
Energie- und wassersparende Maßnahmen in Bädern

Günter Schlesiger

0 Vorbemerkung

Im Jahre 1987 veröffentlichte das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) zum ersten Mal eine Planungshilfe für Architekten und Ingenieure mit dem Titel „Rationelle Energieverwendung in Hallen- und Freibädern“. In ihr wurden, bestimmt für die Anwendung für kommunale Hallen- und Freibäder, u.a. Energieverbrauch, wirtschaftliche Energieverwendung, Wärmerückgewinnung aus Luft und Wasser sowie ein breites Spektrum solartechnischer Details beschrieben, wobei vor allem auch auf Erfahrungen und Ergebnisse eines EG-BMfT-Demonstrationsvorhabens zurückgegriffen werden konnte, dessen Projektleitung für die in Deutschland ausgeführten Maßnahmen beim BISp gelegen hatte.

Wesentliche Ergebnisse des Projektes - insgesamt wurden vier Freibäder und ein Hallenbad mit entsprechenden Anlagen und Messeinrichtungen ausgestattet und über einen längeren Zeitraum untersucht - waren u.a. neue Berechnungswerte für die Dimensionierung von Solarflächen, bezogen auf einen Quadratmeter Beckenwasserfläche in Freibädern, man war zuvor von einem Faktor von nahezu 1 ausgegangen, und die Erkenntnis, dass die bis dahin angenommenen Verdunstungswerte in normalen Hallenbädern, also solchen Bädern, die keinerlei freizeitorientierte Wasserattraktionen enthalten, niedriger angesetzt werden konnten.

Um der nach wie vor bestehenden Nachfrage nach dieser Veröffentlichung und auch der Notwendigkeit einer Überarbeitung zu entsprechen, wurde eine Wiederaufnahme des Themas beschlossen. Es wurde als Untersuchungsauftrag ausgeschrieben und nach Auswertung der Angebote an das Ingenieurbüro IST in Kändern vergeben. Während des Untersuchungs- und Bearbeitungszeitraumes wurde das Projekt von einem imBäderbereich tätigen Expertenkreis begleitet. Die Ergebnisse liegen nunmehr vor und werden im Laufe des Jahres 2002 in der Schriftenreihe des BISp unter dem Titel B2/02 „Energie- und wassersparende Maßnahmen in Bädern“ erscheinen.

1 Thematischer Umfang

Die vorliegende Untersuchung beschreibt den Energie-, Wasser- und Betriebsmittelverbrauch, eine effiziente Energieerzeugung und rationelle Energieverwendung sowie die rationelle Wasserverwendung und den Chemikalieneinsatz beim Betrieb von Hallen- und Freibädern. Zum ersten Mal werden Möglichkeiten der Solararchitektur und der Verwendung

nachwachsender Rohstoffe beschrieben, d.h. der Einsatz zum Beispiel der transparenten Wärmedämmung (TWD) oder von Holzhackschnitzelanlagen.

2 Zum Inhalt

Grundsätzlich muss nach den Bäderarten Hallenbad, Freibad und Hallen-Freibad, oft zusätzlich auch in Form sogenannter „Freizeitorientierung“, unterschieden werden, da neben den Funktions- und Bauweisen auch die Betriebsformen, und damit die Faktoren, die die Verbrauchsarten und Verbrauchsdaten beeinflussen, sehr unterschiedlich sein können.

Von allen Gebäuden, welche die öffentliche Hand betreibt, sind Hallenbäder und Freibäder am kostenintensivsten. Von den Betriebskosten, die für ein öffentliches Bad aufzuwenden sind, entfallen z.B. bei den Hallenbädern rund 30% auf den Energie- und Wasserverbrauch. Neben den Personalkosten mit weiteren ca. 50% stehen als dritte große Kostengruppe die Unterhaltskosten für Gebäude und technische Anlagen mit ca. 20% an. Für Freibäder betragen diese Anteile sinngemäß 30, 40 und 20%.

