

# Badespass mit weniger Energie – einfache Tipps für Badebetreiber

Referat von Peter Fink, HK&T, Cham, anlässlich der SwissBad 2014

## Einleitung

In einem Schwimmbad gibt es viele verschiedene Ansätze zur Reduzierung des Energiebedarfs. In den nachfolgenden Ausführungen sollen die verschiedenen Aspekte und Massnahmen, in Bezug auf mögliche Einsparpotenziale aufgezeigt werden.

## 1. Betriebliche Massnahmen

In den betrieblichen Massnahmen geht es um Einstellungen bzw. Optimierungen, die der Bademeister bzw. Betreiber teilweise selbst vornehmen kann.

### 1.1 Umwälzleistung

In der alten SIA 385/1 (vom Jahr 2000) war die Möglichkeit zur Reduzierung des Volumenstromes nach der Beendigung des täglichen Badebetriebs nur im Ruhebetrieb möglich.

Die neue SIA 385/9 (vom Jahr 2011) ermöglicht nun aber auch eine Reduzierung auf maximal 50 Prozent der Umwälzleistung in Zeiten mit schwachen Benutzerfrequenzen. Das heisst, der Volumenstrom darf auch während des Badebetriebes reduziert werden.

Der Hinweis, dass dies nur unter Einhaltung der vorgegebenen hygienischen Parameter möglich ist, ist natürlich selbstverständlich. Aber bei Badebecken mit unterschiedlichen Frequenzen, wie zum Beispiel einem Lehrschwimmbad, eröffnet dies ein entsprechendes Einsparpotenzial.

Der Volumenstrom kann entweder manuell oder automatisch reduziert werden. Eine Rückstellung muss in jedem Fall automatisch erfolgen.

Aufgrund der gegebenen Pumpenkennlinie mit entsprechender Anlagekennlinie wandert der Betriebspunkt beim Abschalten einer Pumpe auf der veränderten Anlagekennlinie (durch die erforderliche Drosselung) nach unten. Infolge der Anlagekennlinie reduziert sich der Volumenstrom um etwa  $\frac{1}{3}$  von 90 auf 65 m<sup>3</sup>/h. Die Stromaufnahme wird aber um etwa 40 Prozent gesenkt.

### 1.2 Frischwasserzusatz

Als Frischwasserzusatz müssen dem Beckenkreislauf mindestens 30 Liter pro Person und Tag zugeführt werden. Der Bedarf für die Filtrerrückspülung kann aber entsprechend höhere Werte erfordern, um den vorgesehenen Filtrerrückspülzyklen gemäss der SIA 385/9 zu genügen. Somit

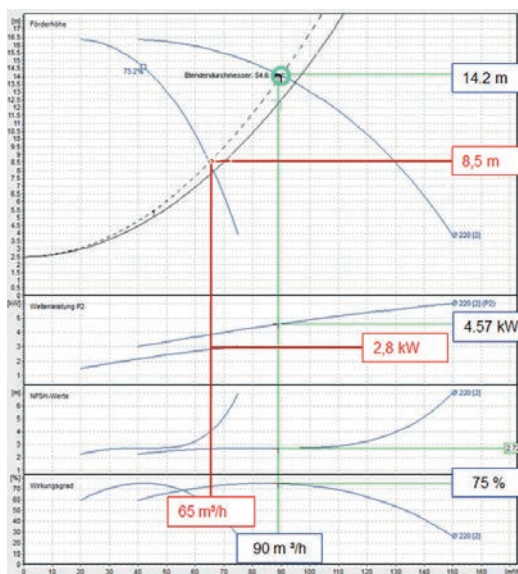


Abb. 1: Pumpen-/Anlagekennlinie mit Drosselung bzw. Abschaltung

ergibt sich ein entsprechend höherer spezifischer Frischwasserbedarf pro Person.

Dadurch ist der Frischwasserbedarf je nach Anlage und auch Belastung in der Regel höher als die Minimalvorgaben. Das Wassermanagement ist unbedingt bedarfsabhängig vorzunehmen und kann auch durch den Betreiber manuell eingestellt bzw. optimiert werden. Für die höher belasteten Badebecken ist für die Einhaltung der Hygiene mehr Frischwasser beizugeben. Es lohnt sich, die Verbräuche bzw. Zugaben mit den Besucherbelastungen abzugleichen, damit bei Hygieneproblemen entsprechende Rückschlüsse gezogen werden können.

