

---

## **Studie zur alternativen Erwärmung des Duschwassers im Roßdorfer Freibad zur Energieeinsparung**

Stand: 11.12.2014

Ansprechpartner Schwimmbad: Herr Bickelhaupt – 06154-696853

Verfasser: Wulf Kraneis, 64380 Roßdorf

### **1 Einleitung**

#### **1.1 Anlass und Motivation**

Dem Autor dieser kleinen Studie ist aufgefallen, dass im Roßdorfer Freibad trotz einer großen Solarthermieanlage für die Erwärmung des Beckenwassers das gesamte Duschwasser von einer (dafür ohnehin überdimensionierten) Gasheizung erwärmt wird. Daher hat der Autor sich Gedanken gemacht, wie man den Einsatz von Gas reduzieren bzw. eliminieren kann. Auch wenn der Verbrauch, absolut gesehen, eher geringer ist, soll die Studie zeigen, wie man ökonomisch den Verbrauch an fossiler Energie (Gas) deutlich reduzieren kann.

#### **1.2 Ziel der Studie**

Das Ziel dieser Studie besteht darin aufzuzeigen, wie der Gasverbrauch für die Warmwasserbereitung unter den gegebenen baulichen Umständen (relativ weite Entfernung zwischen Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch) mit minimalen und damit kostengünstigen Eingriffen minimiert bzw. eliminiert werden kann.

Im letzten Kapitel sind die möglichen Verbesserungen beschrieben. Es lohnt sich auf jeden Fall, 3-5 Maßnahmen durchzuführen.

#### **1.3 Zusammenstellung der Verbesserungen**

Die unten vorgestellten Zahlen sind grobe Anhaltswerte, die auf dem Budget der Gemeinde Roßdorf für das nächste Jahr basieren (2000 €/Saison für die Warmwasserbereitung), sie beruhen darauf, dass der gesamte Wärmeverbrauch 2000 € kostet und Reduzierungen des Wärmeverbrauchs sich in einer proportionalen Reduzierung der Kosten für diesen Wärmeverbrauch niederschlagen. Die einzelnen Kostenreduktionen bzw. Wärmeverbrauchseinsparungen sind dabei für den jetzigen Ist-Zustand errechnet. Dabei ist zu beachten, dass eine Addition einzelner Maßnahmen zur Reduktion des Wärmeverbrauchs NICHT eine Reduktion der additiven Kosten in der genannten Höhe ermöglicht – vielmehr werden die Einsparungen nach einem ersten

Schritt mit jedem Schritt geringer sein als in der nachstehenden Tabelle genannt, weil nach einer Reduzierung des Wärmeverbrauchs durch Schritt 1 ein nachfolgender Schritt 2 dann nur noch eine Reduzierung des bereits durch Schritt 1 erfolgten reduzierten Verbrauch bewirken kann.

| Abschnitt und Maßnahme   | Lfd. Ersparnis   | Einmalkosten                             | Lfd. Kosten/Saison                          |
|--|--|--|---|
| 4.1 Reduktion der Vorlauftemperatur  | 500-667 €  | keine                                    | Keine                                       |
| 4.2 Zirkulation nur bei Badebetrieb  | 200-267 €  | < 50 €                                   | Keine                                       |
| 4.3 Solare Vorwärmung  | 333 €  | bis 3.000 €                              | Strom für kleine Pumpe – vernachlässigbar   |
| 4.4 Betrieb ohne Gasheizung über Wärmetauscher des Speichers (inkl. 4.3)         | 2000 €   | Ca. 11.000 €                             | Strom für Wärmepumpe – ca. 200-300 €/Saison |
| 4.5 Betrieb ohne Gasheizung und mit direkter Erwärmung des Speichers (inkl. 4.3) | 2000 €   | Ca. 11.000 €                             | Strom für Wärmepumpe – ca. 180-270 €/Saison |
| 4.6 Isolierung des WW-Speichers  | 667 €  | < 200 €                                  | keine                                       |
| 4.7 Nutzung überschießender Solarthermie (zusätzlich zu 4.3)                     | wetterabhängig (Mehrpreis 1000-1500 € zu 4.3 inkl. Installation) |  |   |
| 4.8 Separate Solarthermie für Duschwasser (zusätzlich zu 4.3)                    | 250-375 €  | 1500 bis 2000 € (wenn Förderung möglich) | Minimal                                     |

