

# Energieeinspar-Potenziale im öffentlichen Schwimmbad

Manuskript eines Vortrages von Ing. Hellmut Zorn, Kommunalenergiebeauftragter (KEB) der Gemeinde Etzelwang a. 25.06.2007 (aktualisierter Auszug vom 17.1.2012)

Liebe KEB-Kollegen,

da die öffentlichen Kassen immer leerer werden und auch die kommunalen Schwimmbäder von der allgemeinen Sparwut bedroht sind, müssen wir alle Register ziehen, um unsere Hallen- oder Freibäder kostengünstiger betreiben zu können. Dazu müssen wir erst einmal wissen, wo beim Schwimmbad die verschiedenen Arten von Wärmeeinträgen ins Beckenwasser und Wärmeverlusten auftreten und wie groß sie sind. Um die folgenden Ausführungen verständlicher zu machen, habe ich bei meinen Betrachtungen und Berechnungen die Abmessungen des **Etzelwanger Freibades (Wasseroberfläche = 500 m<sup>2</sup>)** zugrunde gelegt.

## 1. Wärmeeinträge (Wärmegewinne)

### 1.1. Sonneneinstrahlung

Bei schönem Wetter wirkt die Badoberfläche als Solarkollektor und bringt ohne Verschattung im Mittel 5,3 kWh pro Tag und m<sup>2</sup> Badoberfläche als Wärme in das Bad ein. Für Etzelwang sind das im Saisonmittel **2.650 kWh pro Tag**. Bei Schlechtwetter und bei Hallenbädern fällt diese Aufheizung durch die Sonne natürlich aus.

### 1.2. Aufwärmung durch die Umwälzpumpe

Ca. 60% der Umwälzpumpenleistung gehen in der Pumpe als Reibungswärme auf das umgewälzte Wasser über, das waren in Etzelwang bisher 60% von 18 kW. Somit wurden bei den weiteren Berechnungen **260 kWh pro Tag** als weitere Wärmequelle angesetzt.

### 1.3. Wärmeeintrag durch Zusatzheizung

Da bei einem normalen Freibad ohne Abdeckung die Sonneneinstrahlung meist nicht reicht, um akzeptable Wassertemperaturen anbieten zu können, muß in irgendeiner Weise für eine Zusatzheizung gesorgt werden. Hier wurde bei den Berechnungen willkürlich die Heizleistung eines BHKW mit **40 kW thermischer Leistung** angenommen. Das ergibt **960 kWh pro Tag**. Die in Etzelwang vorhandene **Ölheizung mit ca. 200 kW** könnte bei Dauerbetrieb maximal **4.800 kWh/d** bringen. Natürlich könnte die Heizleistung auch von jeder anderen beliebigen Heizquelle kommen, wie z.B. einer Solarheizung, Hackschnitzelheizung oder Wärmepumpe.

## 2. Wärmeverluste

Das Schwimmbadwasser gibt während des Betriebes und in den Ruhepausen auf verschiedenen Wegen ständig Wärme an das Erdreich und an die umgebende Luft ab. Diese Wärmeverluste sind abhängig von der **Wassertemperatur T<sub>w</sub>** und meist auch von der **Lufttemperatur T<sub>L</sub>**. Dabei verändert sich dadurch die Wassertemperatur solange, bis sich am Ende die Wärmeverluste und die Wärmegewinne die Waage halten (= Wasserendtemperatur).

In der **Tabelle 1** (Seite 6) sind beispielhaft die wichtigsten Wärmeverluste und die zugehörigen Wasser-Endtemperaturen für Sonnenschein und schlechtes Wetter bei unterschiedlichen Lufttemperaturen ermittelt. Bei windigem Wetter ergeben sich natürlich andere Wassertemperaturen als bei Windstille.

## 2.1. Konvektionsverlust an der Oberfläche

Der Wärmeverlust an der Oberfläche durch Konvektion in die Umgebungsluft (nicht durch Verdunstung) entspricht dem Wärmeverlust durch eine Seite eines sehr schlechten Einscheiben-Fensters, wobei der Wärmedurchgangskoeffizient  $k_L$  [ W / (K\*m<sup>2</sup>) ] vom Wetter abhängt.

