

In Schwimmhallen spielt die Raumlufffeuchte die entscheidende Rolle für ein gutes Raumklima. In der cci-Ausgabe 10/09 wurde am Beispiel des Europabads Karlsruhe gezeigt, wie mit Kondensationsrotoren ein Wohlfühlklima für die Badegäste hergestellt werden kann. Was in kleinen und großen Schwimmbädern zusätzlich zu beachten ist, zeigt der folgende Beitrag.

Feuchte bestimmt Energieverbrauch

Raumlufftechnik in Schwimmhallen – von Uwe Jürgensen

Die Raumluffzustände in einer Schwimmhalle ändern sich durch äußere Einflüsse wie Sonneneinstrahlung, Windeinwirkung, Außentemperatur und durch innere Einflüsse wie Anzahl und Aktivität der anwesenden Badegäste. Der Betrieb von Attraktionen, Wellenbädern, Sportwettkämpfen und Zeiten der Betriebsruhe nehmen zusätzlich Einfluss auf das Raumklima. Grundsätzlich sollte der Raumluffzustand in der Halle möglichst konstant gehalten werden. Hierfür muss die Außenluft ständig überwacht und die aufbereitete Zuluft an die Innenraumverhältnisse angepasst werden.

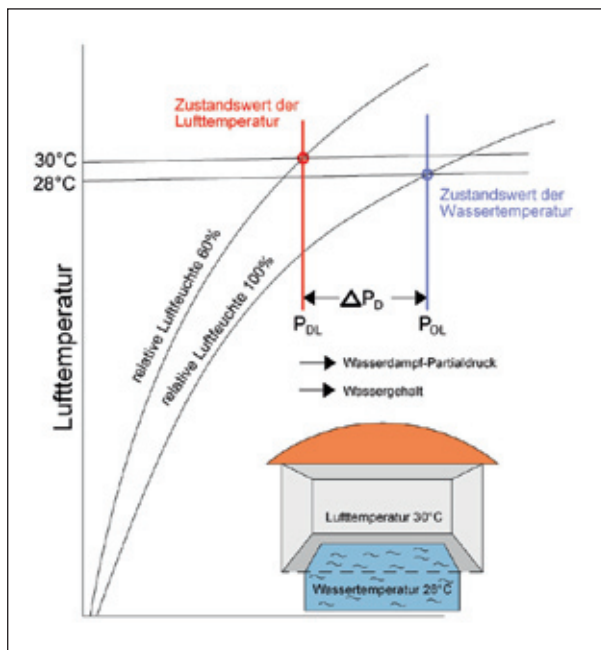
Bei der Planung und im Betrieb des Schwimmbads muss beachtet werden, dass der Energieverbrauch der raumlufftechnischen Anlage nicht allein von der Raumtempera-



Damit sich die Badegäste in der Schwimmhalle wohl fühlen muss vor allem die Raumlufffeuchte beachtet werden. (Abb. Klaus Rossek GmbH, Schwimmbadeinrichtungen)

tur abhängt. In der Vergangenheit wurde nicht hinreichend erkannt, dass im Wesentlichen die Menge des verdunsteten Beckenwassers den Energieverbrauch als Verdampfungswärmeverlust beeinflusst. Die Verdunstungswärme wird zu rund 90 % dem Beckenwasser entzogen und nur zu 10 % der Luft. Die Hallenluft nimmt das ver-

Uwe Jürgensen ist bei der Büchele Lufttechnik GmbH, Karlsruhe, für den Vertrieb von Projekten mit besonderen Anforderungen verantwortlich. Kontakt zum Autor: uwe.juergensen@cci-promotor.de



Die absolute Feuchte der Raumluft ist entscheidend. Je größer die Differenz (delta PD) zwischen dem Wasserdampf-Partialdruck der Raumluft (PDL) und dem der Grenzschicht der Wasseroberfläche (POL) ist, desto mehr Wasser verdunstet und desto mehr Verdampfungswärme wird dem Wasser und der Luft entzogen. (Abb. Lautner Energiesparteknik)

dunstete Wasser mit der gespeicherten latenten Wärme auf und wird über die Lüftungsanlage durch die Abluft abgeführt. Ein hoher Energieverbrauch entsteht insbesondere bei einer niedrigen Außenlufttemperatur und damit geringen absoluten Feuchte der Außenluft. Die aufbereitete trockene Zuluft bewirkt, dass sich ein hohes Dampfdruckgefälle zwischen der Grenzschicht auf der Wasseroberfläche und der Zuluft bildet. Je trockener die Luft ist, desto stärker verdunstet das Wasser und desto größer ist der Wärmeverlust. Mit Hilfe von Wärmerückgewinnungsanlagen ist es möglich, die aus der Schwimmhalle abzuführende warme und feuchte Abluft zur Aufwärmung der kalten Zuluft zu nutzen und damit den Energieverbrauch zur Luftbehandlung erheblich zu reduzieren. Für die unterschiedlichen Arten von Schwimmhallen werden verschiedene Ansätze angewendet, um den Energieverbrauch möglichst gering zu halten. Folgende zwei Arten werden unterschieden:

