

# Wassererwärmung in Becken mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Die umweltfreundliche Lösung

Bense, Péter Korzenszky  
St. Stephen University, Gödöllé, Ungarn

## 3.1. Definition des aktuellen COP-Werts

Die Effizienz und Konformität von Wärmepumpen kann mit dem Leistungsfaktor (COP) definiert werden. Die COP ist das Verhältnis von Wärmeleistung,  $\dot{Q}_h$  [W] und verwendeter elektrischer Leistung  $P_w$ , [W].

$$COP = \frac{\dot{Q}_h}{P_w} \quad (1)$$

Der Wert von COP wird durch Verdampfung und Kondensatortemperatur definiert. In unserem Fall kann es mit Umgebungsluft und Poolwassertemperatur beschrieben werden. Es ist offensichtlich, dass bei niedrigerer Lufttemperatur und/oder höherer Beckenwassertemperatur auch der Wirkungsgrad der Wärmepumpe geringer ist. Der Anteil dieser geringeren Leistung kann nicht durch den COP-Wert definiert werden (meist für ideale Fälle von den Herstellern definiert).

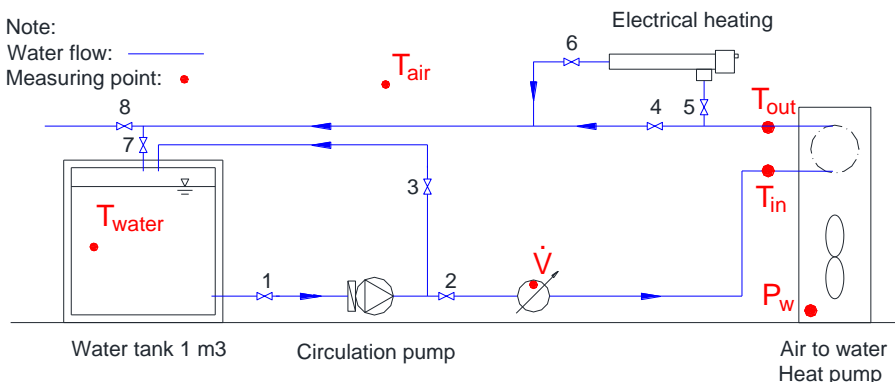


Abb. 2. Luft-Wasser-Wärmepumpe-Messkreisschema

An der Universität Szent István, Fakultät für Maschinenbau, haben wir einen Messkreis erstellt, der kontinuierlich die **Parameter** von

**Wärmepumpenaufzeichnung (Abb. 2) Bei den Experimenten erhitzten wir 1 m<sup>3</sup> Wasser mit einer kleinen HP700 (Microwell, Aaa, Slowakei) Wärmepumpe. Im Zeitraum März-Juni 2013 haben wir den Inhalt des Wassertanks von 13°C auf 44°C mehr als 40 Mal bei 13-27 °C Umgebungstemperatur erhitzt. (Im Sommer wurden die anfänglichen 13°C mit der Kühlfunktion der Wärmepumpe erreicht.) Bei den Experimenten haben wir die Innen- und Außenwassertemperatur ( $T_{in}$  und  $T_{out}$  [°C]) und die Wassertanktemperatur  $T_{Wasser}$  [°C] mit NiCr-Ni-Wärme gemessen. Die Temperatur der Umgebungsluft  $T_{Luft}$  [°C] und des Feuchtigkeitsgehalts [rF%] FHA646-E1C (Ahlborn, Holzkirchen, Deutschland) wurde mit einem kombinierten Sensor definiert. Wir haben den volumenmäßigen Wasserstrom mit der Öffnung des Bypass-Abzweigs auf  $\dot{V} = 6\text{m}^3/\text{h}^{-1}$  angepasst und halten ihn auf einem konstanten Wert. Der Wert des Volumenstroms wurde mit dem **mechanischen Durchflussmesser** ARAD Woltman Silver Turbé (WST-Modell, Arad Hungria, Miskolc, Ungarn) gemessen. Die elektrische Leistung **wurde von** einer Actaris SL7000 (Ganz Mér'gyér Kft., Gödöllő, Ungarn) gemessen. Die vorgenannten Messdaten wurden mit dem Mess- und Datensammlersystem ALMEMO 2590-9 (Ahlborn, Holzkirchen, Deutschland) erhoben.**

Das Design des Messsystems der Szent István Universität, Fakultät für Maschinenbau ist auf Abb.3 zu sehen.