## 2 Beschreibung der Anlage und gemessene Verbrauchsdaten

Das Schwimmbad Roßdorf erwärmt sein Schwimmbeckenwasser mit Hilfe einer Solarthermieanlage, die im Wesentlichen aus auf dem Dach verlegten schwarzen Schläuchen besteht. In der Saison 2014 wurde das Beckenwasser ausschließlich mit dieser Anlage erwärmt.

Für die (alleinige) Erwärmung des Duschwassers dagegen sorgt die vorhandene Gasheizung von über 500 kW Nennleistung, die auch für die Erwärmung des Beckenwassers genutzt werden kann bzw. früher auch genutzt wurde.

Das Schwimmbad Roßdorf hat eine Aufzeichnung des Gasverbrauchs im August bzw. bis Anfang September 2014 gemacht, die einen Verbrauch von 13 bis 18 m<sup>3</sup>/Tag ausweist, durchschnittlich etwa 15 m<sup>3</sup>/Tag, für den August 2014 (bzw. auch noch Teile im September 2014).

Nach Saisonende ist die Warmwasseranlage üblicherweise (Duschen) noch ein paar Tage ohne Warmwasserentnahme in Betrieb. Dabei ergab sich ein durchschnittlicher Verbrauch von ca. 10 m<sup>3</sup>/Tag. Somit ist klar, dass relativ hohe „Stillstandsverluste“ bzw. ein recht hoher Grundbedarf für die augenblickliche Betriebsart bestehen und vor allem der eigentliche Nutzverbrauch von 3-8 m<sup>3</sup>/Tag nicht einmal an den Grundverbrauch der Anlage heranreicht. Das bedeutet eine sehr schlechte Effizienz von Nutzenergie (warmes Wasser) zu eingesetzter Primärenergie (Gas) – was es zu verbessern gilt.

Die Warmwasseranlage wird wie folgt betrieben: Das Warmwasser wird über 3 bzw. 4 Leitungen zu den Männer- und Frauenduschen (inkl. Zirkulation) geführt, außerdem gibt es noch einen Abzweig zu einer Behinderten- und zu einer Personaldusche. Die Vorlauftemperatur bzw. die Speichertemperatur des Warmwasserspeichers ist auf 65 °C eingestellt und mit dieser Temperatur wird das Wasser auch ständig zirkuliert. Es gibt 3 Männer- und 3 Frauenduschen.

Das Schwimmbad hat insgesamt 8 Duschen, davon 2 als Personal- und Behindertendusche selten benutzt. **Der Durchfluss einer Dusche hat max. 9 l/min ergeben (Messung: Chemieeimer fast voll in 1:20 min). Ferner: die Duschzeit beträgt 3 min. Die Temperatur lag zwischen 42 und 45 °C von dem Wasser, das ich am 09.09.2014 gezapft hatte.** Daraus resultiert bei der Annahme von 6 gleichzeitig benutzten Duschen eine maximale Wärmeleistung von 0,9 l/s x 4,2 x (45-10) = 132 kW.

Die sichtbaren Leitungen zwischen Warmwasserbereitung (Raum nahe Eintritt) und Verbrauchern (Männer- und Frauenduschen) sind isoliert. Es existiert ein 3 m<sup>3</sup> großer Warmwasserspeicher nahe des Aufstellungsortes der Gasheizung.

Aus dem Vorstehenden folgt, dass etwa 150-180 kWh für die Warmwassererwärmung benötigt würden, das Maximum könnte man mit etwa 200-220 kWh/Tag abschätzen. Über eine Betriebszeit von 12 h sind das im Durchschnitt maximal ca. 18 kW, über 24 h gerechnet liegt das durchschnittliche Maximum bei ca. 9 kW Wärmeleistung.

