

Wie sich Hallenbäder energieeffizient bauen und betreiben lassen – eine Herausforderung in Zeiten der Energiewende

Öffentliche Bäder – Hallen-, Thermal- und Freizeitbäder – werden von vielen Bürgern als wichtiger Teil der Infrastruktur von Städten und Gemeinden besonders geschätzt. Deren Bau und Betrieb ist wegen ihrer anspruchsvollen und energieintensiven Technik meist aufwändig und teuer. Aus diesem Grunde stellen Bäder in Zeiten knapper öffentlicher Haushalte und beim Ziel, auch auf kommunaler Ebene zum Klimaschutz beizutragen, eine besondere ingenieurtechnische Herausforderung dar. Planungsingenieure suchen deshalb nach geeigneten Wegen, mithilfe von Techniken der Wärmerückgewinnung, mit Blockheizkraftwerken und mit Wärmepumpen die Energieversorgung von Bädern zukunftssicher zu gestalten.

Deshalb traf am 15. November 2023 beim **Kolloquium der Fakultät Angewandte Wissenschaften, Energie- und Gebäudetechnik (NG)** der Hochschule Esslingen der Vortrag **“Energieversorgung für Thermalbäder in Zeiten der Energiewende“** auf großes Interesse: Über 100 Zuhörer folgten den Ausführungen von **Andreas Debus**, dem Geschäftsführer der Kannewischer Ingenieurgesellschaft mbH in Baden-Baden, zu diesem Thema, zu dem **NG-Professor Dr.-Ing. Werner Braun** eingeladen hatte.

Der Vortragende berichtete zunächst, dass das Unternehmen Kannewischer die technische Gebäudeausrüstung von über 300 öffentlichen Hallen- und Freibädern, Kombibädern sowie Erholungs- und Gesundheitsbädern geplant habe und daneben auch für die Betriebsführung von Bädern zuständig sei. Weiter verwies er auf eine Reihe von Referenzprojekten wie den Neubau der Therme Lindau, den Neubau des Hallensportbads Biberach, die Modernisierung des Gesundheitszentrums Federsee in Bad Buchau sowie den Neubau des Kombibads Offenburg.

Sorgfältige ingenieurtechnische Planung entscheidend

Andreas Debus verdeutlichte, dass eine sorgfältige Planung die Grundlage für den betrieblichen Erfolg bei der Bäderbewirtschaftung sei: Es gehe dabei um die Erarbeitung der Zielausrichtung des Bades, die verfügbaren Finanzmittel und die Kenntnis der Auswirkungen auf das operative Betriebsergebnis, das von der Zahl der jährlichen Besucher, der Einnahmenstruktur, dem Personalaufwand, den Energiekosten und dem Instandhaltungsaufwand abhängt. Vor einer Planung sei es oft sinnvoll, eine Sanierungsstudie und eine Machbarkeits- oder Wirtschaftlichkeitsstudie zu erstellen.

Andreas Debus beschrieb im Weiteren den Weg des Badegastes zu Wohlempfinden und Behaglichkeit. Die Wohlfühlfaktoren seien von Temperatur und relativer Luftfeuchte der folgenden Bäderbereiche abhängig: der Eingangshalle (20 °C), der Umkleide (26 °C), den Duschen (28 °C), der Badehalle (32 °C, 55 % relative Feuchte) und etwa auch der Sauna (26 – 28 °C, 55 % relative Feuchte).

Bei der Planung sei die Kenntnis der Betriebsverbräuche bei Wärme und Strom entscheidend: Auf die Wärme entfielen rund 50 bis 70 % des gesamten Energieverbrauchs; die Anteile daran stellten sich wie folgt dar: Brauchwasser 15 bis 30 %, Badewasser 40 bis 50 %, Lüftungstechnik 20 bis 30 %, beheizte Flächen 10 bis 20 %.

Der Verbrauch an elektrischer Energie belaufe sich auf 30 bis 50 % des gesamten Energieverbrauchs; davon seien die Beleuchtung mit 30 bis 40 %, die technischen Anlagen mit 50 bis 60 %, die Wasserattraktionen mit 10 bis 20 % sowie die Informations- und Kommunikationstechnik mit 1 bis 5 % beteiligt.