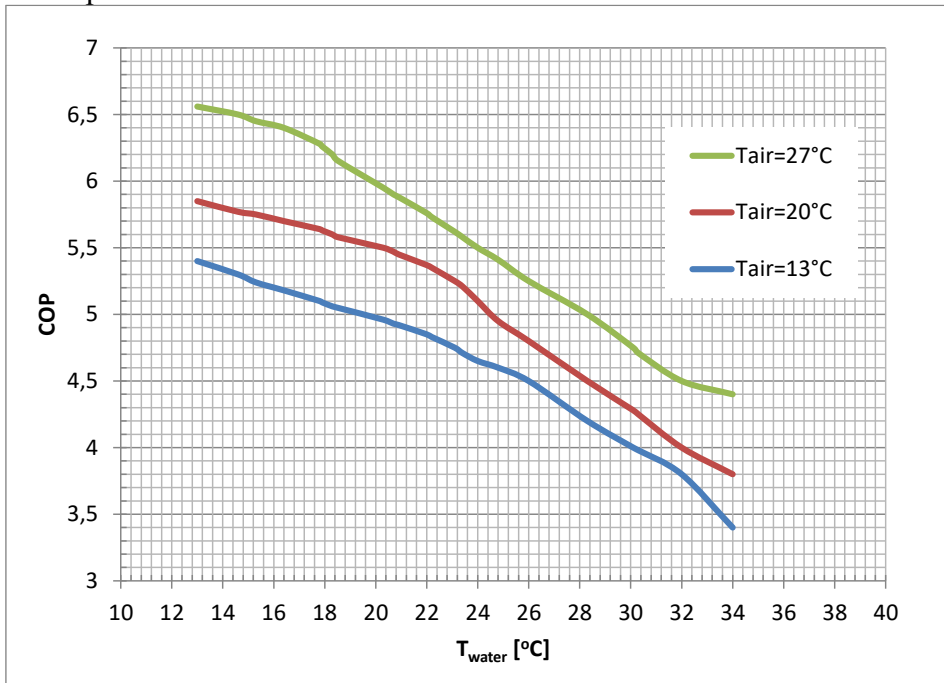


**Abb. 3.** Wärmepumpen-Messkreis an der Universität Szent István, Fakultät für Maschinenbau

Unter Berücksichtigung der Wassertemperatur  $c_p$ , [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ] und Dichte  $\rho$ , [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ] können die Werte aus den Tabelle definiert werden. Auf dieser Grundlage kann die aktuelle Wärmeleistung definiert werden:

$$\dot{Q}_h = c_p \cdot \rho \cdot \dot{V} \cdot (T_{ki} - T_{be}) \quad (2)$$

Wir zeigen die aktuellen COP-Wert (bestimmt durch Gleichung 1 und 2) auf Abb.4 in der Funktion von Tankwasser und Umgebungslufttemperatur. Die Ergebnisse geben das bekannte Prinzip an: Die Abnahme der Umgebungslufttemperatur und/oder der Anstieg der Beckenwassertemperatur führt zu einem niedrigeren aktuellen COP-Wert. Die verfügbaren aktuellen Werte ermöglichen jedoch die Planung, Optimierung und Bestimmung eines mittleren COP-Wertes auf Basis der zu erwartenden Wetterbedingungen und der benötigten Wassertemperatur.



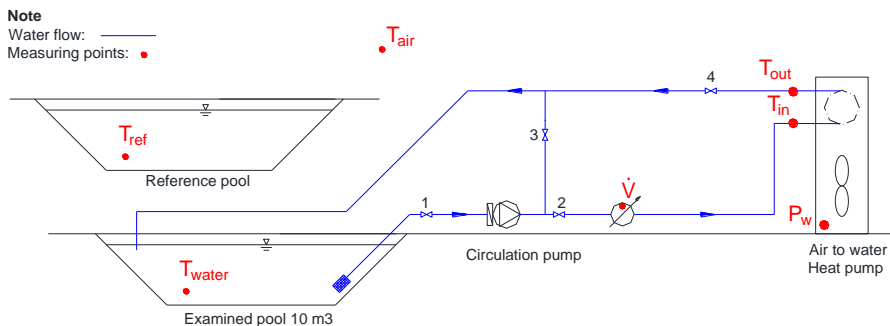
**Abb. 4.** Aktueller COP-Wert in Abhängigkeit von Wasser und Umgebungslufttemperatur ( $\dot{V} = 6\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}=\text{const.}$ )