Bei einem Gas-Einsatz von (15 bis 10) m<sup>3</sup>/Tag bzw. (18 bis 10) m<sup>3</sup>/Tag folgt daraus über den Wirkungsgrad der Gaskesselanlage von ca. 90 %, dass etwa (5 bis 8) x 9 kWh = 45 bis 72 kWh als Nutzenergie für die Duschenbenutzer zur Verfügung steht. Da jeder Benutzer etwa 9 l/min bei (42-10) °C x 4.2 kJ/(kgxK) = ca. 1 kWh pro 3 Minuten an Nutzenergie benötigt, konnte man in der betrachteten Periode von 45 bis 72 Duschkvorgängen/Tag ausgehen. Das entspricht 27 x (45 bis 72) = 1.2 bis 2 m<sup>3</sup> Warmwasser/Tag. Möglicherweise ergeben sich in sehr sonnigen Zeiten noch etwas höhere Verbräuche bzw. die Anzahl der Duschkvorgänge ist noch etwas höher, wenn

---

die Duschenden nicht die 42 °C Vorlauftemperatur, sondern nur eine geringere Temperatur in Anspruch nehmen.

### **3 Technische Details des Schwimmbads und seiner Betriebszustände**

Die Solarthermiepumpe für die Beckenwassererwärmung läuft solange, bis eine voreingestellte Solltemperatur des Schwimmbadwassers erreicht ist (z.B. 26 °C<sup>1</sup>). Die Solarthermieanlage des Schwimmbades muss manchmal abgeschaltet werden, weil es zu warm wird. Das passiert nach Aussage von Herrn Bickelhaupt öfter, d.h. es ist überschüssige Solarenergie vorhanden, die dann auch bei einer höheren Temperatur (50-60 °C auf jeden Fall) vorliegt – allerdings immer nur temporär.

Die Solarthermieanlage hat nach oben hin eine Sicherheitsgrenze, wenn nämlich 60 °C oder 70 °C erreicht werden, dann wird das Wasser zwangszirkuliert, auch wenn das Becken schon warm genug ist, weil sonst die Gefahr einer zu hohen Temperatur für die auf dem Dach liegende Verrohrung besteht.

Bei mäßigem Sonnenschein um 16.30 Uhr im September (ziemlich diesig, max. 50 % von maximaler Einstrahlung geschätzt) standen die Werte bei 25,5 °C auf dem Dach und 22,3 °C beim Beckenwasser, also bei 3,2 °C Differenz. Herr Bickelhaupt berichtet auch von Vorlaufwerten von durchaus über 30 °C, die man bei voller Sonneneinstrahlung gerade um die Mittagszeit im Sommer hat.

Das Kaltwasser (u. a. für Duschwasser) strömt mit ca. 10 °C ins Bad. Daher kann man selbst bei normalem Betrieb das Wasser schon etwa um 13 bis 18 °C mit Solarenergie aufwärmen (Vorlauftemperatur der Solaranlage liegt im Regelfall bei 25 bis über 30 °C, über den Wärmetausch zum Warmwasser benötigt man 2 °C Temperaturegefälle bei einem Plattenwärmetauscher). Basierend auf den nötigen 40-42 °C Warmwasservorlauftemperatur und den damit vorhandenen nötigen 30-32 °C Erwärmung des Wassers kann man damit schon 40-60 % der gesamten Energie zur Wassererwärmung abdecken.

---

<sup>1</sup> *Bei Nutzung der Solarthermie Schwimmbecken auch für Duschwasser: wenn man diese Temperatur ggf. noch etwas erniedrigte, könnte man mehr Wärme für die Duschen zur Verfügung stellen. Je nach Temperatur im WW-Speicher könnte der Schwimmmeister dann auch den Sollwert herunter regeln und damit einfach die Temperatur im Solarthermiekreislauf anheben und dann einfach mehr WW von höherer Temperatur erzeugen.*

## **4 Technische Verbesserungen**

Nach Systemanalyse und aufgrund der erhobenen Daten bieten sich die folgenden Maßnahmen an, die den Erdgasverbrauch deutlich reduzieren:

