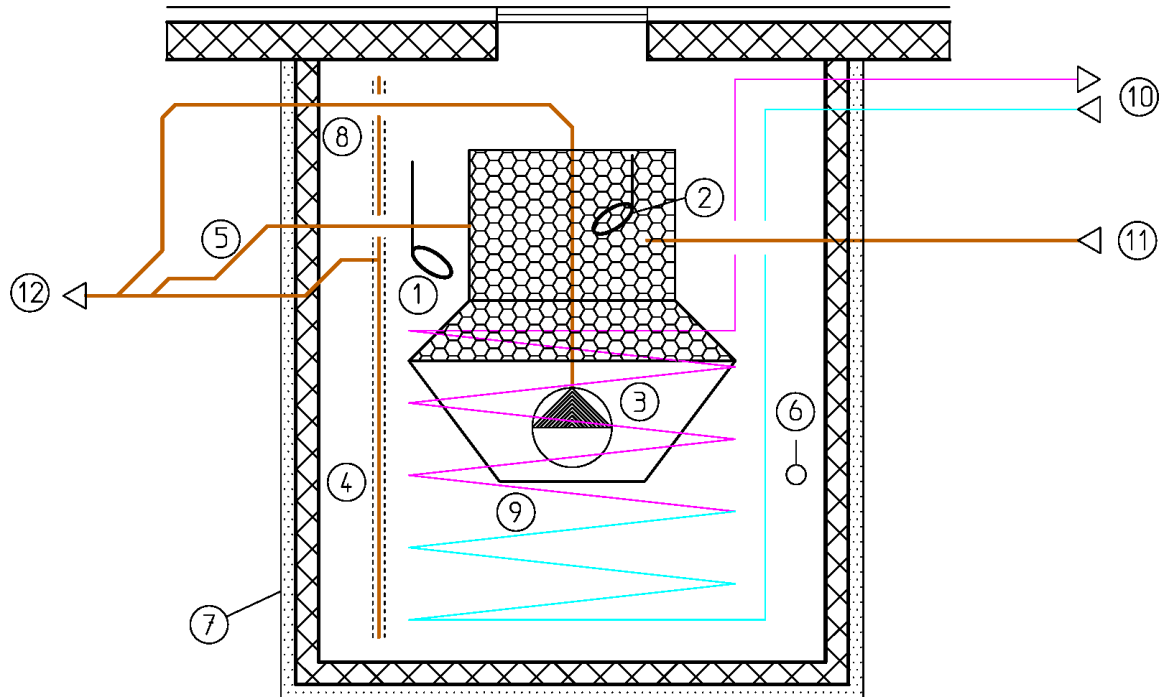


Fig.1: FEKA-Modul mit integriertem Filter und Wärmetauscher in Abwasserschacht

Legende

1. Niveaubirne Wasserstand minimal
2. Niveaubirne Wasserstand zu hoch
3. Spülpumpe
4. Standrohr isoliert
5. Überlaufleitung
6. Temperaturfühler
7. Abwasserschacht (isoliert bei Grundwasservorkommen)
8. Be- und Entlüftung
9. Wärmetauscher
10. Soleleitung zu- und von WP-Verdampfer
11. Abwasser Zulauf
12. Abwasser zur Kanalisation

3.2 Funktionsbeschreibung

FEKA-Modul

Sämtliches häusliches Abwasser fliesst via Filter in einen Fäkalien–Abwasserschacht. Im Abwasserfilter werden die Fäkal- und Schmutzstoffe zurück behalten. Täglich wird der angefallene Schmutz mit der Spülpumpe direkt in die Kanalisation gefördert und dabei wird der Filter mit dem Grauwasser automatisch rückgespült.

Das abgekühlte Grauwasser fliesst via Standrohr (kommunizierende Röhre) wie das zufließende Abwasser im gleichen Verhältnis laufend in die Kanalisation. Der Fäkalien–Abwasserschacht ist immer bis zum Überlaufniveau gefüllt. Eine Niveau-Absenkung findet nur bei der täglichen Filterrückspülung statt.

Rund um den Abwasserfilter ist der Spiro–Wärmetauscher angebracht.



