
HALLENBAD RASTSTEDE

STUDIE ÜBER MÖGLICHE MASSNAHMEN ZUR ENERGIEEINSPARUNG

AUFGESTELLT:
17.10.2008

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 Hallenbad 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 Hallenbad Rastede wurde 1980 erbaut. Die vorhandene Kesselanlage wurde 1998, ausgeführt als Brennwertgerät, erneuert. Zum gleichen Zeitpunkt wurde der Heizverteiler einschließlich der Heizungsregelung erneuert und die Hydraulik modernisiert. 2006 wurde ein Sommerkessel ergänzt, da im Sommer nur die Sauna und die Medizinische Abteilung in Betrieb sind.

In 2000 wurde die RLT Zentrale erneuert. Die Anlage ist mit Volumenstromreglern ausgestattet und wird somit lastabhängig mit variablen Volumenströmen gefahren. Die Ventilormotoren werden über Frequenzumformer betrieben, wodurch der Energieverbrauch bereits optimiert ist.

Aus Platzgründen konnte die Wärmerückgewinnung nur als KVS-System, mit einem geringeren Wärmerückgewinnungsgrad als heute üblich, ausgeführt werden. Weiter wurde im Zuge dieser Maßnahme der Lüftungsheizverteiler neu aufgebaut und auch hier die Heizungshydraulik modernisiert. Die Regelung wurde ebenfalls erneuert.

Die vorhandene Wasseraufbereitung wurde 2003 erneuert und 2005 ein weiterer Filterkreislauf für einen neuen Whirlpool eingebaut. Die Umwälzpumpen werden noch direkt am Netz betrieben. Die Einregulierung der Volumenströme erfolgt durch Drosselung der Pumpen.

Die Schaltanlage für die Schwimmbadtechnik wurde im Zuge dieser Maßnahme ebenfalls auf den neuesten Stand der Technik gebracht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die zentrale Betriebstechnik im wesentlichen auf dem Stand der Technik ist und auch wartungs- und pflegetechnisch einen sehr guten Eindruck macht.

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 491.500 kWh/a
Durchschnittlicher Gasverbrauch: rund 1.808.000 kWh/a
Durchschnittlicher Wasserverbrauch: rund 14.300 m³/a

Alle Verbrauchswerte zeigen eine relativ hohe Konstanz über die letzten 7 Jahre.

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."

Beim Vergleich mit anderen Bädern ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Hallenbad Rastede während der Freibadsaison geschlossen, also nur ca. 9 Monate im Jahr in Betrieb ist.

Mit einer Gesamtwasserfläche von 475 m² ergeben sich folgende auf die Wasserfläche bezogenen Verbrauchswerte:

Stromverbrauch: rund 1.035 kWh/(m²a);
Mittelwert: 1.032,47 kWh/(m²a)
Gasverbrauch: rund 3.806 kWh/(m²a);
Mittelwert: 3.983,13 kWh/(m²a)
Wasserverbrauch: rund 30 m³/(m²a);
Mittelwert: 36,71 m³/(m²a)

Mit einer durchschnittlichen Besucherzahl (1997-2007) von rund 124.000 Personen pro Jahr ergeben sich folgende auf die Besucherzahl bezogenen Verbrauchswerte:

Stromverbrauch: rund 3,96 kWh/(Pers.a);
Mittelwert: 4,46 kWh/(Pers.a)
Gasverbrauch: rund 14,6 kWh/(Pers.a);
Mittelwert: 17,82 kWh/(Pers.a)

Wasserverbrauch: rund 0,115 m³/(Pers.a);
Mittelwert: 0,16 m³/(Pers.a)

Beim Bezug auf die Wasserfläche liegt das Hallenbad Rastede damit ziemlich genau auf dem Durchschnitt, beim Bezug auf die Besucherzahlen leicht unter dem Durchschnitt, was wohl mit den relativ guten Besucherzahlen zusammenhängt. Es gibt also weder beim Strom, noch beim Gas oder beim Wasser herausragende Abweichungen vom Durchschnitt.

Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs

Wie oben bereits ausgeführt, ist die Technik im Hallenbad im wesentlichen auf dem Stand der Technik, sodass hier nicht durch Sanierungsansätze wesentlich gespart werden kann. Es sollte aber, beim Austausch des Kessels, der bereits 10 Jahre alt ist und schon reparaturgeschweißt werden musste, die Leistung auf zwei Kessel aufgeteilt werden. Dies verbessert den Jahresnutzungsgrad durch Verringerung der Bereitschaftsverluste und spart damit Energie. Weiterhin sollte bei einem anstehenden Kessel-austausch geprüft werden, ob die Aufheizzeit der Becken verlängert werden, und damit die installierte Kesselleistung reduziert werden kann.

Wenig gut ausgestattet ist das Hallenbad bezüglich technischer Anlagen zur Energierückgewinnung. Hier ist lediglich das KVS-System in der Lüftungsanlage zu nennen. Es sollten daher hinsichtlich der Einsparung von Gas in erster Linie Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung eingesetzt werden. Folgende Anlagen die wir hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit untersucht haben, schlagen wir vor:

Wärmerückgewinn aus Abluft

Das vorhandene KVS-System bleibt komplett erhalten und dient zukünftig als erste WRG-Stufe. Diese gewinnt mit relativ geringen anlagentechnischen Aufwand bereits ca. 50 - 55% der Wärme zurück. Wir schlagen vor, als zweite Stufe eine Wärmepumpenanlage einzusetzen und die Rückwärmezahl so auf insgesamt bis über 90% bei – 10°C zu steigern. Bis zu einer Außentemperatur von +2°C erfolgt ein 100%iger Wärmerückgewinn, d.h. ohne Zusatz-

wärmelieferung durch den Kessel. Es ist dabei jedoch zu berücksichtigen das die Wärmepumpe 2 x 15 - 20 kW Anschlussleistung hat. Durch die Aufteilung auf zwei WRG-Stufen kann das Wärmepumpenaggregat relativ klein, und die Anlagenkosten somit vergleichsweise niedrig gehalten werden. Die vorhandene WRG bietet also ideale Voraussetzungen für eine nachgeschaltete WRG-Stufe mit Wärmepumpe. Der Einsparung an Gas stehen zwar zusätzliche Stromkosten für die Wärmepumpe gegenüber, jedoch ist die Anlage wirtschaftlich.

Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 130.000 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung 5,1 Jahre und dynamisch, bei einer angenommen Gaspreissteigerung von 10% pro Jahr: 4,3 Jahre.

Wärmerückgewinn aus Duschwasser

Das warme Abwasser aus den Duschen stellt in Hallenbädern einen erheblichen Wärmeverlust dar. Im Hallenbad Rastede lässt sich das Duschabwasser mit geringem Aufwand unter der Kellerdecke separat einsammeln und somit einer WRG-Anlage zuführen. Die Anlage arbeitet ebenfalls zweistufig mit einem Wärmetauschen in der ersten und einer Wärmepumpe in der zweiten Stufe. Einen gewissen Aufwand stellt die Reinigung des Vorfilters dar. Die Anlage selbst verfügt über eine Reinigungsautomatik. Die Reinigung des Vorfilters dauert ca. 15 Minuten und muss alle zwei Tage durchgeführt werden. Erfolgt dies nicht regelmäßig in den genannten Abständen, beginnen Fäulnisprozesse und damit starke Geruchsbildung. Das Badpersonal muss an dieser Stelle „mitziehen“, dann arbeiten diese Anlagen sehr gut und auch wirtschaftlich.

Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 50.000 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung 9,4 Jahre und dynamisch, bei einer angenommen Gaspreissteigerung von 10% pro Jahr: 6,7 Jahre.