### 3.2. Temperieren des Außenbeckens mit einer Wärmepumpe

Je nach klimatischen Bedingungen können Außenpools von Hotels, Pensionen und Wohnhäusern nur im Frühjahr und Herbst mit Beheizung auf angenehme Temperaturen gebracht werden. Die **Beheizung von Beckenwasser**

ermöglicht aber auch seit langem ideale Bedingungen **für die Fischzucht** und damit einhergehend veränderbare Zuchtmöglichkeiten. In Außenbecken (Teichen) kann z.B. die Brutzeit verschoben werden. Anhand der beiden genannten Beispiele im Jahr 2013 wollten wir die Temperierung eines 10m<sup>3</sup> künstlichen Beckens mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe realisieren. (Abb.5)

Während unserer Experimente erhitzen wir 10000 l Wasser mit den zuvor genannten HP700 (Microwell, Aaa, Slowakei) Ausrüstung auf die gewünschten 20°C und hielten die Wassertemperatur für mehrere Wochen auf dieser gewünschten Temperatur. Während der Experimente verwendeten wir das zuvor erwähnte MESS- und Datensammlersystem ALMEMO 2590-9 (Ahlborn, Holzkirchen, Deutschland) und Sammlersensoren. Ähnlich wie beim Modellexperiment **wurden die Beckenwassertemperatur**  $T_{\text{Wasser}}$  [°C] und die Umgebungslufttemperatur  $T_{\text{Luft}}$  [°C] kontinuierlich gemessen. Für **die Beschreibung der Wärmepumpeneffizienz wurden auch die Innen- und Außenwassertemperatur**  $T_{\text{in}}$  und  $T_{\text{out}}$  [°C] und der Wassermassenfluß gemessen. Der Massenstrom wurde mit  $\dot{V} = \text{dem Schließen des Rücklaufs auf } 65 \text{ l/min}$  eingestellt. Das Wasser wurde auf einer konstanten Temperatur gehalten. Die elektrische Leistung  $P_w$  [W] wurde definiert und kann auf Basis des Wertes Wärmepumpenbetriebszeit ebenfalls beschrieben werden.

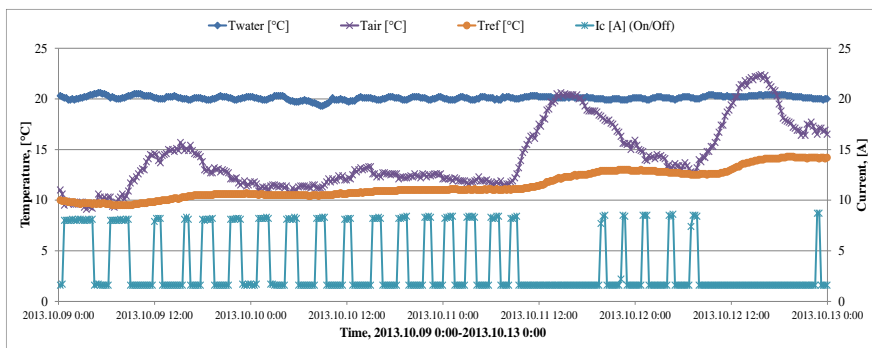


**Abb. 5.** Temperierung des Außenbeckens mit 7 kW Wärmepumpe

Das eingeführte Zirkulationssystem wurde im September 2013 in Betrieb genommen. Das extreme Oktoberwetter half, Informationen unter verschiedenen äußeren Bedingungen zu sammeln. Abb.6 zeigt die Situation vom 9. bis 13. Oktober. Am ersten Tag, dem 9. Oktober, lag die Nachttemperatur unter 10°C und die Tagestemperatur erreichte 15°C. Der zweite Tag war ein regnerischer Tag, und danach wurde das Wetter wärmer, die maximale Lufttemperatur stieg auf 20°C. Der Betrieb der Wärmepumpe wird auf Abb.6 auf der Grundlage des Stromverbrauchs dargestellt. Die Umwälzpumpe war kontinuierlich in Betrieb, was 1,6 A Stromverbrauch bedeutete. Neben der Umwälzpumpe ist ein Wärmeverbrauch von

5,8-7,3 A zusehen. Das weiterentwickelte " Säge"-Diagramm zeigt spektakulär, wie viele Zeits und für welches Zeitintervall Wärmepumpenbetrieb benötigt wurde.