Bild 2: Einbau FEKA-Modul in den Abwasserschacht einer Wohnüberbauung

Verlangt der Warmwasserspeicher Wärme, so schaltet die Stufen–Wärmepumpenanlage Sole / Wasser „EIN“ und bei Erreichen der Solltemperatur „AUS“ . Beim Unterschreiten der eingestellten Soletemperatur oder Erreichen der minimalen Abwassertemperatur wird die gesamte AWRG–Anlage abgeschaltet bis zur neuerlichen Freigabe durch den Temperaturfühler im Abwasserschacht.

Die Speicherladung erfolgt im Schichtladesystem, d.h. das kalte Wasser wird direkt in einem Durchgang auf z.B. 60°C erwärmt.

Durch die Kombination mit einer Wärmepumpe wird somit durch die Ausnutzung sämtlicher Abwässer eine ganzjährige Warmwasserbereitstellung sichergestellt. Dabei kann auf eine Zusatzheizung gänzlich verzichtet werden.



Bild 3: FEKA-Wärmepumpe für eine ganzjährige Warmwasseraufbereitung

4. Allgemeine technische Grundlagen

4.1 Herkunft des Abwassers

Abwasser fällt in verschiedenen Bereichen unserer Umgebung an:

- Allgemeines häusliches Abwasser inklusive WC
- Schwimmbäder, Wellness, Hotels, Altersheime, Spitäler usw.
- Grossküchen und Wäscherei
- Duschen- und WC-Anlagen (Sportzentren, Mehrzweckhallen)
- Öffentliche Kanalisation
- Industrieabwasser (Kühlung von Prozessen, Reinigung)

4.2 Temperatur des Abwassers

Für häusliches Abwasser kann mit einer durchschnittlichen Mischtemperatur von ca. 23°C gerechnet werden. Die Mischtemperatur von allen anderen Abwassern ist von Fall zu Fall zu bestimmen. Dazu müssen die Abwassertemperaturen gemessen werden.

4.3 Abwassertemperatur für die Ableitung in die ARA

Je tiefer die Temperatur des Abwassers ist, desto grösser muss der Schacht gebaut werden, damit die minimale Abgabetemperatur in die Kanalisation nicht unterschritten wird. (kommunale Vorschriften für die minimale Abwassertemperatur beachten Bsp. min. 5°C).

4.4 Verdampfungstemperaturbegrenzer

Bei Wassertemperaturen über 30°C muss bei der Wärmepumpe ein Verdampfungstemperaturbegrenzer eingebaut werden.

4.5 Wärmeentzug

Der Wärmeentzug aus dem Schacht ergibt sich aus der anfallenden Abwassermenge, der Abwassertemperatur und des Tankinhaltes. So ist ein Wärmeentzug von ca. 10 – 18h/d möglich.

4.6 Maximale Warmwassertemperatur

Es wird eine Warmwassertemperatur von mindestens 55°C angestrebt. Mit FEKA Wärmepumpenanlagen sind Warmwassertemperaturen von 60°C problemlos möglich.

4.7 Zusatzenergiequelle

Es ist eine Zusatzenergiequelle (z. B. Elektroeinsatz) notwendig für die Inbetriebnahme oder die Revision der FEKA-Anlage. Die Zusatzenergiequelle wird auch eingesetzt, wenn höhere Warmwassertemperaturen als 65°C gefordert werden. Dann wird mit der Zusatzenergiequelle das Brauchwarmwasser auf die gewünschte Temperatur erwärmt.

4.8 Unterhalts- und Revisionsarbeiten

Der FEKA-Schmutzfilter wird täglich automatisch rückgespült. Alle 1-2 Jahre sollte der Abwasserschacht vollständig entleert und gereinigt werden. Mit der Anordnung ausserhalb des Gebäudes, kann dies einfach und ohne störende Emissionen erfolgen.

4.9 Abwasservolumen

Das Abwasserschachtvolumen ist abhängig von der durchschnittlichen Abwassertemperatur im Schacht, von der Laufzeit der Wärmepumpe, vom Wärmebedarf und vom Abwasseranfall.

4.10 Infrastruktur für den Betrieb der FEKA Anlage

Damit die FEKA Anlage betrieben werden kann, muss ein entsprechender Stromanschluss für die Wärmepumpe der FEKA Anlage bereitgestellt werden. Dieser Anschluss ist abhängig von der Aufnahmeleistung der Wärmepumpe, die beim Lieferant nachgefragt werden kann. Für die Reinigung/Revision der Anlage sollte eine Steckdose vorgesehen werden.