Wärmerückgewinn aus Filterspülwasser

Die Spülung der Filter erfolgt z.Zt. direkt aus den Schwallwasserbehältern bzw. aus den Becken, das heißt mit Beckentemperatur. Das Spülabwasser (Schlammwasser) gelangt danach über einen

Pumpensumpf direkt in den Kanal. Die Filterspülungen stellen also wegen der großen Wassermengen einen hohen Wärmeverlust dar. Wir schlagen vor, die Filter zukünftig mit entwärmtem Beckenwasser zu spülen. Hierzu wird ein Rückspülwasserspeichen eingebaut, der mit Reinwasser aus allen Anlagen gefüllt wird. Das Wasser wird über einen Wärmtauscher entwärmt bevor damit die Filter gespült werden. Die Wärme wird im Gegenstrom dem Nachfüllwasser der Becken wieder zugeführt.

Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 40.000 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung 11,3 Jahre und dynamisch, bei einer angenommenen Gaspreissteigerung von 10% pro Jahr: 7,6 Jahre.

Maßnahmen zur Stromeinsparung

Zur Zeit der Bestandsaufnahme für diesen Bericht wurden gerade die Unterwasserscheinwerfer auf LED-Technik umgestellt. Diese Maßnahme spart zum einen - je nach zuvor verwendetem Leuchtmittel – erheblich Strom und senkt darüber hinaus auch erheblich die Kosten für den Leuchtmitteltausch wegen der erheblich längeren Lebensdauer.

Die Umwälzpumpen der Schwimmbadanlagen werden noch nicht über Frequenzumformer sondern direkt am Netz betrieben. Die Einregulierung der richtigen Volumenströme erfolgt durch Drosselung der Pumpen.

Wir empfehlen den Einbau von Frequenzumformern für die Umwälzpumpen der Becken und gegebenenfalls auch für die Wasserspielpumpe. Die Volumenströme können dann durch Drehzahlregelung anstatt der Drosselregelung eingestellt werden, was schon allein Strom spart. Weiterhin gestattet die DIN 19 643 eine Reduzierung der Umwälzmenge auf 50% außerhalb der Betriebszeit, wenn ansonsten die Hygieneparameter in Ordnung sind. Mit Frequenzumformern ist eine solche Umschaltung der Umwälz-mengen leicht machbar.

Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 17.500 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Strompreissteigerung 6,0 Jahre und dynamisch, bei einer angenommenen Strompreissteigerung von 5% pro Jahr: 5,3 Jahre.

Maßnahmen zur Reduzierung des Warmwasser- verbrauches

Der Wärmeverbrauch für warmes Wasser kann in einem Hallenbad über 20% betragen und erreicht damit die gleiche Größenordnung wie die Beckenwassererwärmung. Der Verbrauch an warmem Duschwasser lässt sich durch moderne Duschsysteme mit Wasser sparenden Brauseköpfen erheblich reduzieren. Moderne elektronische Duscharmaturen haben Start / Stop-Automatik und es können tageszeitabhängig verschiedene Duschzeiten eingestellt werden. Moderne Brauseköpfe benötigen nur 6 Liter Wasser pro Minute, alt Köpfe teilweise über 20 Liter. Bei der anstehenden Sanierung des Umkleide- und Duschbereiches sollte auf jeden Fall ein solches System zum Einsatz kommen. Je nach Durchsatz der vorhanden Duschen sind Einsparungen von 30% absolut realistisch.

Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 45.000 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung 16,7 Jahre und dynamisch, bei einer angenommenen Gaspreissteigerung von 10% pro Jahr: 9,5 Jahre.

Aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist dies sicher kein Investitionsanreiz, jedoch sollte der Austausch der Duschen als erforderliche Sanierungsmaßnahme betrachtet werden. Es können damit rund 4.000 € pro Jahr gespart werden.

