
FREIBAD RASTSTEDE

STUDIE ÜBER MÖGLICHE MASSNAHMEN ZUR ENERGIEEINSPARUNG

AUGGESTELLT:
21.10.2008

Ing.-Büro Wolff + Partner GmbH
Beratende Ingenieure VBI
Haferwende 18
28357 Bremen
Tel. (0 421) 20 77 4-0
Fax (0 421) 20 77 4-26

Aufgabenstellung

Die Gemeinde Rastede hat das Ingenieurbüro Wolff und Partner damit beauftragt, die Energieverbräuche im Freibad kritisch zu betrachten, die technischen Anlagen zu untersuchen und Vorschläge für Energiesparende Maßnahmen zu unterbreiten. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

Bestand

Das Freibad Rastede wurde 1964 erbaut. Die Beckenerwärmung erfolgt über einen gemeinsamen Schwimmbadheizer der im Wechsel das Schwimmer- und das Nichtschwimmerbecken erwärmt. Diese Geräte arbeiten, durch die direkte Abkühlung der Heizgase mit dem Schwimmbadwasser, mit hohem Wirkungsgrad was im konkreten Fall auch durch das Schornsteinfegerprotokoll bestätigt wird. Nachteilig ist allerdings der zusätzliche Pumpenstromverbrauch und die relativ hohen Wartungskosten.

Für die sonstige Wärmeversorgung ist ein weiterer Kessel vorhanden. Die technischen Anlagen für den Kinderbereich sind einschließlich der Wärmetechnik in einem separaten Technikraum untergebracht.

Die Wasseraufbereitung ist grundsätzlich noch nicht erneuert worden. Die Umwälzpumpen werden direkt am Netz betrieben. Die Einregulierung der Volumenströme erfolgt durch Drosselung der Pumpen.

Bewertung des Energie- und Wasserverbrauchs

Die nachfolgenden Verbrauchswerte aus dem Jahr 2007 sind dem Energiebericht der Gemeinde Rastede entnommen und wegen der einfacheren Lesbarkeit dieses Berichtes hier nochmals aufgeführt:

Durchschnittlicher Stromverbrauch: rund 140.850 kWh/a
Durchschnittlicher Gasverbrauch: rund 927.500 kWh/a
Durchschnittlicher Wasserverbrauch: rund 12.500 m³/a

Alle Verbrauchswerte zeigen eine relativ hohe Konstanz über die letzten 7 Jahre. Der Wasserverbrauch schwankt etwas mehr, was vermutlich mit Wasserverlusten durch Undichtigkeiten der Becken in der Vergangenheit begründet ist.

Zur Einstufung und zum Vergleich werden die Verbrauchswerte auf die Wasserfläche und/oder auf die Zahl der Badegäste bezogen. Die nachfolgend genannten Mittelwerte entstammen einer statistischen Erhebung des "Bundesverbandes öffentliche Bäder e.V."

Mit einer Gesamtwasserfläche von 1.325 m² ergeben sich folgende auf die Wasserfläche bezogenen Verbrauchswerte:

Stromverbrauch: rund 106 kWh/(m²a);
 Mittelwert: 129 kWh/(m²a)
Gasverbrauch: rund 700 kWh/(m²a);
 Mittelwert: 319 kWh/(m²a)
Wasserverbrauch: rund 9,43 m³/(m²a);
 Mittelwert: 7,88 m³/(m²a)

Mit einer durchschnittlichen Besucherzahl von rund 55.000 Personen pro Jahr ergeben sich folgende auf die Besucherzahl bezogenen Verbrauchswerte:

Stromverbrauch: rund 2,56 kWh/(Pers.a);
 Mittelwert: 3,43 kWh/(Pers.a)
Gasverbrauch: rund 16,86 kWh/(Pers.a);
 Mittelwert: 8,07 kWh/(Pers.a)
Wasserverbrauch: rund 0,23 m³/(Pers.a);
 Mittelwert: 0,22 m³/(Pers.a)