Der Wärmerückgewinnung komme eine wesentliche Bedeutung zu: So sei bei Hallenbädern mit Umluftbetrieb mit folgenden Verbrauchswerten zu rechnen: ohne Wärmerückgewinnung 150 Kilowattstunden je Kubikmeter Raum und Jahr ($\text{kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$), mit Luft-Wärmerückgewinnung 120 $\text{kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$, mit zusätzlicher Badewasser-Wärmerückgewinnung 110 $\text{kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$, mit zusätzlicher Duschwasser-Wärmerückgewinnung 100 $\text{kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$ sowie mit bedarfsangepasster Integration aller Systeme 80 $\text{kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$. Dies bedeute bei Nutzung aller genannter Möglichkeiten einen Rückgang des spezifischen Wärmebedarfs auf etwa die Hälfte.

Der jährliche Energiebedarf eines Beispiel-Hallenbades mit einer Kubatur von 33.000 m^3 und einer Wasserfläche von 950 m^2 stelle sich in der folgenden Weise dar: Badewasser 1,7 Millionen Kilowattstunden je Jahr (1,7 Mio kWh/a), Lüftung 0,45 Mio kWh/a , Heizung (Transmission) 0,4 Mio kWh/a ,

Warmwasserbereitung 0,63 Mio kWh/a, zusammen 3,18 Mio kWh/a. Der spezifische Energiebedarf belaufe sich auf etwa 95 kWh/(m³ a). Würde dieses Hallenbad um ein auf 34 °C temperiertes Warmaußenbecken von 200 m² Fläche ergänzt, führe dies mit weiteren 2,0 Mio kWh/a zu einem stark erhöhten Gesamtenergiebedarf von 5,18 Mio kWh/a bzw. zu einem spezifischen Energiebedarf von rund 160 kWh/(m³ a). Deshalb sollte von einem zusätzlichen Warm-Außenbecken bei Planungen möglichst abgesehen werden.

Bei einer Systemoptimierung sei abzuklären, ob eine Sanierung möglich oder ein Neubau nahegelegt sei. Der Platzbedarf, die Wirtschaftlichkeit der Anlagensysteme für das Projekt, die ökologische Betrachtung, die Auswertung von Standortfaktoren, die Erarbeitung des energetischen Gesamtkonzepts und die Berücksichtigung der Preisentwicklung für Strom und der Energien für die Wärmebereitstellung gehörten zu den Planungsschwerpunkten.

Meist seien die Attraktivität und der Energiebedarf konträr zueinander: Unterschiedliche Beckenwassertemperaturen benötigten unterschiedliche Beckenwasserkreisläufe mit entsprechendem Investitionsaufwand; die Attraktivität der Anlage sei direkt gekoppelt an den Energiebedarf.

Wärmeübertrager und Wärmepumpen zur Wärmerückgewinnung

Ein wirksames Energiekonzept zur maximalen Verminderung des notwendigen Primärenergiebedarfs umfasse im Einzelnen:

bei der Lüftung: alle raumlufttechnischen (RLT)-Geräte mit interner Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager, die RLT-Geräte der Badehallen mit Entfeuchtungswärmepumpe, das RLT-Gerät im Bereich Technik mit Fortluft-Wärmepumpe sowie eine betriebliche Auslegung nach tatsächlicher Verdunstungsleistung

im Sanitärbereich: eine Abwärmenutzung mit Wärmepumpe aus den Duschen

im Badewasserbereich: eine Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager beim Stetszulauf / Stetsablauf, eine Wärmerückgewinnung aus Spülabwasser mit Wärmepumpe, eine Reduzierung der Abwassermenge durch Spülabwasseraufbereitung, eine Beckenabdeckung oder ein Absenkbecken bei Warmaußenbecken, eine Optimierung von Wasserattraktionen, die Nutzung von PV-Modulen zur ergänzenden Stromerzeugung und von Solarkollektoren zur ergänzenden Wärmeeinspeisung in Heizungsnetz

Andreas Debus benannte als Ergebnis einer umfassenden Jahres-Simulation, dass mit den genannten Maßnahmen gegenüber dem jetzigen Stand der Technik, bei dem mit einem Jahres-Wärmeverbrauch von 4,2 Mio kWh/a zu rechnen sei, eine Verringerung auf 2,7 Mio kWh/a erreicht werden könne. Dies entspreche einer Einsparung von rund 36 %.

Für die Erstellung eines Energie- und Wärmekonzepts seien die folgenden Schlüsselfaktoren ausschlaggebend: ein sorgfältiges Projektkonzept hinsichtlich der erforderlichen Größe sowie eine genaue Energiebedarfsermittlung mit einer nachhaltigen Dimensionierung entsprechend dem Bedarf, eine frühe Betriebskostenprognose, eine möglichst gute Energieeffizienz durch qualitativ hochwertige Anlagen, eine korrekte, gewerkeübergreifende Dimensionierung, eine Wärmerückgewinnung bei allen Gewerken, eine Abwasseraufbereitung und Entwärmung sowie eine funktionale Architektur und Bauphysik.