### 1.3 Schwimmhallenlüftung

Einsparungspotenzial gibt es nicht nur in der Bädertechnik. Lüftungsanlagen sind trotz effizienten Wärmerückgewinnungsanlagen ein grosser Aktivposten in der Energiebuchhaltung eines Hallenbades. Bei nicht sachgemässen Einstellungen kann hier viel Energie unnötig verbraucht werden.

Früher galt die Faustregel: Lufttemperatur etwa 2 °C über der Wassertemperatur. Durch die teilweise höheren Wassertemperaturen ist diese Regel nicht mehr bzw. nur teilweise einzuhalten. Die für die Behaglichkeit erforderliche Raumtemperatur muss individuell für jede Schwimmhalle ermittelt werden. Bei gut isoliertem Bauwerk mit wenig Glasanteil genügen etwa 30 °C. Bei hohem Glasanteil können 31 bis 32 °C erforderlich werden. Im Winter soll die Raumtemperatur von 32 °C nicht überschritten werden.

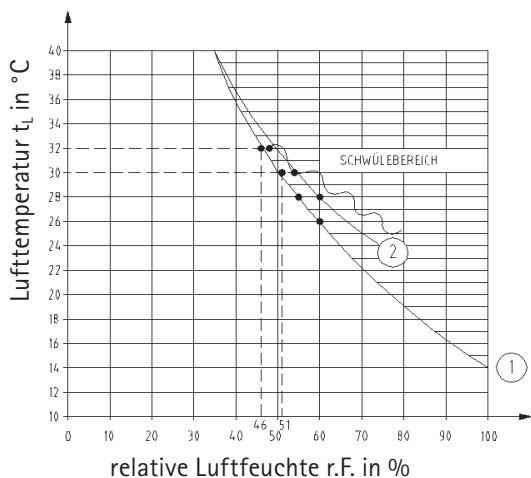
**Pumpenkennlinie:**  
UNIBAD 65-243/0304X

**Betriebspunkt 1:**  
Einsatz im Parallelbetrieb (gedrosselt) für Auslegung  
Q = 90 m<sup>3</sup>/h, H = 12,5 m

**Betriebspunkt 2:**  
Nachtabenkung durch Abschalten einer Pumpe  
P<sub>diff</sub> = 1,77 kW  
Nachteinsparung = 40%



Die Luftfeuchtigkeit wird an der Schwülegrenze für unbedeckte Personen im Winter weitgehend konstant gehalten.



- ① Schwülekurve nach Lancaster-Castens-Ruge
- ② Schwülekurve für unbedeckte Personen im Hallenbad

Abb. 2: Schwülekurve, mit leicht erweitertem Bereich für Hallenbäder, aus welcher die Abhängigkeit entnommen werden kann.

Quelle: SWKI 2004-1

Über der Wasseroberfläche verdunstet Wasser und «belädt» somit die Luft. Die relative Feuchte steigt dadurch an. Durch die Zunahme der Wasserbeladung, reduziert sich die Dichte der Luft aufgrund der geringeren molaren Masse von Wasser.

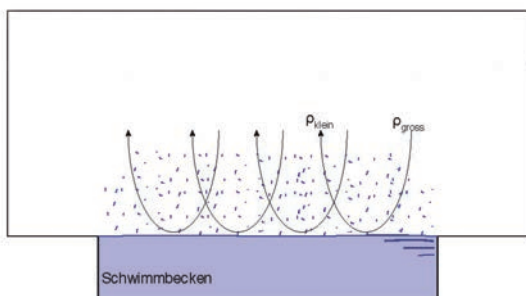


Abb. 3: Grenzschichtkonvektion tritt ein, sobald sich die Lufttemperatur näher als 2 K an die Beckenwassertemperatur annähert.

Quelle: Bachelor-Diplomarbeit S. Müller/Ph. Wyss; Hochschule Luzern

Auf der Wasseroberfläche bildet sich eine dünne Luftschicht, die als Grenzschicht des Wasserdampftransportes fungiert. Diese Grenzschicht hat einen Einfluss auf die Verdunstung. Die sogenannte Grenzschichtkonvektion erfolgt, wenn leichte Luft mit erhöhtem Wasserdampfanteil von der Wasseroberfläche aufsteigt und die trockene (schwere) Luft nachfließt.