- Klein-Schwimmhallen, wie Hotel-Schwimmhallen und Privatanlagen mit nur kurzzeitiger Benutzung durch wenige Personen
- öffentliche (kommunale) Schwimmhallen als Großanlagen mit langer Benutzungszeit und hoher Besucherfrequenz

Raumlufttechnik in Klein-Schwimmhallen

Der Außenluftwechsel in Klein-Schwimmhallen dient ausschließlich der Entfeuchtung der Hallenluft. Wird der obere Sollwert der Raumluftfeuchte erreicht, so schaltet sich die Lüftungsanlage ein und ersetzt die feuchte Raumluft durch trockenere Außenluft, die bei Bedarf vorgewärmt wird. Ist der eingestellte untere Grenzwert der Luftfeuchte in der Schwimmhalle erreicht, schaltet sich die Lüftungsanlage wieder aus. Der Lüftungswärmebedarf wird hier ausschließlich durch das verdunstete Beckenwasser verursacht. Insofern tragen alle Maßnahmen, die Verdunstung des Wassers zu verhindern, wirk-

sam zur Energieeinsparung bei, beispielsweise die Abdeckung der Beckenoberfläche mittels schwimmender Matten, Schaumstoffkugeln oder beweglicher Rollos. Möglich sind auch betriebliche und bauliche Maßnahmen, die das Dampfdruckgefälle zwischen der Beckenwasser Oberfläche und der Schwimmhallenluft verringern. Im Betrieb ist zu beachten, dass der Transmissionswärmeverlust durch höhere Raumtemperaturen erheblich geringer ist als der Verlust durch die entzogene Verdampfungswärme durch verdunstetes Wasser. Eine Nachtabsenkung der Raumtemperatur ist daher nicht sinnvoll. Sinkt nämlich die Raumtemperatur, erhöht sich die relative Feuchte, bis der Feuchtegrenzwert erreicht wird, und die Lüftungsanlage ersetzt die Raumluft mit trockener Außenluft. Dadurch wird die Partialdruckdifferenz erhöht und eine stärkere Verdunstung setzt ein, die wiederum Wärme entzieht. Daher sollte bei Nichtbenutzung ein höherer Raumluftfeuchte-Sollwert oder eine höhere Hallenlufttemperatur bei konstanter relativer Feuchte gewählt werden. Im Betrieb führt eine höhere Raumlufttemperatur bei konstanter relativer Luftfeuchte und konstanter Wassertemperaturebene falls zu einem geringeren Partialdruckgefälle und damit zu einer Energieeinsparung.

Zur Wärmerückgewinnung in Klein-Schwimmhallen mit Ein/Aus-Betrieb der Lüftungsanlage bewähren sich Rekuperatoren, insbesondere als einfache Plattenwärmeübertrager. Rotorsysteme, sind in Kleinanlagen nicht sinnvoll, da die raumlufttechnische Anlage hier ausschließlich zur Entfeuchtung und nicht zur Lüfterneuerung benutzt wird.

