



*Im Bamberger Erlebnisbad Bambados wird seit Jahren umweltfreundlich geplänscht.*

## EFFIZIENTER BADEN

Schwimmbäder in Passivhausbauweise von Andreas Nordhoff

Schwimmbäder haben ob ihrer ganzjährig hohen Raumtemperatur einen ca. zwei- bis dreifach höheren Wärmeverlust über die thermische Gebäudehülle als Wohnhäuser. Außerdem geht sehr viel Wärme über die Wasseroberfläche durch Verdunstung an die Raumluft verloren, die in der Regel nicht rückgewonnen wird und dann als Wasserdampf das Gebäude verlässt.

Bei konventioneller Bauweise gibt es viele Wärmebrücken, an denen die feuchtwarme Raumluft kondensiert und Bauschäden und Schimmel verursachen kann. Um dies zu verhindern, wird die Raumluft mehrmals in der Stunde durch Lüftungsanlagen ausgetauscht. Untergeordnet, aber nicht zu vernachlässigen, ist der Duschwarmwasserbedarf, der zumeist mit Temperaturen von  $> 70\text{ °C}$  erzeugt wird.

Diese vier Punkte (hohe Raumtemperatur, hohe Verdunstung, hoher Luftaustausch und Duschwarmwasser) sind Kernpunkte bei der Optimierung von Hallenschwimmbädern und werden nachfolgend vom Grundsatz her dargestellt. Ziel jeder Schwimmbadplanung sollte sein, den spezifischen Jahresheizwärmebedarf, aber auch den Energieverbrauch durch Ventilatoren und Warmwasserbereitung auf den Passivhausstandard zu reduzieren.

### Bauliche Maßnahmen

Hier sollte, neben der sehr guten opaken thermischen Gebäudehülle ( $U\text{-Wert} < 0,1\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  für das kühl-gemäßigte Klima in Deutschland) auch besonderer Wert auf sehr gute Fenster gelegt werden. Da sich die Auswahl der Anbieter von Vierfachverglasung auf wenige Firmen in Europa reduziert und damit der Preis noch zu hoch ist, sind zwei Dreifachfenster als Kastenfenster zu empfehlen. Mit Argon gefüllten Gläsern mit einem  $g\text{-Wert}$  von 62 %, einem  $U_{g\text{-Wert}}$  von  $0,53\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  und einem Durchlassgrad für sichtbares Licht  $T_v = 77\%$  ist die Schwachstelle Fenster gut gelöst. Dieses recht neue Glas ist gegenüber anderen Dreifachgläsern nur ca. 7-10 €/m<sup>2</sup> teurer, liefert aber neben dem sehr guten  $U\text{-Wert}$  auch insbesondere auf der Gewinnseite ( $g$  und  $T_v$ ) signifikante Vorteile. Zudem können durch die Kastenform auch die Laibungswärmebrücken vermieden werden, sodass auf die übliche Lüftung vor den Scheiben verzichtet werden kann.

### Verdunstungsverluste

Jeder Liter Wasser, der verdunstet (= verdampft), benötigt 0,63 kWh Heizenergie. Bei einem Kubikmeter täglich sind dies bei 365 Tagen jährlichem Betrieb  $630 \times 365 = 230\,000\text{ kWh}$ . Dabei sind die Verdunstungsverluste sehr unterschiedlich. Sie hängen maßgeblich von den folgenden Parametern ab: Partialdruckunterschied, Wassertemperatur, Wasserbewegung, Nutzungszeiten, Abdeckung bei Nichtnutzung.

**Der Partialdruckunterschied** bezieht sich immer auf die Grenzschicht zwischen Wasseroberfläche und den Luftmolekülen direkt darüber. Wenn in den Luftmolekülen direkt über dem Wasser kein Platz mehr ist für Wasserdampfmoleküle, d. h., wenn diese gesättigt sind, ist der Partialdruckunterschied gleich Null. In Folge müsste die gesamte Raumluft auch 100 % gesättigt sein, da die Wasserdampfmoleküle sich ganz schnell ausbreiten (Partialdruckausgleich). Eine Raumluftfeuchte von 100 % bei Schwimmbadlufttemperatur wäre ein subtropisches

Klima. Das wäre einerseits unbehaglich und andererseits würde sich die feuchte Raumluft an jeder Stelle der Oberflächen, die unter der Raumlufttemperatur liegt, niederschlagen bzw. kondensieren. Genau dieses Problem sollte, um Schäden an der Konstruktion zu vermeiden und Schimmelpilzen keine Chance zu geben, vermieden werden. Wenn es keine organischen Oberflächen gibt und auch kein Kondensat entstehen kann, könnte bautechnisch die Raumluftfeuchte auch deutlich über 70 % liegen. Freilich sind auch 70 % weit über den üblichen 40-50 %. Die Verdunstung und damit der Energieverbrauch sinkt in erster Näherung proportional mit zunehmender Raumluftfeuchte.

**Zur Wassertemperatur:** Jeder weiß, dass warmes Wasser schneller verdunstet bzw. verdampft als kühles Wasser. Allerdings ist die Beckenwassertemperatur in der Regel nicht kurzfristig, z. B. für die Nachtzeit, absenkbar. Hier gilt es grundsätzlich eine überhöhte Temperatur zu vermeiden. Die Wärmeverluste durch Wärmeleitung der Beckenwände und Beckenböden sind mit ca. 10 % gegenüber 90 % durch Verdunstung sehr gering, jedoch ebenfalls nicht zu vernachlässigen.