4.11 Platzbedarf

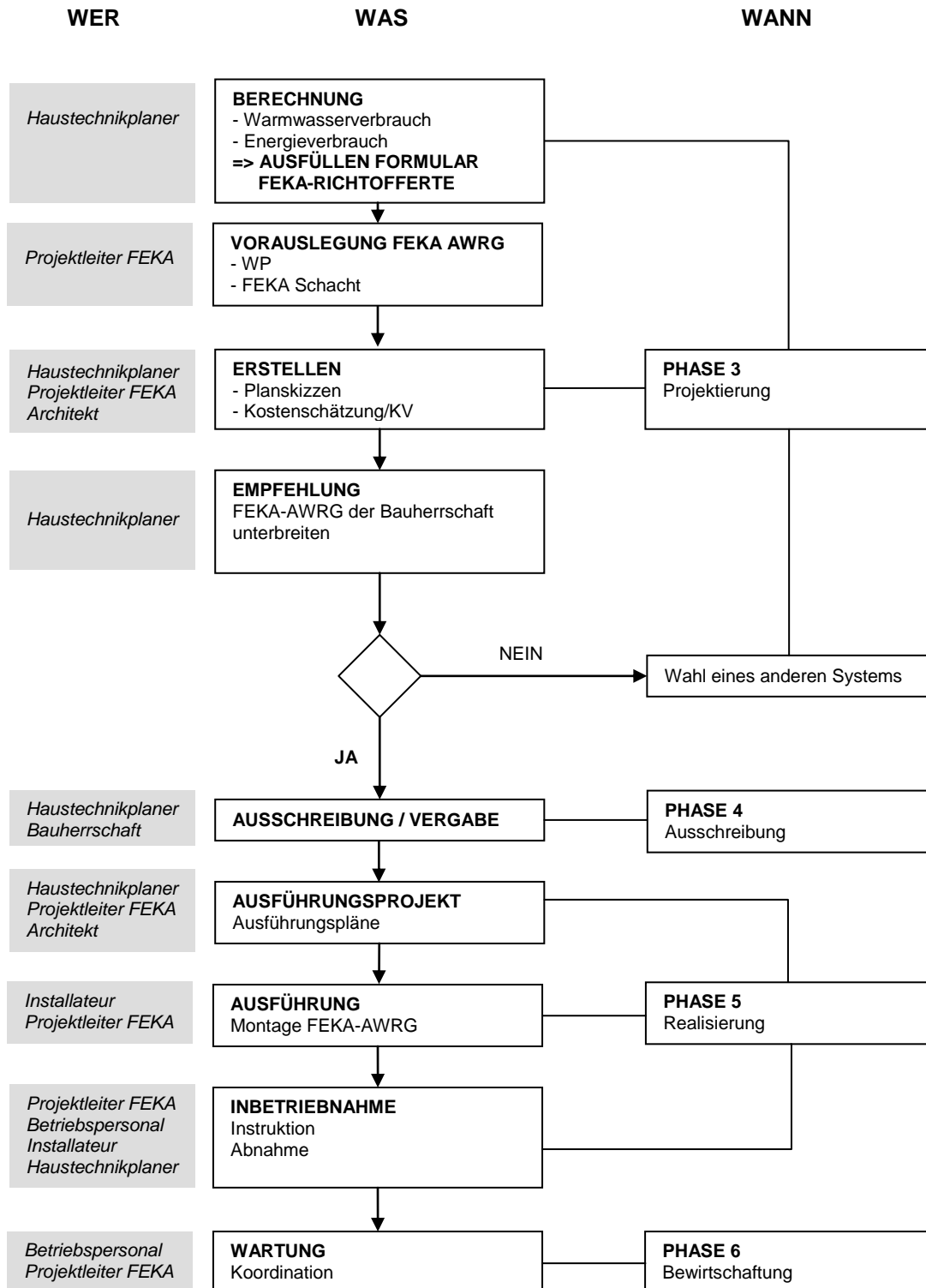
Der Platzbedarf der Anlage ergibt sich aus der Grösse der Wärmepumpe. Bei der Anordnung des Abwasserschachtes sollte einer guten Zugänglichkeit für Revisions-/Reinigungsarbeiten (Fahrzeug für Tankreinigung) Beachtung geschenkt werden.

4.12 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Neben den Investitions- und Betriebskosten sind auch die Raum- und Abwasserschachtkosten (ca. CHF 800,- pro m³), eventuelle Grabarbeiten und die Kosten für die Infrastruktur zu berücksichtigen. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung eignet sich das RAVEL Handbuch „Trinkwassererwärmung mit Wärmepumpen“ sehr gut. Auf den Seiten 42 ff. ist ein Beispiel einer FEKA Anlage dargestellt.