### **4.1 Reduktion der Vorlauftemperatur**

Die Vorlauftemperatur sollte auf 40-42 °C während der Badezeit reduziert werden, weil die Zirkulation von 65 °C warmem Wasser ziemlich genau die doppelten Stillstandverluste gegenüber 40-42 °C verursacht, die sich mit  $10 \text{ m}^3 \text{ (Gas/Tag)}/24 = 0.416 \text{ m}^3/\text{h}$  ergeben (das sind etwa 4 kW durchschnittliche Verlustleistung durch die Rohrleitungen und vor allem durch den Warmwasserspeicher). Im Hinterkopf wäre noch zu behalten, dass ggf. einmal oder mehrmals pro Woche wegen Vorschriften zur Vermeidung von Legionellen das System kurzzeitig auf 60 °C erhitzt werden sollte. Ein Austausch mit anderen Bädern bzgl. dieses Punktes ist empfehlenswert. Damit würden sich – grob gerechnet – die Stillstandverluste schon einmal um ca. 50 % reduzieren.

Diese Maßnahme erfordert keine Investitionskosten.

### **4.2 Zirkulation nur bei Badebetrieb**

Auch während der Nacht bzw. während der Schließungszeiten wird bisher die Zirkulation betrieben, das sind ca. 12 h pro Tag. Während dieser Zeit sollte die Zirkulation von Warmwasser ganz abgestellt werden, so dass allenfalls die Wärmeverluste am Warmwasserspeicher verbleiben. Damit wird noch einmal ca. die Hälfte des nach Maßnahme in Abschnitt 4.1 verbleibenden Energieverbrauchs eingespart. Für diese Maßnahme wird nur eine Schaltuhr benötigt, die die Zirkulationspumpe ausschaltet, die Investitionskosten sind damit minimal und amortisieren sich schnell (es wird davon ausgegangen, dass die Gasheizung für den Zeitraum des Nichtbetriebs auch einfach abgeschaltet werden kann).

Diese Maßnahme erfordert Kosten für Beschaffung und Installation einer Schaltuhr (kleiner 50 €)

### **4.3 Solare Vorwärmung**

Die 1,2 bis  $2 \text{ m}^3$  Warmwasser (in Spitzenzeiten möglicherweise auch mehr, abgeschätzt ca.  $3\text{-}4 \text{ m}^3$  Warmwasser/Tag) sollten solar vorgewärmt werden, indem einfach ein Edelstahl-Plattenwärmetauscher in den Kaltwasserzulauf des Warmwasserspeichers eingebaut wird, durch den im Gegenstrom ein (relativ kleiner) Teil des von der Solarthermieanlage kommenden, erwärmten Schwimmbadwassers zirkuliert wird, dazu müssen zusätzlich noch einige Meter Kunststoffleitung verlegt werden und eine

kleine Pumpe eingebaut werden, die das Schwimmbadwasser nach Solarthermieanlage zum Wärmetauscher befördert und wieder zurück. Zusätzlich empfiehlt sich ggf. noch eine Temperatursteuerung der möglichst drehzahlgeregelten Pumpe, d. h. wenn Kaltwasser in Richtung Warmwasserspeicher strömt, erhöht die Pumpe ihre Drehzahl auf Nenndrehzahl, um solar gewärmtes Wasser in Richtung Wärmetauscher zu fördern, während sie ansonsten nur mit Minimumdrehzahl im möglichst einstelligen Wattbereich dreht. Damit kann man, wenn die Sonne scheint, etwa 40-60 % der für die Duschwassererwärmung benötigten Nutzenergie aus dem Wasser der bestehenden Solarthermieanlage für das Schwimmbecken erzeugen.

Die Investitionskosten sollten sich bei nicht mehr als maximal 2.000 bis 3.000 Euro für Material und Einbau bewegen (der Autor leistet die Detailplanung gerne kostenlos).