**Bei der Wasserbewegung** geht es um die aktive Oberfläche, wie so oft in der Natur. Die Verdunstung einer bewegten Wasseroberfläche kann schnell um das Mehrfache einer ruhenden Wasseroberfläche steigen. Jeder, der Überflutungsrinnen am Rande des Beckens kennt, ahnt jetzt: Dort geht womöglich genauso viel Energie verloren wie über die wesentlich größere Wasserbeckenfläche. Deshalb sollten Überflutungsrinnen zumindest bei Nichtnutzung auch nicht mit Wasser durchströmt werden.

**Nutzungszeiten und Abdeckungen:** Diese sind bei mehreren Becken ggf. unterschiedlich. So sind für Vereinssport meist auch nur die Sportbecken notwendig. Kinderbecken etc. können dann abgedeckt werden. Ja, Abdeckungen sind das entscheidende Kriterium, um Verdunstungsverluste zu reduzieren. Interessant sind Hubbodenbecken. Diese gibt es mit Löchern oder mit einem Randspalt. Die gelochten sind schneller in der Höhe zu verstellen, weisen jedoch noch nennenswerte Verdunstungsverluste auf, während ein Randspalt nur minimale Verdunstung zulässt. Da die Umstellgeschwindigkeit fast nie eine Rolle spielt, kann der energetisch sinnvolle Randspalt auch fast immer eingesetzt werden.

## Lüftung

Wenn die o. g. Maßnahmen gut umgesetzt werden, kann sich der notwendige Luftwechsel nahezu auf die Personenanzahl reduzieren. Anstatt einige 10 000 m<sup>3</sup>/h sind dann nur noch einige 1000 m<sup>3</sup>/h für ein übliches Schulschwimmbad notwendig. Der „Teufelskreis“ (EnEV-Gebäudehülle > Kondensationsvermeidung > große Luftmengen > keine Abdeckungen = noch größere Luftmengen > noch größere Verdunstung > noch größere Luftmengen ...) kann unterbrochen werden. Um bei sehr starker Nutzung eine Überfeuchtung zu vermeiden, sind Umluftentfeuchter einzuplanen. Diese können im Hallenbad aufgestellt werden, entweder mobil oder fest installiert. Da diese nur wenige Stunden des Jahres eingesetzt werden, ist deren Stromverbrauch auch nur minimal.

Nicht zu vergessen, da selbstverständlich: Die Wärmerückgewinnung sollte auch eine Feuchterückgewinnung besitzen. An dieser Stelle zu sparen, ist unwirtschaftlich. Zu empfehlen sind

Geräte mit einem Wärmebereitstellungsgrad von über 90 %. Interessant ist auch die Möglichkeit einer Ionisation (vgl. S. 112f.) und einer Ozonierung (diese könnte bei Bedenken ja in den Nichtnutzungszeiten aktiviert werden). Die Luft wird so gesundheitlich aufgewertet (Ionisation) und mögliche Keime werden reduziert (Ozonierung).

## Warmwasserzirkulationsverluste

Ein im Warmwasserzirkulationskreislauf (Bypass = Parallelstrom) eingesetzter sehr feiner Filter mit einer Maschenweite von 0,02 µm filtert Keime (z. B. Legionellen) aus dem Kreislauf. Eine signifikante Absenkung der Warmwassertemperatur ist möglich. Einsparungen, insbesondere wenn die Warmwasserbereitung mit einer Wärmepumpe geschehen soll, sind möglich.

## Energieerzeugung

Vor allem sollte die Erkenntnis vorhanden sein, dass eigentlich 43 °C eine ausreichende Temperatur sein sollte für Heizung, Beckenwasser und Duschwasser. Nun bleibt die Frage nach den Tauscherverlusten. Die bekannten sehr guten Systeme benötigen lediglich 2-3 K mehr, d. h., unser Energieerzeuger bräuchte eigentlich nur ca. 45 °C zu liefern. Bislang schien die Erzeugung mittels BHKW immer als die sinnvollste (+ Zusatzkessel). Das kann auch nach wie vor sein, jedoch sind nunmehr auch Wärmepumpe und solarthermische Anlagen mit Photovoltaik als Stromlieferant eine sehr gute Alternative – insbesondere vor dem Hintergrund, dass diese Systeme sich aus 100 % regenerativen Primärenergien speisen lassen. Natürlich ist auch die Holzverfeuerung nicht ausgeschlossen.

## Zusammenfassung

Die Anlagentechnik wird kleiner, aber auch interessanter. Die TGA-Räume werden ebenfalls kleiner, dafür wird die Dämmung dicker, und aus Dreifach- wird Sechsfachverglasung. Beckenabdeckung – wann immer es geht – und Ultrafiltration zur Entkeimung des Trinkwarmwassers sind sehr effektive Maßnahmen. Der Energieerzeugung stehen neue Kombinationen zur Verfügung, da die maximal notwendige Temperatur ca. 45 °C betragen muss.

Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit lässt sich schnell beantworten: Wenn Passivhäuser bereits im Wohnungsbau wirtschaftlich sind, werden die möglichen Mehrkosten (so diese überhaupt auftreten) durch die signifikanten Energiekosteneinsparungen bei richtiger Planung bereits vom ersten Tage an finanziert. Warum nicht alle Schwimmbäder als Passivhäuser gebaut werden, kann nur mit der Unwissenheit über die Zusammenhänge erklärt werden.



ANDREAS NORDHOFF

Dipl. Ing., Gründer des IBN (Institut für Bauen und Nachhaltigkeit). IBN berät seit 1996 Baufachleute und Bauherren, begleitet größere PH-Planungen bis zu fünf Jahren nach Fertigstellung (Monitoring) und bietet Weiterbildungen zum zertifizierten Passivhausplaner an. [www.ibn-passivhaus.de](http://www.ibn-passivhaus.de)