Anmerkungen zu anlagentechnische Maßnahmen

BHKW

Zur Zeit erfahren Blockheizkraftwerke (BHKW) wieder einen gewissen Aufschwung auf Grund der Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes (KWKG-Gesetz). Danach wird ab 01.01.2009 der gesamte Strom, auch der selbst verbrauchte, für Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung mit 5,11 ct/kWh 10 Jahre lang gefördert. Bislang wurde nur der in das Netz eingespeiste Strom gefördert.

Hallenbäder sind grundsätzlich gut geeignete Objekte, jedoch ist im Hallenbad Rastede zu berücksichtigen, dass nur 9 Monate Betrieb im Jahr ist. Darüber hinaus passt ein BHKW nicht gut in das vorhandene Wärmekonzept mit dem Sommerkessel. Dieser wäre damit überflüssig. Wir empfehlen, in dieser Richtung erst weiter

zu prüfen, wenn 1. wärmerückgewinnende Maßnahmen abgeschlossen sind, und 2. eine Erneuerung des Haupt-Kessels erforderlich wird.

Wärmepumpe

Wärmepumpen boomen zur Zeit ebenfalls. Die Wirtschaftlichkeit steht und fällt jedoch mit den Kosten für den Ausbau der Wärmequelle. Für Flächenkollektoren steht der Platz nicht zur Verfügung, senkrechte Bohrungen, sogenannte Erdspeieße sind zu teuer, sodass die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist.

Auf eine weitere Variante in Verbindung mit Wärmepumpen gehen wir noch im nächsten Absatz ein.

Solaranlage

Während Solarabsorber in Freibädern sich in der Regel sehr gut wirtschaftlich darstellen lassen, trifft dies auf Hallenbäder nicht zu. Grund ist das deutlich höhere Temperaturniveau der Becken in Hallenbädern. In Rastede ist dazu noch zu berücksichtigen, dass von Mai bis September kein Betrieb ist. Weiterhin schmälert die Beschattung des Daches durch die Bäume den solaren Wärmegewinn.

Eine Sonderlösung stellt die Solaranlage in Verbindung einer Wärmepumpe dar. Jedoch scheidet auch diese Lösung aus den oben genannten Gründen aus.

Maßnahmen zur Verbesserung der Gebäudehülle

Maßnahmen zur Verbesserung der Gebäudehülle (Wärmedämmung) lassen sich bei einem Hallenbad überhaupt nicht mit wirtschaftlichen Gesichtspunkten begründen. Durch solche Maßnahmen werden nur die Transmissionswärmeverluste verringert. Diese stellen jedoch nur einen geringen Anteil von zum Teil unter 10% des gesamten Wärmeverbrauches dar, während der Wärmebedarf für die Lüftung dagegen bis zu 50% betragen kann. Wenn es also gelingt, den Lüftungswärmeverbrauch um 10% zu senken, müsste man den Transmissionswärmeverbrauch schon halbieren, um absolut betrachtet die gleiche Einsparung zu erzielen. Den Lüftungsbedarf um 10% zu senken, ist schon mit geringem Aufwand möglich, die Transmissionsverluste zu halbieren nicht. Dem geringen Einsparpotenzial stehen sehr hohe Investitionskosten gegenüber, die sich nie amortisieren.

Wirtschaftlichkeitsberechnungen

1. Wärmerückgewinn aus Abluft (Zweite Stufe)

I. Kapitalgebundene Kosten

Zinsen: 5,0 %/a
Lebensdauer: 18 Jahre (nach VDI 2067)
Annuität: 8,55 %/a
Investition: 130.000,- € (netto)

$$\frac{130.000 \text{ €} \times 8,55 \text{ \%}/a}{100 \text{ \%}} = 11.115,- \text{ €/a}$$

II. Verbrauchsgebundene Kosten

Zusatzstromverbrauch der Wärmepumpe:

$$117.500 \text{ kWh/a} \times 0,099 \text{ €/kWh} = 11.633 \text{ €/a}$$

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 zweiten WRG-Stufe wird folgende Wärmeeinsparung erzielt:

Wärmeeinsparung: 724.000 kWh/a

Wärmekostensparnis:

Spezifische Wärmekosten:
Gaspreis: 0,0511 €/kWh
Jahresnutzungsgrad des Gaskessels: 0,94
Umrechnungsfaktor H_u/H_o : 0,901
 $k = 0,0511 \text{ €/kWh} / (0,94 \times 0,901) = 0,0584 \text{ €/kWh}$
 $K = 0,0603 \text{ €/kWh} \times 724.500 \text{ kWh/a} = 43.687,00 \text{ €/a}$

Einsparung pro Jahr:

Wärmekosteneinsparung: 43.687,00 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten: - 11.633,00 €/a
Betriebsgebundenen Kosten: - 2.600,00 €/a
Einsparung pro Jahr : 29.454,00 €/a

V. Gewinn pro Jahr

Einsparung pro Jahr:	29.454,00 €/a
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr:	<u>- 11.115,00 €/a</u>
Gewinn pro Jahr:	18.339,00 €/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 = 5,1 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 4,6 Jahre verkürzen, bei 10 % pro Jahr auf 4,3 Jahre.

2. Wärmerückgewinn aus Duschwasser

I. Kapitalgebundene Kosten

Zinsen: 5,0 %/a
Lebensdauer: 18 Jahre (nach VDI 2067)
Annuität: 8,55 %/a
Investition: 50.000,- € (netto)

$$\frac{50.000 \text{ €} \times 8,55 \text{ \%/a}}{100 \text{ \%}} = 4.275,- \text{ €/a}$$

II. Verbrauchsgebundene Kosten

Zusatzstromverbrauch der Wärmepumpe:

$$18.500 \text{ kWh/a} \times 0,099 \text{ €/kWh} = 1.832 \text{ €/a}$$

III. Betriebsgebundene Kosten

Wartung, Instandhaltung:

nach VDI 2067: 2,0 %/a

$$\frac{50.000 \text{ €} \times 2,0 \text{ \%/a}}{100 \text{ \%}} = 1.000,- \text{ €/a}$$

IV. Einsparung pro Jahr

Durch den Einsatz der WRG-Anlage wird folgende Wärmeinsparung erzielt:

Wärmeeinsparung: 160.000 kWh/a

Wärmekostensparnis:

Spezifische Wärmekosten:
Gaspreis: 0,0511 €/kWh
Jahresnutzungsgrad des Gaskessels: 0,94
Umrechnungsfaktor Hu/Ho: 0,901
 $k = 0,0511 \text{ €/kWh} / (0,94 \times 0,901) = 0,0584 \text{ €/kWh}$

$$K = 0,0603 \text{ €/kWh} \times 160.00 \text{ kWh/a} = 9.648,00 \text{ €/a}$$

Einsparung pro Jahr:

Wärmekosteneinsparung: 9.648,00 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten: - 1.832,00 €/a
Betriebsgebundenen Kosten: - 1.000,00 €/a
Einsparung pro Jahr : 6.816,00 €/a

V. Gewinn pro Jahr

Einsparung pro Jahr:	9.816,00 €/a
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr:	- 4.275,00 €/a
Gewinn pro Jahr:	5.541,00 €/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 = 9,4 Jahre

In ca. 9 1/2 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 7,7 Jahre verkürzen, bei 10 % pro Jahr auf 6,7 Jahre.

3. Wärmerückgewinn aus Filterspülwasserwasser

I. Kapitalgebundene Kosten

Zinsen: 5,0 %/a
Lebensdauer: 20 Jahre (nach VDI 2067)
Annuität: 8,02 %/a
Investition: 40.000,- € (netto)

$$\frac{40.000 \text{ €} \times 8,02 \text{ \%}/a}{100 \text{ \%}} = 3.208,- \text{ €/a}$$

II. Verbrauchsgebundene Kosten

Vernachlässigbar!