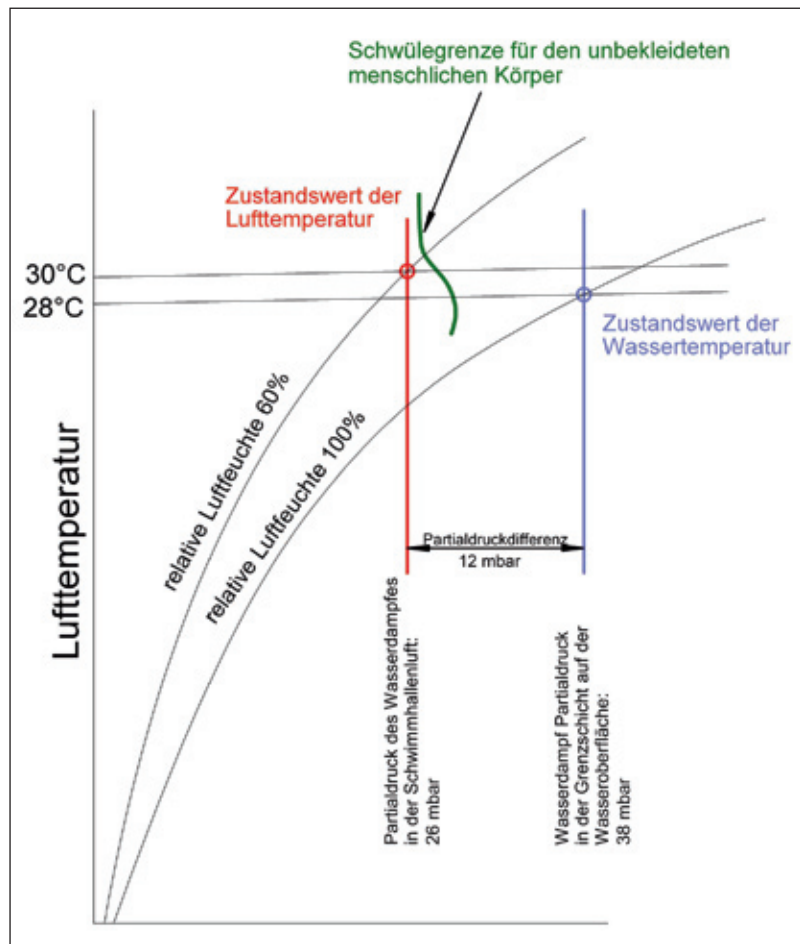
Öffentliche Schwimmhallen

Die Schwimmhallen öffentlicher Schwimmbäder sind gekennzeichnet durch lange Betriebszeiten und

hohe Benutzerfrequenzen. Ein Verdunstungsstopp durch zeitweise Abdeckung der Wasseroberfläche, wie bei Klein-Schwimmbädern, scheitert an dem kurzen Zeitraum des Betriebsstillstands und an der Größe, Anzahl sowie Form der abzudeckenden Wasserflächen mit unterschiedlicher Nutzung, wie Schwimmerbecken, Sprungbecken, Freizeitbecken oder Wellenbad. Daher liegt das Hauptaugenmerk auf den beiden Raumluftparametern Feuchte und Temperatur. Erfahrungsgemäß wird für ein angenehmes Raumklima ein Außenluftwechsel von mindestens 10 m³/h je m² Beckenwasserfläche benötigt. Um zugleich die Wasserverdunstung und den Energieverbrauch niedrig zu halten, muss die Differenz des Wasserdampfdruckes zwischen der Wasseroberfläche und der Hallenluft so gering wie möglich gehalten werden. In der Halle sollte daher grundsätzlich der bauphysikalisch höchstmögliche Luftfeuchtwert gehalten werden, auch bei niedriger Außenluftfeuchte. Dies setzt neben dem erforderlichen Außenluftwechsel eine hinreichend gute Wärmedämmung der Wände, Fenster, Decken und Fußboden der Halle sowie eine Feuchterückgewinnung voraus.

Wohlbefinden der Badegäste herstellen

Welche Sollwerte letztendlich in der Schwimmhalle eingestellt werden, richtet sich allerdings nach den Badegästen, die sich nur mit Badebekleidung in der Halle aufhalten. Das Partialdruckgefälle zwischen Luft und Wasseroberfläche in der Halle wirkt sich unmittelbar auf das Wohlbefinden des Gastes ein. Im Hallenbad gibt der Körper sensible und latente Wärme nicht nur äußerlich an der Hautoberfläche ab, sondern auch durch die Atmung. Der Wärmeaustausch mit der Umgebung geschieht teils durch Konvektion und Leitung so-



Im h, x-Diagramm ist die Schwülegrenze für den unbedeckten menschlichen Körper dargestellt. Wird diese Grenze überschritten, so wird die thermische Behaglichkeit des Badenden durch verminderte Auskühlung gestört. Die Behaglichkeit ist ständigen und dynamischen Störgrößen unterworfen. Störgrößen sind die Außentemperatur und -feuchte, die Sonneneinstrahlung auf das Bauwerk (meist große Fensterflächen) und die Anzahl und Aktivität der Badegäste. (Abb. Lautner Energiespartechnik)

wie zu einem großen Teil durch Strahlung. Der Wärmehaushalt eines unbedeckten menschlichen Körpers ohne starke Leistungsbeanspruchung teilt sich wie folgt auf:

- 32 % Wasserverdunstung und Atmungswärme
- 26 % Strömung und Leitung
- 42 % Strahlung

Ist die körperliche Behaglichkeit gestört, wirkt sich das auf die Funktion des menschlichen Organismus aus. Übermäßige Wärme beispielsweise bewirkt Müdigkeit und Schläfrigkeit und als Folge geringere körperliche und geistige Leistungsfähigkeit. Eine körperliche Abkühlung führt hingegen zu erhöhtem Bewegungsdrang und zu verminderter Konzentrationsfähig-

keit. Die Wärme kann ein Mensch fühlen, um die Luftfeuchtigkeit unmittelbar wahrzunehmen besitzt er allerdings kein Sinnesorgan. Die Feuchte macht sich nur über den Wasserdampf-Partialdruck bemerkbar. Ein zu geringer Wasserdampf-Partialdruck in der Schwimmhallenluft lässt Wassertropfen auf der unbedeckten Hautoberfläche der Gäste schneller verdunsten und entzieht dem Körper Wärme. Es entsteht ein Kältegefühl und ein Bedürfnis nach einer höheren Raumlufttemperatur. In der Praxis wird in Schwimmhallen daher oft bei tiefen Außentemperaturen mit einer geringen absoluten Feuchte mit einer hohen Lufttemperatur gearbeitet, um das Kältegefühl auszugleichen. Der Energieverbrauch steigt dadurch enorm.