Untersuchung eines Beispiel-Wärmekonzepts: Basis mit 7 weiteren Varianten

Andreas Debus stellte sodann die geordnete Jahresdauerlinie für das Beispiel-Wärmekonzept in einem Testreferenz-Jahr vor; dabei sei von einer höchsten Wärmeleistung von 1700 kW auszugehen, wobei Gleichzeitigkeiten der Verbraucher berücksichtigt seien. Der gesamte Jahreswärmebedarf von 3,2 Mio kWh/a schlüssle sich in 0,25 Mio kWh/a für die Warmwasserbereitung, in 1,44 Mio kWh/a für die Innenbecken, in 0,03 Mio kWh/a für den Frischwasserzusatz und in 1,48 Mio kWh/a für Lüftung und Transmission auf. Der Bedarf für Lüftung und Transmission sei jahreszeitlich unterschiedlich, die anderen Bedarfswerte etwa gleichbleibend.

Für das gewählte Beispiel-Wärmekonzept erläuterte der Vortragende die Ergebnisse einer „klassischen“ Basisvariante sowie von 7 zusätzlichen Varianten. Während bei der kostengünstigen Basisvariante die Wärmeversorgung im Wesentlichen über Nahwärme bzw. Spitzenkessel sowie mit einem dezentralen Erdgas-Blockheizkraftwerk (BHKW mit gekoppelter Wärme- und Stromerzeugung) erfolge, stellten sich die 7 zusätzlichen Varianten wie folgt dar:

- Holz / Feststoffverbrennung von nachwachsenden Rohstoffen
- 100 % Geothermie
- Geothermie, Abwärme aus der Industrie
- Geothermie, BHKW, Gas
- Geothermie, BHKW, Öl
- Geothermie, BHKW, Feststoffverbrennung von nachwachsenden Rohstoffen
- Geothermie, Wärmepumpe, BHKW, Gas

Die Untersuchung habe zur folgenden Projektempfehlung geführt:

- Je nach Investitionskosten und Verfügbarkeit (Fläche, Raum, Zeit) komme sowohl eine klassische Wärmeerzeugung, die Integration von Wärmepumpen als auch die Wärmeeinbindung aus einem Nahwärmeverbund in Betracht.
- Unter wirtschaftlichen und geologischen Gesichtspunkten sei am untersuchten Standort wegen der hohen Stromkosten in Deutschland eine reine Wärmepumpenlösung nicht darstellbar.
- Die Mehr-Investitionskosten für die Wärmepumpenlösungen seien häufig allein über die Energiekosten nicht amortisierbar.
- Je ökologischer die Energieerzeugung gewählt werde, desto teurer sei sie in der Investition und aktuell auch im Betrieb.
- Die Varianten mit Geothermie, BHKW und Gas-Spitzenlastkessel seien aus ökologischer Sicht die nachhaltigsten und für die mittelfristige Zukunft flexibelsten Lösungen. Die Geothermienutzung sei auf dem betrachteten Grundstück darstellbar, und die klassischen Systembestandteile BHKW und Gaskessel seien kostengünstig und mittelfristig austauschbar.

Als Fazit benannte Andreas Debus:

- Eine ökologische Wärmeerzeugung stehe auch für Bäder immer mehr im Blickpunkt.
- Notwendig sei eine genaue Projekt- und Standortbetrachtung.
- Wegen des hohen ganzjährigen Wärmebedarfs von Bädern sei eine reine CO₂-freie Wärmeerzeugung aktuell nur an wenigen Standorten vorstellbar.
- Hybride Lösungen mit mehreren Techniken seien gefragt.
- Es sei mit genehmigungsrechtlichen Herausforderungen zu rechnen.
- Wirtschaftliche Wärmepumpen-Lösungen seien aktuell nicht darstellbar.

Text: Prof. Dr.-Ing. Martin Dehli

Verantwortlich: Prof. Dr.-Ing. Werner Braun

Bilder:



Bild 1: Hallenbäder: für Gesundheit, Entspannung und Sport (Bild: Kannewischer Ingenieurgesellschaft mbH)



Bild 2: Hallenbad-Neubau (Bild: Kannewischer Ingenieurgesellschaft mbH)



Bild 3: Anspruchsvolle Bädertechnik (Bild: Kannewischer Ingenieurgesellschaft mbH)



Bild 4: Energieeffiziente Wärmerückgewinnung in Hallenbädern (Bild: Kannewischer Ingenieurgesellschaft mbH)