III. Betriebsgebundene Kosten

Wartung, Instandhaltung:

nach VDI 2067: 1,0 %/a

$$\frac{40.000 \text{ €} \times 1,0 \text{ %/a}}{100 \text{ \%}} = 400,- \text{ €/a}$$

IV. Einsparung pro Jahr

Durch den Einsatz der WRG-Anlage wird folgende Wärmeinsparung erzielt:

Wärmeeinsparung: 85.000 kWh/a

Wärmekostensparnis:

Spezifische Wärmekosten:

Gaspreis: 0,0511 €/kWh

Jahresnutzungsgrad des Gaskessels: 0,94

Umrechnungsfaktor Hu/Ho: 0,901

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

$K = 0,0603 \text{ €/kWh} \times 85.000 \text{ kWh/a} = 5.126,00 \text{ €/a}$

Einsparung pro Jahr:

Wärmekosteneinsparung: 5.126,00 €/a

Betriebsgebundenen Kosten: - .400,00 €/a

Einsparung pro Jahr : **4.726,00 €/a**

V. Gewinn pro Jahr

Einsparung pro Jahr: 4.726,00 €/a

Kapitalgebundene Kosten pro Jahr: - 3.208,00 €/a

Gewinn pro Jahr: **1.518,00 €/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 = 11,3 Jahre

In ca. 11 1/2 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 8,9 Jahre verkürzen, bei 10 % pro Jahr auf 7,6 Jahre.

4. Stromeinsparung durch Frequenzumformer

I. Kapitalgebundene Kosten

Zinsen: 5,0 %/a
Lebensdauer: 15 Jahre (nach VDI 2067)
Annuität: 9,63 %/a
Investition: 17.500,- € (netto)

$$\frac{17.500 \text{ €} \times 9,63 \text{ \%/a}}{100 \text{ \%}} = 1.685,- \text{ €/a}$$

II. Verbrauchsgebundene Kosten

keine!

III. Betriebsgebundene Kosten

Wartung, Instandhaltung:

Vernachlässigbar!

IV. Einsparung pro Jahr

Durch den Einsatz der Frequenzumformer wird folgende Strom-
einsparung erzielt:

Annahme: Die Pumpen laufen z.Zt. 24 h/d

Stromeinsparung: 35.000 kWh/a

Stromkosteneinsparnis:

$$K = 0,099 \text{ €/kWh} \times 35.000 \text{ kWh/a} = 3.465,00 \text{ €/a}$$

Einsparung pro Jahr:

Stromkosteneinsparung: 3.465,00 €/a

Betriebsgebundenen Kosten: 0,00 €/a

Einsparung pro Jahr : **3.465,00 €/a**

V. Gewinn pro Jahr

Einsparung pro Jahr:	3.465,00 €/a
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr:	<u>- 1.685,00 €/a</u>
Gewinn pro Jahr:	1.780,00 €/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 Strompreissteigerung von 2 % pro Jahr würde sich die Amortisationszeit auf 5,7 Jahre verkürzen, bei 5 % pro Jahr auf 5,3 Jahre.

5. Warmwassereinsparung durch elektronische Duschen

I. Kapitalgebundene Kosten

Zinsen: 5,0 %/a
Lebensdauer: 20 Jahre (nach VDI 2067)
Annuität: 8,02 %/a
Investition: 45.000,- € (netto)

$$\frac{45.000 \text{ €} \times 8,02 \text{ \%/a}}{100 \text{ \%}} = 3.609,- \text{ €/a}$$

II. Verbrauchsgebundene Kosten

keine!