Entsprechend den Erkenntnissen des Wärmeschutzes am Bau wurde verwendet:

bei Windstille	$\alpha_i = 0,13$ ,	ergibt $k_L = 1 / \alpha_i = 7,7$ [W / m <sup>2</sup> K]
bei mittl. Wind	$\alpha_a = 0,04$ ,	ergibt $k_L = 1 / \alpha_a = 25$ [W / m <sup>2</sup> K]

## 2.2. Verdunstung und Abstrahlung

Der größte Verlust tritt aber durch Wasserverdunstung und Strahlungsverluste an der Oberfläche auf. Er hängt von der Beckenoberfläche, der Wasser- und Lufttemperatur und von der Wolken- und Windsituation ab. Bei Wassertemperaturen von 24°C und mittelstarkem Wind können in einem Freibad mit 500m<sup>2</sup> Beckenoberfläche ohne weiteres **beachtliche 10 m<sup>3</sup> Wasser pro Tag** verdunsten. Ganz schön teuer !!!

Die allgem. Formel lautet: **Verdunstung [kWh/d] / 0,68 = verdunstete Wassermenge in Liter**

## 2.3 Entfeuchtung der Raumlufte bei Schwimmhallen

Die verdunstete Wassermenge steigert bei Schwimmhallen die rel. Feuchte der Raumlufte. Um Bauschäden zu verhindern, sollte diese im Bereich um 60% r.F. gehalten werden. Dies kann entweder durch **Aufheizung der Raumlufte** auf mind. 3-4 Grad über die Beckenwasser-Temperatur erfolgen oder durch eine wirkungsvolle **Entfeuchtung der Raumlufte**, die natürlich die Verdunstung wieder verstärkt. In der Praxis findet die Erhöhung der Raumlufte-Temperatur ihre Grenze bei ca. 34°C, da höhere Werte als unangenehm empfunden werden. Bei dieser gewählten Temperatur wird dann mit einem Entfeuchtungsgerät bis 60% r.F. entfeuchtet. Beide Maßnahmen sind **riesige Energiefresser** und bestimmen weitgehend die Betriebskosten eines Hallenbades.

## 2.4 Wärmeverlust über Boden und Wände

Da das Etzelwanger Bad teilweise im Grundwasser liegt, bestehen Boden und Wände aus 50 cm Beton und 30 cm Kiesschüttung. Das ergibt grob geschätzt einen **Wärmedurchgangskoeffizienten  $k = 1,6$  W / m<sup>2</sup>K** bzw. bei 780 m<sup>2</sup> Wand- und Bodenfläche bei 10°C Bodentemperatur einen **täglichen Wärmeverlust von  $30 * (T_w - 10°C)$  [kWh/d]**.

## 3. Die Abdeckung der Badoberfläche außerhalb der Betriebszeiten

Da eine Abdeckung des Bades außerhalb der Betriebszeiten den größten Anteil der Wärmeverluste, nämlich die Konvektion nach oben und die Verdunstung erheblich verringert, sollen hier die verschiedenen Möglichkeiten der Beckenabdeckung und ihre Vor- und Nachteile kurz dargestellt werden:

### 3.1 Noppenfolie (Luftpolsterfolie)

Die aus der Verpackungsindustrie bekannte Noppenfolie erfüllt ihren Zweck hauptsächlich bei Abdeckungen im Hallenbad. Die Größenbegrenzung, ihre Empfindlichkeit gegen UV-Strahlung und Sturm sowie der schlechte Isolierwert verbieten normalerweise den Einsatz in kommunalen Freibädern.

### **3.2 Kunststoff-Rollladen**

Für Freibäder stellt der aus dem Fensterbau bekannte Rollladen eine wesentlich bessere Alternative dar. Die mir bekannten Profile haben mehrere Luftkammern und eine Stärke von 9-16mm. Dadurch ergibt sich eine höhere Stabilität und gegenüber der Noppenfolie ein besserer Isolierwert. Die Lebensdauer kann über 20 Jahre betragen.