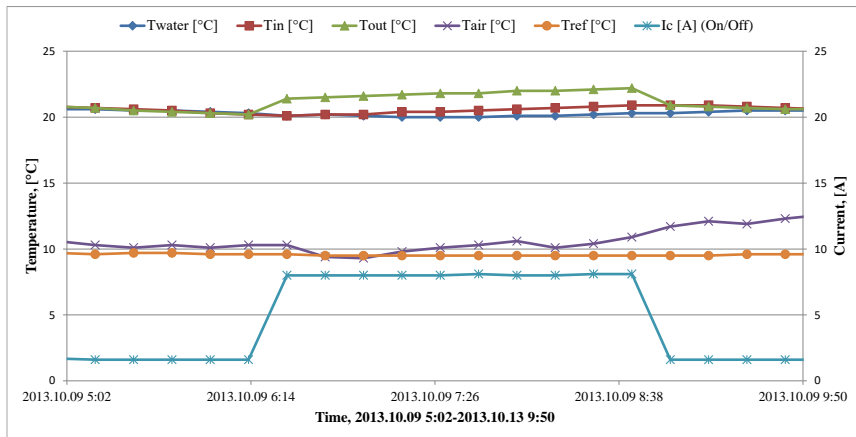
Für die vorgestellten 4 Tage kann gesagt werden, dass die Beckentemperatur auf einer Durchschnittstemperatur von 20,0 bis 0,3°C bei 14,3°C Umgebungstemperatur gehalten werden kann. (Zum Vergleich: Die Temperatur des Referenzpools betrug 9,5-14,9°C.) Die Wärmepumpe schaltete sich 23-mal für 0,5-3,5 Stunden **in Abständen ein** und wurde 36 Stunden lang betrieben. Dies bedeutet 49,68kWh Energieverbrauch von 1,38 kW durchschnittlicher elektrische Leistung.



**Abb. 6.** Veränderungen der Wasser- und Lufttemperatur in Abhängigkeit der Zeit

Für die Untersuchung der Wärmepumpe auf Abb.7 führen wir eine kürzere Periode des Diagramms ein. Es ist zu sehen, dass am ersten Morgen um ca. 6:14 die Beckentemperatur auf 20°C gesunken war und die Wärmepumpe eingeschaltet wurde. Während des Beckenwasserflusses erhielt die Wärmepumpe einen mittleren Temperaturunterschied  $\dot{V}$  von 1,3 °C bei  $\dot{V} = 65$  l/min Strommasse. Dieser Temperaturunterschied kann am Eingang und an der Ausgangsseite der Wärmepumpe gemessen werden. Auf Abb.7 ist zu sehen, dass die Wassertemperatur wieder steigt, während die Temperatur der Referenzabfrage abnimmt.

Zur Beschreibung des COP (die den Betrieb der Wärmepumpe anzeigt) berechneten wir mit spezifischer Wärme,  $c_p=4,18\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$  und Wasserdichte, **unter Berücksichtigung der** Temperatur von  $\rho=998,2\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Die elektrische Leistung betrug **in diesem Zeitraum**  $P_w=1,33\text{ kW}$ . COP und wurde mit diesen Werten und mit Gleichungen (1) und (2) berechnet. Basierend auf Abb. 7 **betrug der aktuelle** COP-Wert 4,51. Dieser Wert entspricht dem erwarteten Wert von Abb.4.



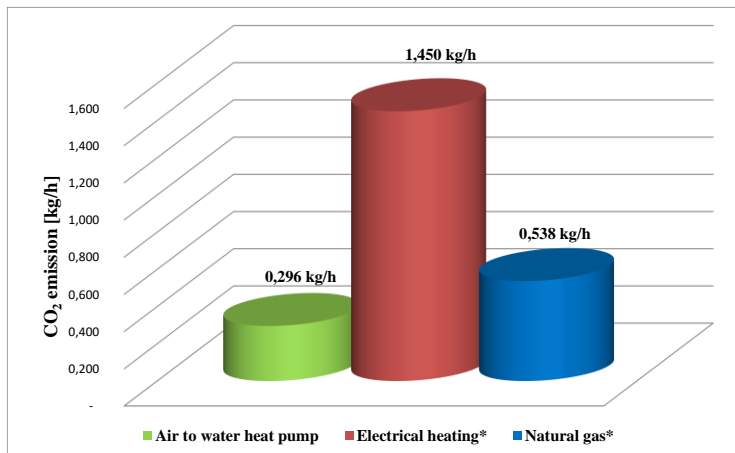
**Abb. 7.** Betriebsparameter der Wärmepumpe in Abhängigkeit von der Zeit (Detail der Abb.6)

Unter Berücksichtigung der gesamten Fallperiode kam es nicht zu einem geringeren Wirkungsgrad als bei COP=3.62. Um noch extremere Bedingungen zu nennen: Am 24. September wurde die Wärmepumpe nicht benötigt, aber sie wurde am 3. Oktober in Vollzeit in Betrieb genommen. Nach bisherigen Erfahrungen kann festgestellt werden, dass das ideale Einsatzgebiet für Luft-Wasser-Wärmepumpen Fischzucht, Fischfarmen, Pooltechnik und Wassertemperierung ist. Im Frühjahr und im Herbst ist die Lufttemperatur (Verdampfertemperatur) bereits/noch (T bei 12-20°C) und die Beckentemperatur (Kondensatortemperatur) ideal (T -20-24°C) für den Einsatz von Wärmepumpen.