#### **4.4 Betrieb ohne Gasheizung über Wärmetauscher des Speichers**

Sollte die Entscheidung fallen, das Beckenwasser des Roßdorfer Schwimmbades dauerhaft zu 100 % über Solarthermie zu decken, so empfiehlt es sich zu überlegen, ob die Gasheizung nicht komplett stillgelegt wird (jährliche Betriebskosten??) und stattdessen eine Wärmepumpe von etwa 8-12 kW Leistung einzubauen, die dann den mehr als genügend großen Warmwasserbehälter wärmt, dessen Wärmetauscher mehr als groß genug sein müsste, um die Leistung der Wärmepumpe bei vertretbarer Temperaturdifferenz abzunehmen. Wärmequelle für die Wärmepumpe wäre das solar erwärmte Schwimmbadwasser, welches eine hohe Leistungszahl des Wärmepumpenbetriebs ermöglicht ( $>5$ ). Das hieße, dass man die Zuleitung und Rückleitung des Schwimmbadwassers der unter Abschnitt 4.3 beschriebenen Maßnahme etwas größer ausführt, um auch der Wärmepumpe auf diesem Weg Wärme aus dem durch die große Solarthermieanlage erwärmten Beckenwasser zu liefern (hier würde dann ein kleiner Teil des von der Solarthermie aufgewärmten Wassers wieder auf ca. Schwimmbeckentemperatur zurückgekühlt, bevor es zum Schwimmbecken zurückgeführt wird). Aufgrund der relativ hohen Vorlauftemperaturen des Schwimmbeckengewässers von 18-24 °C ist eine Erwärmung des Warmwassers (Duschwassers) auf ca. 42-43 °C mit einer hohen Leistungszahl von um die 5 möglich, das heißt, es wird nur 1 kWh<sub>el</sub> Elektrizität für die Erzeugung von 5 kWh<sub>th</sub> Nutzwärme benötigt. Der Rest würde von der existierenden Solarthermie geliefert. Das hieße, dass die in Abschnitt 2 ermittelten 45 bis 72 kWh Nutzwärme mit etwa 10 bis 15 kWh<sub>el</sub> elektrischer Arbeit zur Verfügung gestellt werden könnten, für die Verluste des Systems müssten dann nach Durchführung der vorgestellten Schritte 1+2 noch einmal etwa 5-6 kWh<sub>el</sub> an Strom aufgebracht werden. Der vorstehend bezifferte Aufwand bezieht sich dabei auf ein System OHNE solare Vorwärmung (Maßnahmen 4.3., bzw. 4.7) und erniedrigte sich dann entsprechend bei Durchführung der Maßnahmen unter 4.3 bzw. 4.7.

---

Investitionskosten inkl. Rohrleitungen zusätzlich zu den Maßnahmen im Abschnitt 4.3: ca. 8.000 Euro.

#### **4.5 Betrieb ohne Gasheizung und mit direkter Erwärmung des Speichers**

Noch besser wäre es, das Wasser des Warmwasserbehälters DIREKT zu erwärmen und nicht über den Umweg des im Speichers vorhandenen Wärmetauschers – genügend Anschlüsse am Speicher sind wohl vorhanden. Die Investitionskosten sind gleichhoch wie unter 4.4, die Leistungszahl ist aber deutlich (> 10 %) erhöht und die Stromkosten damit um den gleichen Betrag niedriger.

#### **4.6 Isolierung des WW-Speichers**

Der jetzige Warmwasserspeicher ist außen fühlbar warm, wenn Wasser von 65 °C enthalten ist und erzeugt (geschätzt) ca. 50-60 % der Wärmeverluste des Warmwassersystems (Zirkulationsleitungen bewirken den Rest). Wenn man dort eine zusätzliche Schicht Wärmeisolation (16 bis 20 cm) aufbringt (zumindest an den größten Teilen), indem man einfach die üblichen Steinwolle- oder Glaswolle-Bahnen um den Speicher wickelt bzw. oben auflegt und diese Bahnen dann mit Verpackungsfolie (Wickelfolie) fixiert. Das sieht zwar nicht unbedingt „professionell“ aus, ist aber höchst wirksam, um vor allem die 24 h Standby-Verluste dieses Speichers weiter zu reduzieren. Es kann von (möglichst freiwilligen) Helfern in sehr kurzer Zeit durchgeführt werden. Die Zirkulationsleitungen kann man im Gegensatz zum Speicher über die Hälfte des Tages einfach nicht betreiben (sie erzeugen auch keine Wärmeverluste). Bei dem Speicher ist das aufgrund seines großen (eigentlich zu großen) Volumens eben nicht möglich. Auch das ist eine Maßnahme, die nicht merklich Geld kostet und sich monetär auf jeden Fall nach kurzer Zeit bezahlt macht.