III. Betriebsgebundene Kosten

Wartung, Instandhaltung:

nach VDI 2067: 1,0 %/a

$$\frac{45.000 \text{ €} \times 1,0 \text{ \%/a}}{100 \text{ \%}} = 450,- \text{ €/a}$$

IV. Einsparung pro Jahr

Durch den Einsatz der elektronischen Duschen wird folgende
Warmwassereinsparung erzielt:

Wasser- und Abwassereinsparung:

$$2.000 \text{ m}^3/\text{a} \times 3,39 \text{ €/m}^3 = 6.780,00 \text{ €/a}$$

Wärmeeinsparung:

$$2.000 \text{ m}^3/\text{a} \times 1,163 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{K}) \times (42 - 10)\text{K} = 74.432 \text{ kWh/a}$$

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 €/kWh

Wärmekosteneinsparnis:

$$0,0603 \text{ €/kWh} \times 74.432 \text{ kWh/a} = 4.488,00 \text{ €/a}$$

Einsparung pro Jahr:

Wärmekosteneinsparung:	4.488,00 €/a
Betriebsgebundenen Kosten:	450,00 €/a
Einsparung pro Jahr :	4.038,00 €/a

V. Gewinn pro Jahr

Einsparung pro Jahr:	4.038,00 €/a
Kapitalgebundene Kosten pro Jahr:	- 3.609,00 €/a
Gewinn pro Jahr:	429,00 €/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 = 16,7 Jahre

Erst nach fast 17 Jahren würde sich die Anlage nach der statischen Methode amortisieren.

Dynamische Amortisationszeit:

Unter Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung von 5 % pro Jahr würde sich die Amortisationszeit auf 11,7 Jahre verkürzen, bei 10 % pro Jahr auf 9,5 Jahre.

Zusammenfassung

Die technische Ausrüstung des Hallenbades Rastede ist im wesentlichen auf dem Stand der Technik. Die zentrale Betriebstechnik wurde im Laufe der letzten 10 Jahre erneuert.

Dies spiegelt sich auch wieder in den Verbrauchszahlen, die, je nach Bezugsgröße (Wasserfläche oder Besucher), ziemlich genau auf oder leicht unter dem bundesweiten Durchschnitt liegen.

Nicht auf dem Stand der Technik ist das Hallenbad bezüglich technischer Anlagen zur Wärmerückgewinnung. Es ist lediglich für die Lüftungsanlage ein Kreislaufverbundsystem (KVS) mit einem unterdurchschnittlichen Rückgewinnungsgrad vorhanden.

Maßnahmen zur Energieeinsparung sollten also zuerst auf Wärmerückgewinnende Maßnahmen abzielen.

Folgende Maßnahmen schlagen wir vor und zwar mit dieser Gewichtung:

- Nachrüstung einer zweiten WRG-Stufe für die Lüftungsanlagen. Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 130.000 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung 5,1 Jahre und dynamisch, bei einer angenommenen Gaspreissteigerung von 10% pro Jahr: 4,3 Jahre.
- Einbau von Frequenzumformer für die Schwimmbadpumpen. Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 17.500 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung 6,0 Jahre und dynamisch, bei einer angenommenen Strompreissteigerung von 5% pro Jahr: 5,3 Jahre.

- Wärmerückgewinn aus Duschabwasser. Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 50.000 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung 9,4 Jahre und dynamisch, bei einer angenommenen Gaspreissteigerung von 10% pro Jahr: 6,7 Jahre.
- Wärmerückgewinn aus Filterspülabwasser. Die Investitionssumme für diese Maßnahme beträgt 40.000 €. Die Amortisationszeit statisch, d.h. ohne Berücksichtigung einer Gaspreissteigerung 11,3 Jahre und dynamisch, bei einer angenommenen Gaspreissteigerung von 10% pro Jahr: 7,6 Jahre.
- Weiterhin: Moderne Duscharmaturen mit wassersparenden Brauseköpfen. Aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist diese Investition nicht vertretbar, jedoch sollte der Austausch der Duschen als notwendige Sanierungsmaßnahme betrachtet und ausgeführt werden. Es können damit rund 4.000 € pro Jahr gespart werden.

Grundsätzliche Änderungen am Wärmeversorgungskonzept (BHKW- oder Wärmepumpeneinsatz) sollten erst nach Abschluss von wärmerückgewinnenden Maßnahmen erfolgen.

Maßnahmen an der Gebäudehülle zur Energieeinsparung sind aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht vertretbar.