Beim Bezug auf die Wasserfläche liegt das Freibad Rastede mit dem Stromverbrauch leicht unter und mit dem Wasserverbrauch leicht über dem Durchschnitt. Beim Wärmeverbrauch übersteigt das Freibad den Durchschnitt um fast 120%. Beim Bezug auf die Besucherzahlen sieht das Ergebnis ähnlich aus. Der Vergleich ist jedoch mit großer Vorsicht zu betrachten. Es muss berücksichtigt werden, dass die Streubreite bei dieser Statistik sehr groß ist. Nähere Einzelheiten über die Erhebung sind uns nicht bekannt. Wir haben daher zur Absicherung zusätzlich die VDI 2089 Blatt 3 herangezogen. Diese gibt ein Verfahren an zur Vorausberechnung des Wärmeverbrauches in Freibädern. Nach diesem Rechenverfahren würde sich für das Freibad Rastede ein spezifischer Verbrauch von 625 kWh/(m²a) ergeben. Zieht man von den tat-

sächlichen 700 kWh/(m²a) den Verbrauch für warmes Wasser ab, trifft man exakt diesen Wert. Der statistische Mittelwert ist also mit großer Vorsicht zu genießen. Aufgrund der vorhandenen Beckenheizung, die einen hohen Wirkungsgrad aufweist, schätzen wir den Wärmeverbrauch nicht derart überhöht, sondern als eher durchschnittlich ein.

Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs

In Freibädern lassen sich durch Nutzung von Sonnenergie und Reduzierung von Verlusten durch Beckenabdeckungen relativ viel Energie einsparen. Es sollte daher zunächst in dieser Richtung untersucht werden.

Solarabsorber

Solarabsorber sind sehr gut geeignet für Freibäder. Die Absorberfläche sollte, je nach Beckentemperatur und Lage sowie Klimazone, zwischen 80 und 100% (und darüber) der Wasserfläche betragen. Die benötigte Fläche steht im Freibad Rastede allerdings nicht zur Verfügung. Die Dachfläche des Umkleidegebäudes beträgt ca. 600 m². Aufgrund der Dachgestaltung und der Dachfenster können effektiv nur ca. 500 m² Absorber untergebracht werden. Auf eine Zusatzheizung kann daher nicht verzichtet werden. Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 35.000 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung 6,0 Jahre und dynamisch, bei einer angenommenen Gaspreissteigerung von 10% pro Jahr: 4,9 Jahre.

Beckenabdeckung

Beckenabdeckungen senken den Energiebedarf durch Senkung der Wärmeverluste durch Abstrahlung Konvektion und Verdunstung. Die möglichen Einsparungen lassen sich nach VDI 2089 Blatt 3 abschätzen. Maßgeblichen Einfluss auf die Höhe der Energieeinsparung haben die Lage, die Klimazone, die Beckentemperatur, die tägliche Betriebszeit und die Dauer der Saison. Starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat noch der personelle Aufwand für das Auf- und Abdecken. Nach unserer Einschätzung sind 2 Personen morgens und abends je ca. ½ Stunde damit be-

schäftigt, die Becken auf- bzw. abzudecken, d.h. insgesamt fallen 2 Stunden pro Tag an Personalaufwand an. Wir haben diesen Aufwand zunächst nicht mit einbezogen. Dieser Punkt muss gegebenenfalls noch berücksichtigt werden. Weiterhin ist der Verbleib der Abdeckungen tagsüber noch zu klären.

Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 110.000 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung 6,7 Jahre und dynamisch, bei einer angenommenen Gaspreissteigerung von 10% pro Jahr: 5,3 Jahre.

Maßnahmen zur Reduzierung des Warmwasserverbrauches

In Freibädern wird häufig die Unsitte beobachtet, dass sich Badegäste unter der Dusche aufwärmen. Dies treibt zwangsläufig den Duschwasserverbrauch enorm in die Höhe. Eine Möglichkeit, diese Unsitte zu unterbinden, ist der Einbau von Münzautomaten. Allerdings wird dies von den Badegästen in der Regel nicht akzeptiert und massive Beschwerden sind an der Tagesordnung. Hier muss entsprechend sensibel vorgegangen werden. Die Höhe der möglichen Einsparung und damit die Wirtschaftlichkeit lässt sich nur äußerst schwer abschätzen, da das Nutzerverhalten dazu genauer bekannt sein muss.