➔ Diese Luftbewegung erhöht die Wasserverdunstung

➔ Diese Luftbewegung ist nur möglich, wenn die Raumlufttemperatur nahe der Beckenwassertemperatur oder sogar tiefer liegt.

Die Beziehungen zwischen Wassertemperatur und den Luftkonditionen sind im nachfolgenden Diagramm (Abb. 4) dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass bei reduzierter Raumlufttemperatur und entsprechend tiefer Raumluftfeuchte die Grenzschichtkonvektion aktiv ist und somit mehr Wasser verdunstet. In der weissen Fläche ist die Grenzschichtkonvektion inaktiv, das heisst, es verdunstet weniger Wasser.

Eine Absenkung der Raumtemperatur ohne Anpassung der Raumluftfeuchte ist dem Energie-spargedanken kontraproduktiv. Die Erhöhung der Feuchte verringert aber die Verdunstung.

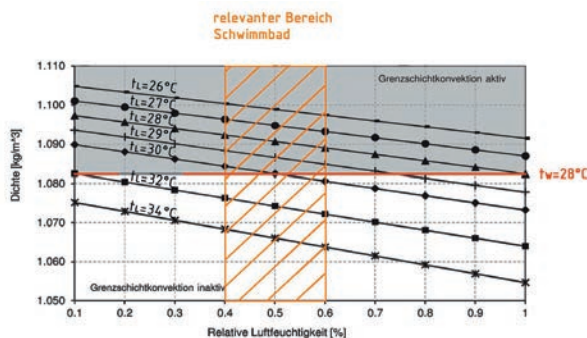


Abb. 4: Beziehungen zwischen Wassertemperatur ( $t_w = 28 \text{ °C}$ ) und der Luftkondition.

Graue Fläche: Grenzschichtkonvektion tritt auf  
Weisse Fläche: Grenzschichtkonvektion tritt nicht auf

Quelle: Bachelor-Diplomarbeit S. Müller/Ph. Wyss; Hochschule Luzern

Damit überhaupt eine Verdunstung stattfinden kann, braucht es Verdunstungsenergie. Diese wird dem Wasser entzogen und muss durch die Beckenheizung nachgeschoben werden.

Für ein Lehrschwimmbad mit  $16.6 \times 8 \text{ m}$  sind nachfolgend die Verdunstungsmengen bei verschiedenen Raumkonditionen errechnet. Die Berechnungen beziehen sich nur auf den Ruhebetrieb.

		W = 28 L = 30 °C / 51 %	W = 28 L = 28 °C / 51 %	W = 28 L = 30 °C / 60 %
Spez. Verdunstung nach SWKI 2004-1	[g/h]	10'781	12'358	8'233
Tot. Verdunstung im Ruhebetrieb	[m³/a]	55	63	42
Verdunstung Energie	[kWh/a]	36'950	42'354	28'217
Differenz	[kWh/a] [Fr./a]		+5'404 +540 115 %	-8'733 -873 76 %

**Fazit:**

Im Ruhebetrieb bringt die Erhöhung der Feuchte eine Einsparung von Verdunstung bzw. Wärmeenergie. Eine Raumtemperaturabsenkung bei gleicher Raumluftfeuchte ist wegen der resultierenden Grenzschichtkonvention kontraproduktiv.

**1.4 Chlorierung**

Nach heutigen Erkenntnissen und Erfahrungen entspricht Chlor als hypochlorige Säure den optimalen Desinfektions- und Oxidationsmitteln. Durch die Zugabe von Desinfektionsmittel im Wasser findet ein chemischer Vorgang, die Hydrolyse, statt. Unabhängig des Desinfektionsmittels entsteht hypochlorige Säure, welche die Wirksubstanz zur Desinfektion darstellt.

Die hypochlorige Säure ist vom pH-Wert abhängig. Mit steigendem pH-Wert zerfällt (dissoziiert) diese in Hypochlorit-Ionen, welche weniger wirksam sind und höhere Zugabemengen erfordern. Der pH-Wert hat somit einen entsprechenden Einfluss auf die Wirksamkeit der Chlorung.

anstatt sechs bar, mindert die Leistung des Kompressors um etwa 30 Prozent. Eine höhere Verdichtung um ein bar ergibt Mehrkosten von etwa zehn Prozent.