Bei Skimmerbecken (tiefliegendem Wasserspiegel), umlaufender Rollladenkante oder umlaufendem Handlauf und zusätzlicher Verriegelung in geschlossenem Zustand, kann diese Abdeckung als kindersicherer Unfallschutz ausgeführt werden. Wegen der Möglichkeit des seitlichen Verschwimmens ist dies bei Becken mit hochliegender Überlaufrinne nicht möglich. Der Unfallschutz ist somit im öffentlichen Bereich nicht gegeben.

Der Rollladen kann sowohl oberirdisch (am Beckenrand stehend) aber auch unterirdisch (im Becken eingebaut) montiert werden. Die Profile gibt es in verschiedenen Farben und mit Solareffekt (transparent bzw. schwarz/transparent). Nachdem Rollladenabdeckungen automatisch funktionieren und unterirdisch eingebaut nicht sichtbar sind, kommt dieses System **vorwiegend im Hotelbereich oder bei kleineren Becken** zum Einsatz.

Die Dimension der Profile und deren relativ hohes Gewicht, bzw. deren hoher Auftrieb beim Einbau unter Wasser, verlangen den Bau von massiven Aufrollvorrichtungen. Dies bezieht sich sowohl auf die Stahlkonstruktion als auch auf die Antriebseinheit. Die Kosten hierfür und für die relativ teuren Profile machen eine Verwendung bei großen Becken weniger wirtschaftlich.

### **3.3 Polyethylen-Verbundschaumstoff**

Seit ca. 30 Jahren werden für Außen- und Hallenbäder sogenannte Mehrschichtfolien angeboten. Diese schwimmenden Planen bestehen aus einer Deckschicht aus Polyestergerewebe, einer PE-Schaum Isolierung und einer PE-Versiegelungsschicht. Diese drei Komponenten werden miteinander zu Bahnen von 1,6 Meter Breite kaschirt und später zu fertigen Abdeckungen zusammengeschweißt.

Das Material ist ca. 6mm stark, wiegt ca. 700 Gramm/qm, ist chlorwasserfest, UV- beständig und äußerst reißfest. Damit der Sturm die Abdeckung nicht vom Wasser blasen kann, können an den Längsseiten der Abdeckung so genannte Windsicherungsseile aus Edelstahl aufgeschweißt werden, die am Beckenrand verzurrt werden.

Durch den unübertroffenen Isolierwert, Referenzen mit einer mehr als 20 jährigen Lebensdauer und das beste Preis/Leistungsverhältnis haben wir uns in **Etzelwang** für den Kauf dieser Mehrschichtfolie entschlossen. Der Preis für eine derartige Abdeckung inkl. Aufrollvorrichtung lag **2004 bei 23.000 Euro** und liegt heute (**2012**) **bei ca. 29.000,-- Euro** inkl. Transport, jedoch ohne Montage.

#### **Vorsicht:**

Damit die Wickelwelle der Aufrollvorrichtung nicht durchbiegt, dürfen sich keine Personen auf die aufgewickelte Abdeckung setzen. Außerdem sollte in aufgewickeltem Zustand eine direkte Sonneneinstrahlung wegen möglicher Blasenbildung auf dem ersten Wickel der Abdeckung vermieden werden.

Die Hersteller bieten hierfür geeignete Verkleidungen in verschiedenen Ausführungen an. Nachdem wir diese **Verkleidung** in Etzelwang sehr kostengünstig in Eigenregie hergestellt haben, sind die **Kosten nicht in unsere Berechnung eingeflossen.**

### **3.4. Die Konsequenzen**

Die ökonomischen und ökologischen Vorteile einer Schwimmbadabdeckung sind unbestreitbar. Die Abdeckung verhindert bei Freibädern außerhalb der Betriebszeiten (vor allem bei Wind) eine übermäßige Auskühlung des Beckenwassers und spart dadurch erhebliche Heizkosten.