Die einmaligen Kosten würden unter 200 € betragen, wenn die Installation der Isolierbahnen ehrenamtlich erfolgt.

#### **4.7 Nutzung überschießender Solarthermie**

Ein weiterer Schritt wäre die Nutzung überschießender Solarthermie-Wärme. Das bedeutet die Nutzung der hohen Wassertemperaturen, wenn die Solarthermieanlage ihre Wärme nicht an das Beckenwasser abgibt (weil die Beckentemperatur schon hoch genug ist). Diese Möglichkeit kann zusätzlich realisiert werden, wenn die unter 4.3 vorgeschlagene Lösung implementiert ist, indem man in den Solarkreislauf der Beckenerwärmung eine Rückschlagklappe einbaut (wenn diese noch nicht vorhanden ist) und eine weitere Zirkulationspumpe an den Beckenwasserkreislauf anschließt. Investitionskosten von zusätzlich ca. 500-1000 Euro wären dafür notwendig.

#### 4.8 Separate Solarthermie für Duschwasser

Die letzte vorgeschlagene Maßnahme besteht in der Installation von 3 jeweils ca. 3.5 m<sup>2</sup> großen Röhrenkollektoren, um gezielt das Warmwasser nach der anfänglichen Erwärmung (Vorschlag 4.3) durch das Beckenwasser weiter in Richtung 42 bis 43 °C hin zu erwärmen. Jeder dieser Röhrenkollektoren (Heat Pipes) schafft eine Spitzenleistung von ca. 2 kW<sub>th</sub>, die aufgrund des vorhandenen Flachdaches auch problemlos erreicht werden können, weil ein Flachdach eine beliebige Ausrichtung des Kollektors ermöglicht. Der Autor hat schon über mehrere Jahre mit preiswerten Kollektoren der „500 Euro Klasse“ privat sehr gute Erfahrungen gemacht. Die Kollektoren würden entweder direkt das Warmwasser aufwärmen (und dann außerhalb der Saison stillgelegt, d. h. entleert) oder mit einem Glykol-Wassergemisch betrieben und könnten dann auch im Winter den Warmwassertank wärmen. Eine Installation mit 3 Kollektoren, Verrohrung, Solarstation und Anschluss an den vorhandenen Warmwasserspeicher würde allerdings weitere 2.000 bis 3.000 Euro kosten (jedoch erfolgt möglicherweise über die staatliche Förderung eine Rückerstattung von ca. 1.000 bis 1.500 Euro).

#### 4.9 Zusammenstellung der Verbesserungen

| Abschnitt und Maßnahme   | Lfd. Ersparnis   | Einmalkosten                             | Lfd. Kosten/Saison                          |
|--|--|--|---|
| 4.1 Reduktion der Vorlauftemperatur  | 500-667 €  | keine                                    | Keine                                       |
| 4.2 Zirkulation nur bei Badebetrieb  | 200-267 €  | < 50 €                                   | Keine                                       |
| 4.3 Solare Vorwärmung  | 333 €  | bis 3.000 €                              | Strom für kleine Pumpe – vernachlässigbar   |
| 4.4 Betrieb ohne Gasheizung über Wärmetauscher des Speichers (inkl. 4.3)         | 2000 €   | Ca. 11.000 €                             | Strom für Wärmepumpe – ca. 200-300 €/Saison |
| 4.5 Betrieb ohne Gasheizung und mit direkter Erwärmung des Speichers (inkl. 4.3) | 2000 €   | Ca. 11.000 €                             | Strom für Wärmepumpe – ca. 180-270 €/Saison |
| 4.6 Isolierung des WW-Speichers  | 667 €  | < 200 €                                  | keine                                       |
| 4.7 Nutzung überschießender Solarthermie (zusätzlich zu 4.3)                     | wetterabhängig (Mehrpreis 1000-1500 € zu 4.3 inkl. Installation) |  |   |
| 4.8 Separate Solarthermie für Duschwasser (zusätzlich zu 4.3)                    | 250-375 €  | 1500 bis 2000 € (wenn Förderung möglich) | Minimal                                     |