Im Zuge der Wartungs- und Unterhaltsarbeiten sind die Pressostaten bzw. die Einstellungen zu überprüfen und den Bedürfnissen richtig anzupassen. Allfällige Leckagen sind unbedingt zu beheben.

**2.2 Attraktionsanlagen**

Attraktionsanlagen verbrauchen zwar zusätzlich Energie, aber sie tragen auch zur Rentabilität eines Bades durch mehr Besucher bei. Beim Betrieb der Attraktionsanlagen besteht ebenfalls

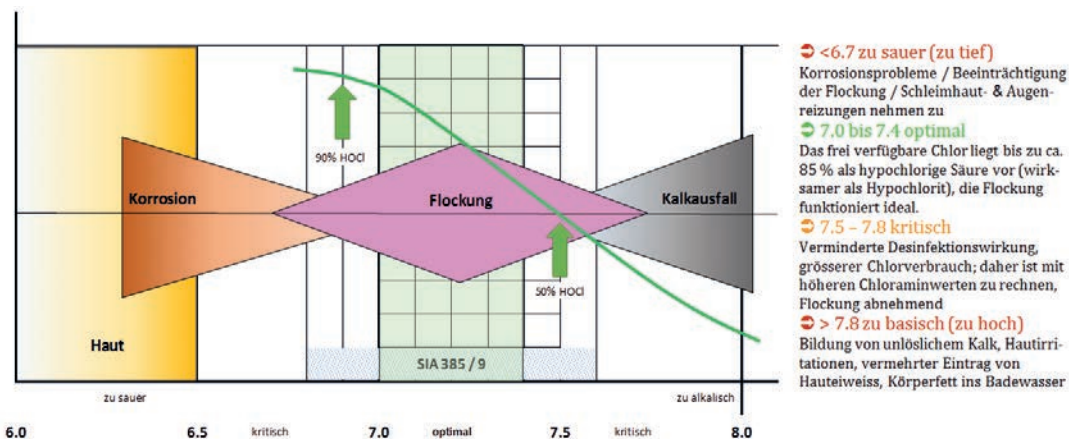


Abb. 5: Beziehungen zwischen pH-Wert und Desinfektion bzw. Flockung

**Fazit:**

Der pH-Wert ist eher tief (6.8 bis 7.2) einzustellen, damit weniger Desinfektionsmittel verbraucht wird.

**2. Massnahmen bei Unterhalt/Wartung**

Nachfolgend werden Massnahmen im Zuge der periodischen Wartungsarbeiten bzw. des täglichen Unterhalts näher betrachtet, die zur Kosteneinsparung beitragen können.

**2.1 Druckluftherzeugung**

Druckluft wird zum Betrieb von pneumatischen Armaturen benötigt. Es muss darauf geachtet werden, dass die Druckluftnetze dicht sind und keine Leckagen aufweisen. Die Kriterien bezüglich Luftqualitäten für die Bädertechnik sind nicht sehr anspruchsvoll. Um 1 m<sup>2</sup> Luft auf 6 bar zu verdichten, werden etwa 0.075 kWh Strom benötigt. Ein niedriger Betriebsdruck, beispielsweise fünf

ein Einsparungspotenzial, wenn der Betrieb den Bedürfnissen der Besucher angepasst wird. Durch den Wechselbetrieb von Attraktionsanlagen wird die momentane Leistungsaufnahme reduziert. Die Zyklen der Attraktionen sind oft fest programmiert und laufen unabhängig der Besucherfrequenzen ab. Grundsätzlich müssen auch Attraktionen in Schwachlastzeiten angeboten werden. Um dem effektiven Besuchsaufkommen gerecht zu werden, kann relativ einfach eine Matrix für die Attraktionsprogramme installiert werden, welche durch den Bademeister bedient werden kann.

Bei geringen Besucherfrequenzen wird die Häufigkeit bzw. Gleichzeitigkeit reduziert und bei hohen Besucherfrequenzen wird die Häufigkeit und Gleichzeitigkeit entsprechend erhöht. Bei Schwachlast bedient der Bademeister per Knopfdruck das Attraktionsprogramm und die Häufigkeit wird verringert und der Stromverbrauch entsprechend reduziert. Bei Volllast wird die Intensität bzw. der Zyklus erhöht. Mehr Personen



können mit der Attraktion bedient werden. Ein Dauerbetrieb ist nicht sinnvoll, wegen dem hohen Stromverbrauch und weil sonst kein Wechsel in den Badebecken bei den Attraktionen stattfindet.