**Anstatt der in den Jahren 1999 – 2004 durchschnittlich verbrauchten 14.700 Ltr. Heizöl pro Jahr haben wir in 2005 nur noch 5.900 Liter, 2006 nur 5.100 Liter und 2007 sogar nur 4.100 Liter verbraucht. Wir benötigen die Heizung praktisch nur noch zur Erstaufheizung und zum Nachheizen nach längeren Schlechtwetterperioden.**

Dies bedeutet pro Saison eine **Heizöleinsparung von 60 bis über 70%**. Da in den Öffnungszeiten das Bad natürlich nicht abgedeckt ist, hängt die Ersparnis ab von der Anzahl der Öffnungstage pro Saison (**Bild 1**, Seite 7) und auch von den Öffnungsstunden pro Tag.

**Bild 2** (Seite 8) zeigt die durch eine Abdeckung erzielbare Erhöhung der Wassertemperatur eines Freibades **ohne zusätzliche Heizung** bei verschiedenen Lufttemperaturen und Witterungsbedingungen. **Die am Tage eingestrahlte Sonnenenergie geht in der Nacht nicht wieder verloren**, sondern wird unter der Abdeckung weitgehend für den nächsten Tag aufbewahrt.

**Bild 3** (Seite 9) zeigt die durch Abdeckung erzielbare Temperaturerhöhung mit einer willkürlich gewählten täglichen **Zusatzheizung von 960 kWh**, die der täglich nutzbaren Wärmemenge eines BHKW mit 23 kW elektrischer Leistung gleichkommt. Sie entspricht etwa 100 Ltr Heizöl pro Tag.

**Bei längeren Schlechtwetterperioden** kühlt das Beckenwasser mit Abdeckung wesentlich langsamer aus. Deshalb kann die Heizung völlig ausgeschaltet werden. (siehe **Bild 4**, Seite 10)

**Die Aufheizung** danach erfolgt meist von einem höheren Temperaturniveau aus und geht unter der Abdeckung auch wesentlich schneller. (siehe **Bild 5**, Seite 11)

**Bei Hallenbädern reduziert die Abdeckung die Verdunstung ebenfalls deutlich, was sowohl bei der Raumluft- und Wasserheizung als auch bei der Entfeuchtung erhebliche Kosten einspart.** Da die Verdunstung im abgedeckten Zustand um ca. 80-85% zurückgeht, kann während der Betriebsruhe die Lufttemperatur bis auf Wassertemperatur zurückgefahren werden. Die Entfeuchtungsmenge wird ebenfalls um über 80% reduziert. (siehe auch **Bild 6-8**, Seite 12-14)

**Jede zusätzliche Heizenergie**, gleichgültig, auf welche Weise sie gewonnen wird, hat im abgedeckten Zustand in etwa **3-fache Wirkung**. Da das Becken aber in der halben Zeit nicht abgedeckt ist, bedeutet das, dass bei anstehenden Heizungsänderungen die **neue Heizung** in der Leistung auf ca.60-70% reduziert werden könnte, z.B. auch bei BHKW oder Solarheizflächen. Auch wegen der Aufheizdauer nach Schlechtwetterperioden und der Erstaufheizung sollte aber die **Heizleistung keinesfalls über 40% reduziert** werden.

Der **Chlorbedarf** und damit verbunden der Bedarf an sonstigen chem. Zusätzen wird durch die Abdeckung **um ca. 30 % reduziert**, was ebenfalls zu erheblichen Einsparungen führt.

Der **Heizölpreis** stieg genauso wie der Strompreis und alle anderen Energiepreise in den Jahren 1996 – 2006 um **durchschnittlich 9,5% pro Jahr, in den letzten 5 Jahren allerdings schon um 11,5% p. Jahr** (siehe **Bild 9 und 9a**, Seite 15-16) und wird weiter steigen. Deshalb führt die Heizöleinsparung jedes Jahr zu höheren Gewinnen. In den neueren Berechnungen wurden deshalb 11,5% Steigerung angenommen.