5. Möglicher Planungsablauf

5.1 Der Planungsablauf schematisch



6. Berechnungsbeispiel

6.1 Berechnungsvorgang

1. Warmwasserverbrauch
2. Wärmeverbrauch
3. Wahl der Wärmepumpe
4. Berechnung des FEKA-Modul
5. Kontrolle Wärmefall aus Schmutzabwasser

Beispiel

Gegeben

Mehrfamilienhaus	96 Personen
Wasserverbrauch KW + WW	150 L / d. Pers.
Warmwasserbedarf inkl. Wärmeverluste	4'800 L / d 60°C
Mittlere Abwassertemperatur vor Wärmeentzug	23°C
Minimale Abwassertemperatur nach Wärmeentzug	5°C
Laufzeit Wärmepumpe	12 – 18 h / d
Annahme Wassereigenschaft	1l entspricht 1kg

Gesucht

1. Warmwasserverbrauch
2. Wärmeverbrauch
3. Wahl der Wärmepumpe
4. Berechnung des FEKA-Modul

6.2 Wärmebedarf pro Tag

$$\begin{aligned}
 \dot{Q}_{\text{Tag}} &= \dot{m} * c_{\text{Wasser}} * \Delta T = 4800 \frac{\text{kg}}{\text{d}} * 4.187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} * (60 - 10) \text{K} = 1'004'880 \frac{\text{kJ}}{\text{d}} \\
 &= \underline{\underline{279 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}}}
 \end{aligned}$$

6.3 Wahl der Wärmepumpe

Gewählte durchschnittliche Laufzeit der Wärmepumpe: $t_{\text{Lauf}} = 15 \frac{h}{d}$

Bestimmung der Heizleistung:

$$\dot{Q}_{\text{Kond}} = \frac{\dot{Q}_{\text{Tag}}}{t_{\text{Lauf}}} = \frac{279 \frac{kWh}{d}}{15 \frac{h}{d}} = \underline{\underline{18.6 kW}}$$

6.4 Gewählte Wärmepumpe

WW – Wärmepumpe

Durchschnittliche Verflüssigerleistung

$$\dot{Q}_{\text{Kond}} = 20 kW$$

Durchschnittliche Verdampferleistung

$$\dot{Q}_{\text{Verd}} = 15 kW$$

6.5 Tatsächliche Laufzeit der Wärmepumpe

$$t_{\text{Lauf_eff}} = \frac{\dot{Q}_{\text{Tag}}}{\dot{Q}_{\text{Kond}}} = \frac{279 \frac{kWh}{d}}{20 kW} \cong \underline{\underline{14 \frac{h}{d}}}$$

6.6 Berechnung FEKA-Schacht

Maximal nutzbarer Wärmeinhalt

$$\dot{Q}_{\text{Abwasser}} = \dot{Q}_{\text{Verd}} * t_{\text{Lauf_eff}} = 15 kW * 14 \frac{h}{d} = \underline{\underline{210 \frac{kWh}{d}}}$$

Nutzzinhalt FEKA-Schacht

$$\dot{V}_{\text{FEKA-Schacht}} \cong \dot{m}_{\text{Wasser}} = \frac{\dot{Q}_{\text{Abwasser}} * 3600}{c_{\text{Wasser}} * \Delta T} = \frac{210 \frac{kWh}{d} * 3600}{4.187 \frac{kJ}{kg * K} * 18K} = \underline{\underline{10'031 \frac{l}{d}}}$$

6.7 Wärmefall aus Abwasser

Durchschnittlicher Wasserverbrauch = 150 l / d Pers.

Abzüglich Anteil für:

- Rasen- und Gartenbewässerung
- Event. Waschküche
- Reinigung (Plätze , Wege , Auto)

Schmutzabwasserteil über FEKA-Anlage = 125 l / d Pers.

$$WAS = \frac{\dot{m}}{Pers.} * Anz.Pers. = 125 \frac{l}{d * Pers.} * 96 Pers. = \underline{\underline{12'000 \frac{l}{d}}}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{Abwasser} &= WAS * c_{Wasser} * \Delta T = 12000 \frac{kg}{d} * 4.187 \frac{kJ}{kg * K} * 18K = 904'392 \frac{kJ}{d} \\ &= \underline{\underline{251.22 \frac{kWh}{d}}} \end{aligned}$$

6.8 Kontrolle Wärmebezug

Wärmefall aus dem Abwasser = 251 kWh / d

Wärmebezug aus dem Abwasser = 210 kWh / d

Differenz = 41 kWh / d

⇒ Positive Differenz = i.O.