Wärmerückgewinnungsmaßnahmen

Maßnahmen zum Wärmerückgewinn , z.B. aus Filterspülabwasser oder Duschabwasser sind in Freibädern aufgrund der kurzen Saison nicht wirtschaftlich. Dies gilt auch für Stromsparende Maßnahmen, wie Nachrüstung von Frequenzumformern an den Pumpen.

Anlagentechnische Maßnahmen

BHKW

BHWW's erreichen in Freibädern nicht die erforderlichen Betriebsstunden für eine Wirtschaftlichkeit.

Wärmepumpe

Die räumliche Nähe des Freibades zum Ellernteich hat uns bewogen, eine Abschätzung vorzunehmen, ob der Teich als Wärmequelle für das Freibad wirtschaftlich genutzt werden kann. Die aus dem Teich gewonnene Wärme muss mittels Wärmepumpe auf das erforderliche Temperaturniveau für die Beckenbeheizung angehoben werden. Hierzu muss Strom als Antriebsenergie für die Wärmepumpe aufgewendet werden.

Weiterhin muss geprüft werden, ob die vom Teich abfließende Wassermenge überhaupt ausreichend groß genug ist, ohne den Wasserspiegel abzusenken, und nicht zuletzt ist die Genehmigungsfähigkeit zu prüfen. Ebenfalls noch nicht geprüft ist, ob eine Elektrowärmepumpe aufgrund des hohen Stromanschlusswerts überhaupt betrieben werden kann. Gegebenenfalls wählt man eine Gasmotorwärmepumpe. Hierbei dient ein erdgasbetriebener Verbrennungsmotor als Antriebs für den Kompressor. Wir haben in der nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsberechnung eine Elektrowärmepumpe zugrunde gelegt.

Die Investition für diese Maßnahme würde 130.000 € betragen. Die statische Amortisationszeit, ohne Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung beträgt 5,2 Jahre. Unter Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung von 5% pro Jahr würde sich die Amortisationszeit auf 4,7 Jahre verkürzen, bei 10% pro Jahr auf 4,4 Jahre.

In obiger Berechnung ist noch nicht berücksichtigt, dass bei dem Einbau einer Wärmepumpe die hohen Wartungskosten für den Schwimmbadheizer zukünftig entfallen. Diese betragen ca. 5.000 bis 6.000 €/a. Schlägt man diese Summe noch der Einsparung hinzu, verkürzen sich die Amortisationszeiten auf:

Statisch:	4,3 Jahre
5%/a Steigerung:	3,9 Jahre
10%/a Steigerung:	3,7 Jahre

Wirtschaftlichkeitsberechnungen

1. Solarabsorber

I. Kapitalgebundene Kosten

Zinsen: 5,0 %/a
Lebensdauer: 20 Jahre (nach VDI 2067)
Annuität: 8,02 %/a
Investition: 35.000,- € (netto)

$$\frac{35.000 \text{ €} \times 8,02 \text{ \%/a}}{100 \text{ \%}} = 2.807,- \text{ €a}$$

II. Verbrauchsgebundene Kosten

Vernachlässigbar!

III. Betriebsgebundene Kosten

Wartung, Instandhaltung:

nach VDI 2067: 1,0 %/a

$$\frac{35.000 \text{ €} \times 1,0 \text{ \%/a}}{100 \text{ \%}} = 350,- \text{ €a}$$

IV. Einsparung pro Jahr

Durch den Einsatz der Solaranlage werden folgende Wärmeinsparung erzielt:

Spezifischer solarer Wärmegewinn: 300 kWh/(m²a)

Wärmeeinsparung:
500 m² x 300 kWh/(m²a) = 120.000 kWh/a

Wärmekostensparnis:

Spezifische Wärmekosten:

Gaspreis:	0,0511 €/kWh
Jahresnutzungsgrad des Gaskessels:	0,94
Umrechnungsfaktor Hu/Ho:	0,901
$k = 0,0511 \text{ €/kWh} / (0,94 \times 0,901) =$	0,0584 €/kWh
$K = 0,0603 \text{ €/kWh} \times 120.000 \text{ kWh/a} =$	7.236,00 €/a

Einsparung pro Jahr:

Wärmekosteneinsparung:	7.236,00 €/a
<u>Betriebsgebundenen Kosten:</u>	<u>- 350,00 €/a</u>
Einsparung pro Jahr :	6.886,00 €/a

V. Gewinn pro Jahr

Einsparung pro Jahr:	6.886,00 €/a
<u>Kapitalgebundene Kosten pro Jahr:</u>	<u>- 2.807,00 €/a</u>
Gewinn pro Jahr:	4.079,00 €/a

VI. Amortisationszeit

Statische Amortisationszeit, ohne Gaspreissteigerung, mit Berücksichtigung der Verzinsung.

$$A = \frac{\log \frac{E}{E - I \cdot Z}}{\log(1 + Z)}$$

mit:

A = Amortisationszeit

E = Einsparungen pro Jahr

I = Investition

Z = Zinssatz

A = 6,0 Jahre

In ca. 6 Jahren würde sich die Anlage nach der statischen Methode amortisieren.

Dynamische Amortisationszeit:

Unter Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung von 5 % pro Jahr würde sich die Amortisationszeit auf 5,3 Jahre verkürzen, bei 10 % pro Jahr auf 4,9 Jahre.

2. Beckenabdeckung

I. Kapitalgebundene Kosten

Zinsen: 5,0 %/a
Lebensdauer: 20 Jahre (Herstellerangabe)
Annuität: 8,02 %/a
Investition: 110.000,- € (netto)

$$\frac{110.000 \text{ €} \times 8,02 \text{ \%/a}}{100 \text{ \%}} = 8.822,- \text{ €/a}$$

II. Verbrauchsgebundene Kosten

Vernachlässigbar!

III. Betriebsgebundene Kosten

Wartung, Instandhaltung:

Herstellerangabe: 0,5 %/a

$$\frac{110.000 \text{ €} \times 0,5 \text{ \%/a}}{100 \text{ \%}} = 550,- \text{ €/a}$$

IV. Einsparung pro Jahr

Durch den Einsatz der Beckenabdeckungen wird folgende Wärmeeinsparung erzielt:

spezifischen Einsparung nach VDI 2089 Blatt 3:

255 kWh/(m²a)

Wärmeeinsparung:

1.325 m x 255 kWh/(m²a) = 338.000 kWh/a

Wärmekostensparnis:

Spezifische Wärmekosten:

Gaspreis: 0,0511 €/kWh

Jahresnutzungsgrad des Gaskessels: 0,94

Umrechnungsfaktor Hu/Ho: 0,901

$k = 0,0511 \text{ €/kWh} / (0,94 \times 0,901) = 0,0584 \text{ €/kWh}$

$K = 0,0603 \text{ €/kWh} \times 338.000 \text{ kWh/a} = 20.381,00 \text{ €/a}$

Einsparung pro Jahr:

Wärmekosteneinsparung: 20.381,00 €/a

Betriebsgebundenen Kosten: - 550,00 €/a

Einsparung pro Jahr : **19.831,00 €/a**

V. Gewinn pro Jahr

Einsparung pro Jahr: 19.831,00 €/a

Kapitalgebundene Kosten pro Jahr: - 8.822,00 €/a

Gewinn pro Jahr: **11.009,00 €/a**

VI. Amortisationszeit

Statische Amortisationszeit, ohne Gaspreissteigerung, mit Berücksichtigung der Verzinsung.

$$A = \frac{\log \frac{E}{E - I \cdot Z}}{\log(1 + Z)}$$

mit:

A = Amortisationszeit

E = Einsparungen pro Jahr

I = Investition

Z = Zinssatz

A = 6,7 Jahre

In knapp 7 Jahren würde sich die Anlage nach der statischen Methode amortisieren.

Dynamische Amortisationszeit:

Unter Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung von 5 % pro Jahr würde sich die Amortisationszeit auf 5,8 Jahre verkürzen, bei 10 % pro Jahr auf 5,3 Jahre.