### 2.3 Luftbilanzen

Bei den periodischen Unterhalts- und Wartungsarbeiten sind die Lüftungsanlagen bzw. die Luftströmung und die Luftbilanzen zu kontrollieren. Die Luftführung in der Schwimmhalle hat einen wesentlichen Einfluss auf die Verdunstung und dadurch auch auf den Energiebedarf.

Ebenfalls müssen die Luftbilanzen im Hallenbad abgestimmt sein. Klimatische Trennungen zwischen warmen und kühleren Bereichen sind vorzunehmen, damit kein Energiefluss zwischen den unterschiedlichen Klimazonen stattfindet.

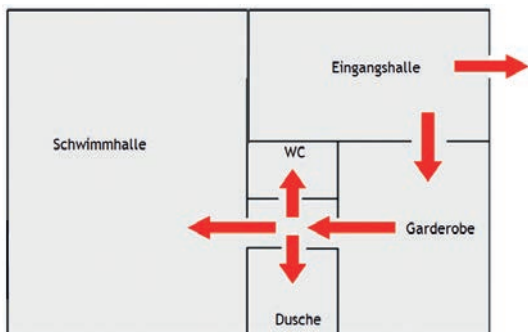


Abb. 6: Luftbilanzen innerhalb eines Schwimmbades

Grundsätzlich ist ein Überdruck vom Eingangsbereich in die anderen Bereiche vorzusehen, um Geruchsbelästigungen vorzubeugen. Von der Garderobe fließt die Luft via Nasszonen in die Schwimmhalle. Die Schwimmhalle selber hat einen minimalen Unterdruck, damit sich die Feuchte und der Geruch nicht im Gebäude verbreiten.

Die weiteren Lüftungszonen sind mit bedarfsgerechten Klimavorgaben zu betreiben. CO<sub>2</sub>-Füler können für die bedarfsgerechte Steuerung der Luftmengen eingesetzt werden.

### 3. Investitionsmassnahmen

Neben betrieblichen Massnahmen und Massnahmen bei Unterhalts- und Wartungsarbeiten gibt es auch Massnahmen mit Investitionen zur Energieeinsparung, welche sehr lohnenswert sein können.

#### 3.1 Umwälzung mit Frequenzumrichter

Frequenzumrichter drosseln die Frequenz und die Stromaufnahme wird verringert. Die Pumpen werden dadurch bedarfsgerecht betrieben.

Durch den Einbau eines Frequenzumformers wird die Pumpenkennlinie entsprechend verändert. Eine Drosselung mittels Klappen (Energievernichtung) ist nicht erforderlich. Mit Frequenzumformer betriebenen Pumpen ist es nun möglich,

die Fördermenge zu drosseln. Durch Reduzierung der Frequenz und abschalten der Pumpen, kann die Fördermenge bei Zwei-Pumpenanlagen entsprechend halbiert werden. Die Einsparung beim Ruhe- oder Reduzierbetrieb beträgt dadurch 80 Prozent gegenüber Volllast mit Eindrosselung.