#### 4. Schlussfolgerungen

Es ist klar, dass das Erwärmen und Temperieren von Becken einen Mehraufwand bei der Fischzucht/ Fischfarmen und der damit verbundenen Komfortsteigerung bedeutet. Die größer werdende Fischproduktion, Sicherheit oder sogar die Möglichkeiten und der Komfort können jedoch sehr effektiv sein. Die Verwendung von Luft-Wasser-Wärmepumpen eine Kostenersparnis von 30% gegenüber Gasheizung. Wichtig zu erwähnen ist, dass der Einsatz von Wärmepumpen eine ca. Reduzierung von **45% CO<sup>2</sup>-Ausstoß** im Vergleich zum Verbrauch fossiler Brennstoffe bedeutet. Die Verwendung von elektrischen Modulen ist nicht kosteneffizient und weist einen hohen CO<sup>2</sup>-Ausstoß auf. Diese erwähnte Information ist in Fig. 8 zu sehen, die die spezifische Emission während des 4-tägigen Temperns zeigt. (Die berechneten Emissionen betragen 0,56 kg CO<sup>2</sup> / kWh elektrische Energie und 1,96 kg CO<sup>2</sup> / m<sup>3</sup> Erdgas. Die Heizleistung von Erdgas beträgt 9,44 kWh / m<sup>3</sup>.)

).



**Abb. 8.** Spezifische CO<sub>2</sub>-Emission nach Messung des Oktobermonats 2013 (\*berechnete Werte)

## 5. Zusammenfassung

**Die Produktentwicklung und ständige Verbesserung unserer Wärmepumpen ist uns wichtig, weil die Energiequelle kostenlos zur Verfügung steht und wir unsere Umwelt so gering wie möglich belasten, trotz verbesserten Komforts. Die COP-Angabe (Leistungskoeffizient oder einfach Energiewertangabe) ist heutzutage berechenbar und hilft, das richtige Modell zu finden, ob nun kompakte Wärmepumpe oder Split-Wärmepumpe.**

Die Luft-Wasser-Wärmepumpen nehmen einen immer größeren Stellenwert in der Beheizung ein, da mit ihnen auch im privaten und öffentlichen Bereich im Winter geheizt oder die benötigte Menge sanitäres Warmwasser produziert werden kann. Es ist klar, dass sich die Leistung von Luft-Wasser-Wärmepumpen durch die Außenluft-Temperatur und der benötigten Wassertemperatur ändert. Der COP kann als Energiewert interpretiert werden, er kann nicht als kontinuierliches Feature des Systems betrachtet werden. In bestimmten Fällen ist der aktuelle COP-Wert möglicherweise nicht so relevant; der Energieverbrauch ist wichtiger.

Unter ungarischen klimatischen Bedingungen suchten *Schwimmbadtechnik* und *Fischzucht* nach Energie- und Ressourcen schonenden Lösungen für die Poolheizung und Temperierung von Wasser. Thermalwasser kann in beiden Fällen eine gute Lösung sein, aber seine Nutzung hat territoriale Hindernisse. Die Nutzung von Sonnenkollektoren ist

oft keine ausreichende und sichere Lösung unter Berücksichtigung meteorologischer Bedingungen. Erdgas und Strom ist überall im Land verfügbar, aber seine Nutzung hat wirtschaftliche Aspekte und ist nicht preisstabil. Bei Anwendungen in der Schwimmbadtechnik ist die Nutzung bequem.

*Auf diese Weise sinkt das Risiko bei der Fischzucht und die Brutmöglichkeit steigt bei angepasster Temperierung des Wassers.*

## **Bestätigungen**

Unsere Forschung wurde unterstützt durch "Verbesserung der Forschung und Bildung Standard der Szent István Universität" T-MOP 4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0003 Projekt. Wir danken den Mitarbeitern von Microwell Magyarorsz'g Ltd., die unsere Arbeit unterstützt haben.