3. Wärmepumpe

I. Kapitalgebundene Kosten

Zinsen: 5,0 %/a

Lebensdauer: 18 Jahre (nach VDI 2067)

Annuität: 8,55 %/a

Investition: 130.000,- € (netto)

130.000 € x 8,55 %/a

100 %

= 11.115,- €/a

II. Verbrauchsgebundene Kosten

Wärmeverbrauch der Becken: 828.125 kWh/a

Stromverbrauch der Wärmepumpe:

Es wird mit einer mittleren Leistungszahl (COP) der Wärmepumpe von 4,5 gerechnet. Damit ergibt sich folgender Stromverbrauch:

$828.125 \text{ kWh/a} / 4,5 = 184.028 \text{ kWh/a}$

Stromkosten :

$184.028 \text{ kWh/a} \times 0,099 \text{ €/kWh} = 18.219 \text{ €/a}$

III. Betriebsgebundene Kosten

Wartung, Instandhaltung:

nach VDI 2067: 2,0 %/a

$\frac{130.000 \text{ €} \times 2,0 \text{ %/a}}{100 \text{ \%}} = 2.600,- \text{ €/a}$

IV. Einsparung pro Jahr

Durch den Einsatz der Wärmepumpe wird Wärmekosteneinsparung erzielt:

Wärmeeinsparung:

$625 \text{ kWh/(m}^2\text{a)} \times 1.325 \text{ m}^2 = 828.125 \text{ kWh/a}$

Wärmekostensparnis:

Spezifische Wärmekosten:

Gaspreis: 0,0511 €/kWh

Jahresnutzungsgrad des Gaskessels: 0,94

Umrechnungsfaktor H_u/H_o : 0,901

$k = 0,0511 \text{ €/kWh} / (0,94 \times 0,901) = 0,0584 \text{ €/kWh}$

$K = 0,0603 \text{ €/kWh} \times 828.125 \text{ kWh/a} = 49.936,00 \text{ €/a}$

Einsparung pro Jahr:

Wärmekosteneinsparung:	49.687,00 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten:	- 18.219,00 €/a
Betriebsgebundenen Kosten:	- 2.600,00 €/a
Einsparung pro Jahr :	28.868,00 €/a

V. Gewinn pro Jahr

Einsparung pro Jahr:	28.868,00 €/a
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr:	- 11.115,00 €/a
Gewinn pro Jahr:	17.753,00 €/a

VI. Amortisationszeit

Statische Amortisationszeit, ohne Gaspreissteigerung, mit Berücksichtigung der Verzinsung.

$$A = \frac{\log \frac{E}{E - I \cdot Z}}{\log(1 + Z)}$$

mit:

A = Amortisationszeit

E = Einsparungen pro Jahr

I = Investition

Z = Zinssatz

A = 5,2 Jahre

In ca. 5 Jahren würde sich die Anlage nach der statischen Methode amortisieren.

Dynamische Amortisationszeit:

Unter Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung von 5 % pro Jahr würde sich die Amortisationszeit auf 4,7 Jahre verkürzen, bei 10 % pro Jahr auf 4,4 Jahre.

Hinweis:

In obiger Berechnung ist noch nicht berücksichtigt, dass bei dem Einbau einer Wärmepumpe die hohen Wartungskosten für den Schwimmbadheizer zukünftig entfallen. Diese betragen ca. 5.000 bis 6.000 €/a. Schlägt man diese Summe noch der Einsparung hinzu, verkürzen sich die Amortisationszeiten auf:

Statisch:	4,3 Jahre
5% pro Jahr Steigerung:	3,9 Jahre
10% pro Jahr Steigerung:	3,7 Jahre

Zusammenfassung

Die technische Ausrüstung des Freibades Rastede ist nicht mehr auf dem Stand der Technik, auch wenn der Hauptwärmeerzeuger für die Becken noch einen guten Wirkungsgrad aufweist.

Durch Maßnahmen wie Einbau einer Solarabsorberanlage und Beckenabdeckungen lässt sich der Gasverbrauch erheblich reduzieren.

Das Wärmeversorgungskonzept sollte grundsätzlich überarbeitet werden. Wir haben die Beckenbeheizung mittels Wärmepumpe untersucht. Dabei haben wir als Wärmequelle den Ellernteich gewählt. Eine solche Anlage amortisiert sich unter Berücksichtigung aller Einsparungen und einer Gaspreissteigerung von 10% pro Jahr bereits nach 3,7 Jahren. Die technische Machbarkeit muss jedoch noch im Detail, wie auch die Genehmigungsfähigkeit geprüft werden.