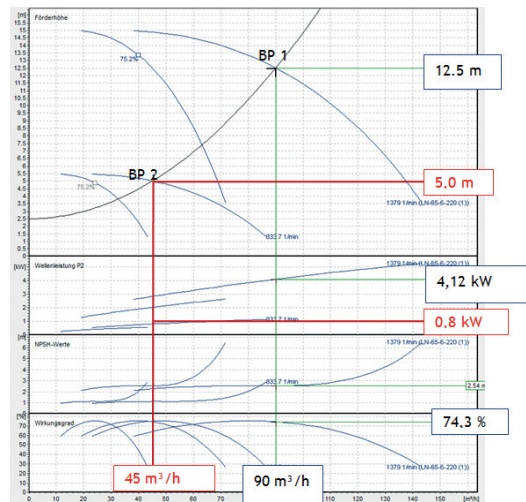


Abb. 7: Pumpen-/Anlagekennlinie mit Frequenzumformer bzw. Abschaltung

**Pumpenkennlinie:**  
UNIBAD 65-243/0304X

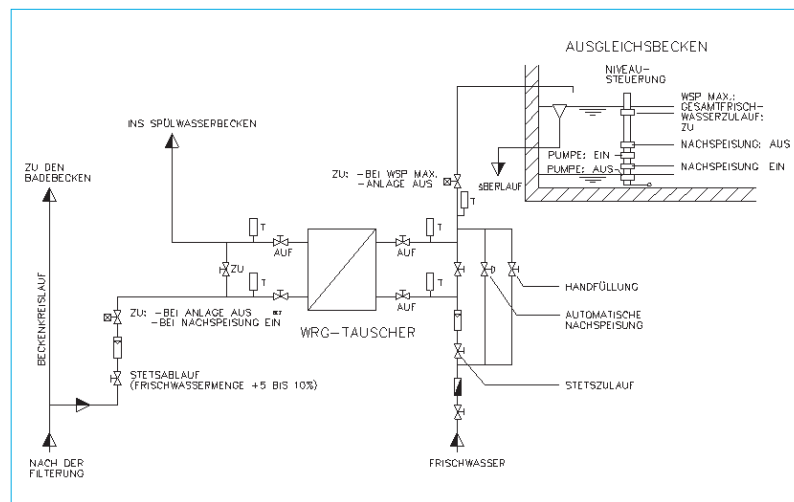
**Betriebspunkt 1:**  
Energieersparnis  
Frequenzregelung  
gegenüber Drosselung:  
 $P_{dif} = 0,45 \text{ kW}$

**Betriebspunkt 2:**  
Nachtabenkung  
durch Halbierung der  
Umwälzmenge mittels  
Frequenzumformer:  
 $P_{dif} = 3,32 \text{ kW}$   
Nachteinsparung = 80%

Durch den Einbau von Frequenzumrichtern wird ein optimaler Betriebspunkt im Volllastbetrieb sowie eine deutliche Reduzierung im Ruhebetrieb erreicht. Die Investitionen für Frequenzumformer sind in wenigen Jahren jeweils amortisiert.

#### 3.2 Stetslauf-Wärmerückgewinnung

Die Wärmerückgewinnung zwischen Stetszu- und Stetsablauf ist simpel. Die Wärmeenergie aus dem warmen Stetsablauf wird zur Erwärmung des kalten Stetszulaufs verwendet.



Eine Temperaturpreizung von 1°K zwischen Eintritt Stetsablauf und Austritt Stetszulauf ist anzustreben und technisch problemlos umsetzbar. Eine Wärmerückgewinnung zwischen Stetszulauf und Stetsablauf sollte in jedem Schwimmbad Standard sein. Die Energieeinsparung durch den nötigen Frischwasserzusatz aus der Personenbe-

lastung bzw. Filtrerrückspülung ist enorm und die Investitionen sind innerhalb von wenigen Jahren amortisiert. Ebenfalls sind Nachrüstungen in bestehenden Anlagen in jedem Fall lohnenswert.

### 3.3 Separates Spülwasserbecken

Das abgebadete Wasser wird in einem separaten Spülwasserbecken gesammelt und für die Rückspülung der Filter (als mehrfach Nutzung) verwendet. Auch bestehende Anlagen, welche aus dem Ausgleichsbecken spülen, können bei richtiger bzw. ausreichender Dimensionierung des bestehenden Ausgleichsbeckens, relativ einfach umgerüstet werden. Das Fassungsvermögen des Ausgleichbeckens muss so gross sein, dass dieses das Verdrängungswasser, das Schwallwasser und einen Wasservorrat für die Filterspülungen aufnehmen kann.

Gemäss SIA 385/9 beträgt die Rückspülmenge für einen Sand-Schnellfilter etwa  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2$  Filterfläche. Dieses Volumen ist zu separieren, um das abgebadete Wasser für die Filterspülung zu bevorraten. Abtrennungen innerhalb des Ausgleichsbeckens, zum Beispiel als Zwischenwand, sind oft möglich.

Die Rückspülung mit kaltem Wasser verbessert ebenfalls die Rückspülfizienz, weil kaltes Was-

ser die Adhäsionskräfte im Filter-Sandbett positiv beeinflussen. Ebenfalls kann das Spülwasser entsprechend den Vorgaben chloriert werden und allfälligen Filterverkeimungen wird somit vorgebeugt.