**Aus all diesen Gründen ist es immer angezeigt, als erste Umbaumaßnahme den Kauf einer Schwimmbad-Abdeckung ins Auge zu fassen. Alle evtl. noch nachfolgenden weiteren Investitionen werden dadurch wesentlich kleiner und billiger als ohne Abdeckung.**

## **5. Finanzierung und Auswirkungen auf den Verwaltungshaushalt**

Da seit der Anschaffung der Etzelwanger Schwimmbadabdeckung schon 7 Jahre vergangen sind und seither die Edelstahlpreise und die Mehrwertsteuer gestiegen sind, habe ich in **Tabelle 2** (Seite 17) auf der Grundlage neuer Angebote eine **Rentabilitätsrechnung für 2012** aufgemacht.

Die Finanzierung dieser Investition ist meist nur durch Aufnahme eines Darlehens möglich. Ausgehend von den Verhältnissen am Etzelwanger Freibad habe ich hier die Auswirkungen auf den **Verwaltungshaushalt der Kommune** bei Anschaffung (Stand 2012) einer Schwimmbad-Abdeckung gezeigt. Denn das ist der Haushaltsabschnitt, bei dem es generell am meisten zwickelt. Dass gerade hier von Anfang an gespart werden kann, ist wohl das stärkste Argument gegenüber dem Stadt-, Markt- oder Gemeinderat.

**Wir sehen z.B. aus Tabelle 2, dass durch den Kauf einer Abdeckung für 29.000€ incl. MwSt im Verwaltungshaushalt innerhalb 20 Jahren eine Ersparnis von € 563.621 erreicht wird. Selbst bei Anrechnung der Abschreibungskosten von jährlich € 1.450 wird innerhalb von 20 Jahren noch eine beträchtliche Gesamtersparnis von voraussichtlich € 534.621 durch diese Investition erreicht.**

## **6. Auswirkungen auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß**

In Zeiten der verstärkten Bemühungen um den Klimaschutz darf es nicht unerwähnt bleiben, dass diese Maßnahme auch bedeutende Minderungen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes mit sich bringt.

Die **Abdeckung** spart in Etzelwang pro Jahr ca. 9.000 l Heizöl. Das entspricht bei **0,3 kg/kWh** einer **jährlichen Einsparung von 27 t CO<sub>2</sub>-Ausstoß**.

## **7. Gedanken zum Abschluß**

Durch den Kauf der Schwimmbadabdeckung können derzeit bereits **im ersten Jahr 7.280 EUR** im Verwaltungshaushalt eingespart werden mit einer Steigerung von anfangs 14,5% bis 11,5% pro Jahr. Verbunden mit der Anschaffung eines Frequenzumrichters für die Umwälzpumpe unseres Freibades und der erfolgreichen Tätigkeit unseres Schwimmbad-Fördervereins, der außer der Beckenaufsicht alle anfallenden Arbeiten kostenlos übernommen hat und darüber hinaus der Gemeinde noch jedes Jahr ein paar Tausender zuschießt, haben wir in Kürze in Etzelwang den angestrebten Zustand erreicht, dass **durch eine Schließung des Bades keine Einsparung mehr zu erwarten ist. Auf diese Art haben wir uns ein hoch zu bewertendes Stück Lebensqualität in unserer kleinen 1500-Einwohner-Gemeinde erhalten.**

Liebe KEB-Kollegen, ich wünsche euch bei den Entscheidungen und Vorschlägen an den Stadt-, Markt- oder Gemeinderat viel Erfolg. Sollten noch weitere Fragen bestehen, stehe ich gerne zur Verfügung.

**Hellmut Zorn**

**Kommunaler Energiebeauftragter (KEB) der Gemeinde Etzelwang**

**Neutras 5**

**92268 Etzelwang**

**Tel. 09154/2157**

**Mail: [hellmut.zorn@t-online.de](mailto:hellmut.zorn@t-online.de)**