6.9 Kontrolle Volumen FEKA-Schacht

Prozentualer Anteil Volumen FEKA-Schacht zur anfallenden, gesamten Abwassermenge :

Volumen FEKA-Schacht = 10.0 m³


Volumen WAS = 12.0 m³

$$\frac{V_{FEKA-Schacht}}{WAS} \% = \frac{100\% * 10m^3}{12m^3} = \underline{\underline{83.3\%}}$$

⇒ Schachthalt > 50% = i.O.

7. Anhang

7.1 Musterformular für Richtofferte

TECHNISCHE GRUNDLAGEN Richtofferte Abwasserwärmerückgewinnung			
Firma	Schnell & Partner	Tel.	+41 00 123 45 65
Kontaktperson	Fritz Schnell	Fax	+41 00 123 45 67
Adresse	Rennweg 5	E-Mail	fritz.schnell@schnellpa.ch
PLZ / Ort	1111 Raschensdorf		

Objekt	Überbauung "im Feld" - 1111 Raschensdorf
--------	--

Gebäudeart (zutreffendes bitte mit x ankreuzen)	<input type="checkbox"/> Alters- / Pflegeheim <input type="checkbox"/> Spital / Klinik <input type="checkbox"/> Hallenbad / Freibad <input type="checkbox"/> Hotel <input type="checkbox"/> Kaserne / Militärunterkunft <input type="checkbox"/> Geschäftshaus	<input checked="" type="checkbox"/> Mehrfamilienhaus <input type="checkbox"/> Wohnüberbauung <input type="checkbox"/> Schulanlage <input type="checkbox"/> Mehrzweckhalle / Turnhalle <input type="checkbox"/> Strafanstalt <input type="checkbox"/>
Jährliche Betriebszeit	365 Tag / Jahr (d/a)	
Durchschnittliche Abwassermenge	12000 Liter / Tag (l/d)	33 Wohnungen
Abwasserqualität	<input checked="" type="checkbox"/> mit Fäkalien	<input type="checkbox"/> ohne Fäkalien
Durchschnittliche Abwassertemperatur	23 °C	
Weitere mögliche Wärmequellen	<input type="checkbox"/> Fortluft Lüftung	<input type="checkbox"/>
Nutzung der Wärme für	<input type="checkbox"/> Warmwasser + Heizung	<input checked="" type="checkbox"/> Warmwasser
Betriebstemperaturen	Heizung VL/RL: _____ °C	Warmwasser: 60 °C
Durchschnittlicher Warmwasserverbrauch	4800 Liter / Tag (l/d)	96 anz. Personen
Kaltwassertemperatur	12 °C	
Trinkwasserhärte	15 °dH	
Vorgesehenes Warmwasserspeichervolumen total	4000 Liter	
Anzahl Warmwasserspeicher	1 Stück	
Gewünschte Speicherladezeit	14 Stund / Tag (h/d)	
Notheizung	<input checked="" type="checkbox"/> Elektro <input type="checkbox"/> Öl / Gas	<input type="checkbox"/> Holz <input type="checkbox"/>
Vorgesehenes Zirkulationssystem	<input type="checkbox"/> 2-Rohrsystem <input type="checkbox"/> RAR-System	<input checked="" type="checkbox"/> Elektrohilfheizung <input type="checkbox"/>

Elektrotarife für Wärmepumpen	Sommer	Winter
Hochtarif	0.16 Fr./kWh	Hochtarif 0.16 Fr./kWh
Niedertarif	0.16 Fr./kWh	Niedertarif 0.16 Fr./kWh
Leistungspreis	----- Fr./kW	Leistungspreis ----- Fr./kW

Bemerkungen:	Möglicher Standort ist im beigefügten pdf-Plan ersichtlich
--------------	--

FEKA-Energiesysteme AG, Bestastrasse 16, 7310 Bad Ragaz, Tel. 081-330 78 25, Fax 081-330 78 19, E-Mail info@feka.ch, www.feka.ch

⇒ **Excelformular und weitere Infos steht unter www.feka.ch zum Download bereit**