### 4. Zusammenfassung

Eine detaillierte Betriebsanalyse für Betriebsoptimierungen können bereits lohnende Einsparungen ohne Einbusse auf die Qualität bzw. Hygiene bringen. Bei periodischen Unterhalts- und Wartungsarbeiten sind die Betriebszustände zu überprüfen und gegebenenfalls nachjustieren. Auch bestehende Betriebszustände sollen kritisch hinterfragt und optimiert werden.

Investitionsmassnahmen sollen durch eine detaillierte Bedarfsanalyse mit Kostennutzungsrechnung im ganzen Kontext betrachtet werden, um die richtigen Prioritäten zu setzen.

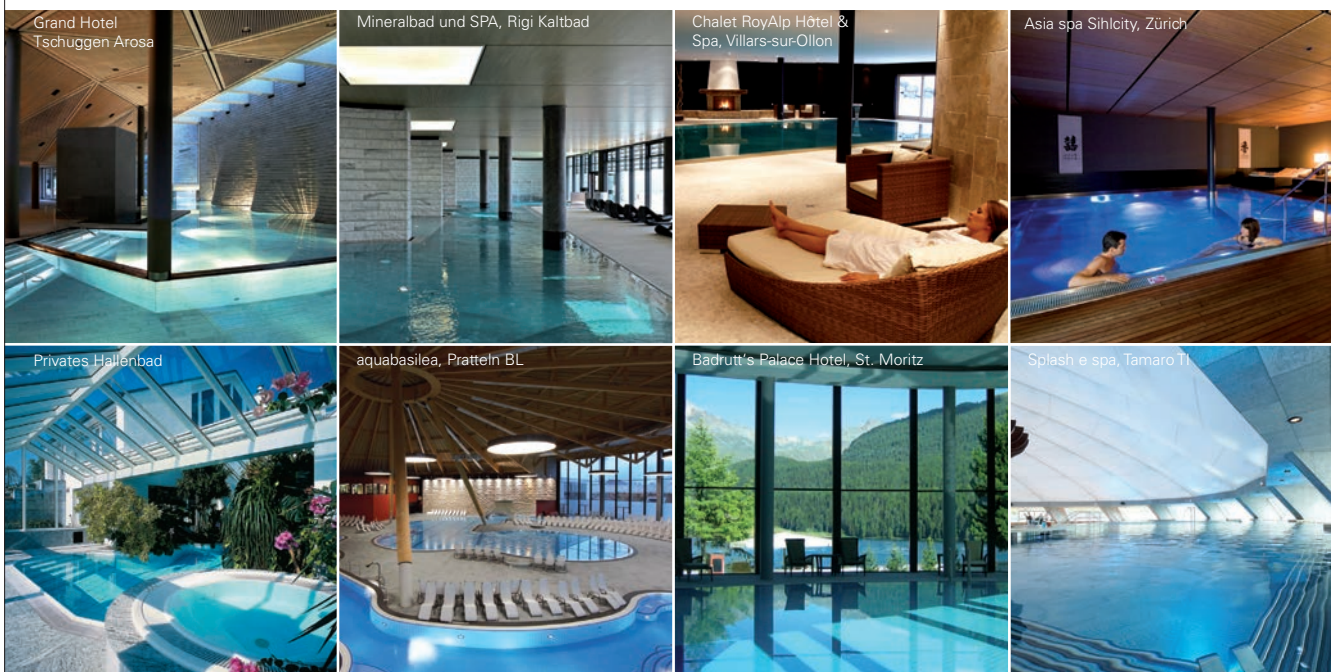
[www.kannewischer.ch](http://www.kannewischer.ch)

HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG  
Schwimmbad und Energietechnik  
Gewerbstrasse 5, 6330 Cham-Zug  
Tel. 041 725 30 50, Fax 041 725 30 60, [info@kannewischer.ch](mailto:info@kannewischer.ch)



**GREEN IS IN THE AIR**

**Seven-Air Gebr. Meyer AG**  
Klimagerätebau, Luzern  
T. 041 249 85 85  
[www.seven-air.com](http://www.seven-air.com)



#### ECOPOOL - System-Klimageräte für Hallenbäder

Private und öffentliche Hallenbäder, Wellness & Spa; Thermal-, Therapie- und Solebäder; für alle Grössen von Bassinflächen und Luftvolumenströmen - ECOPOOL sorgt für ein gutes Klima - auch in Ihrem Hallenbad!