In einem ersten Abschnitt wird die Heizlast (physikalisch: Leistung) behandelt. Sie beeinflusst den späteren Energieverbrauch wesentlich und muss darum bei der Planung der gebäudetechnischen Anlagen genau berücksichtigt werden. Der elektrische Energieverbrauch (physikalisch: Arbeit) wird in einem zweiten Teil behandelt. Er ist sowohl für das Planungsstadium als auch für den späteren Betrieb von Bedeutung. Die elektrische Anschlussleistung eines Bades ist eher von untergeordneter Bedeutung und beeinflusst die Investitionskosten relativ geringfügig. Es sind jedoch auch Fälle denkbar, in denen eine Überschreitung einer vorgegebenen Anschlussleistung sehr hohe Zusatzinvestitionen, z.B. einer eigenen Trafostation, verursacht. Beim Wasserverbrauch ist der Verbrauch, analog zum Stromverbrauch, das für die Planung und den Betrieb wichtige Kriterium.

Die in ein Bad eingebrachte Energie in Form von Wärme und Strom muss aus wirtschaftlichen, mittlerweile in verstärktem Maße auch aus ökologischen Gründen, optimal genutzt werden. Da die technischen Maßnahmen zur Energieausnutzung mit erheblichen Investitionen verbunden sind, muss im Planungsfall stets eine differenzierte Gegenüberstellung der finanziellen Aufwendungen und Einsparungen erfolgen. Bei der Umsetzung oder Optimierung einer Einzelmaßnahme können sich vordergründig wohl Einsparungen ergeben, die bei genauerer Betrachtung jedoch zu einer Verteuerung an anderer Stelle führen können. Als Beispiel sei hier der Einbau einer Wärmepumpen-Anlage für die Hallenluft-Entfeuchtung erwähnt, der bei mangelhafter Abstimmung mit anderen Gewerken dazu führen kann, dass die anfallende Wärme nicht optimal genutzt werden kann oder die beim Energieversorgungsunternehmen (EVU) bestellte elektrische Leistung überschritten wird. Diesem Gedanken der

Gesamtoptimierung, die eine der ureigensten Ingenieurleistungen ist, wird an verschiedenen Stellen der Untersuchung Rechnung getragen. Um sie kompetent durchführen zu können, ist es unbedingt notwendig, alle technischen Anlagen eines Bades aus einer Hand untersuchen bzw. planen zu lassen, um die notwendige Abstimmung der einzelnen technischen Gewerke sicherzustellen.

Ein weiteres Ziel muss es sein, den Energiehaushalt eines Bades dahingehend zu optimieren, dass nur ein Minimum an Energie zugekauft werden muss. Zunächst muss bei bestehenden Bädern der Energie- und Wasserverbrauch in Abhängigkeit vom Betriebskonzept ermittelt werden. Bei Neubauten gilt es, auf der Grundlage des architektonischen Entwurfes den künftigen Verbrauch zu schätzen. Für diesen ersten Schritt werden in der Untersuchung konkrete Hilfen für die Ermittlung des Energie-, Wasser- und Betriebsmittelverbrauchs anhand von Kennzahlen gegeben. Im nächsten Schritt müssen diese Verbräuche auf das absolut notwendige Maß reduziert werden, z.B. kann durch Wärmerückgewinnungsmaßnahmen ein Teil der Abwärme wieder verwendet werden, auch Systeme zur Mehrfachnutzung und Wiederaufbereitung von Abwässern sind bereits einsatzreif. Als letzter Schritt gilt es, den dann noch verbleibenden Energie- und Wasserverbrauch möglichst umweltschonend, aber auch wirtschaftlich bereitzustellen. Dies kann beispielsweise durch die Nutzung regenerativer Energiesysteme erfolgen.

In vielen freizeitorientierten Hallenbädern gibt es neben dem eigentlichen Schwimmbadangebot in der Regel auch Saunen, Solarien, Fitness-Räume, Restaurants oder Cafés. Diese Bereiche müssen bei der Planung jeweils gesondert betrachtet werden, da sie individuelle Betriebszeiten und Verbrauchseigenschaften aufweisen und daher auch ganz spezifische Lösungen erfordern.

Die Untersuchungen zum Energie-, Wasser und Betriebsmittelverbrauch gliedern sich bei der Heizlast in solche für die Transmissions- und Lüftungsheizlast sowie die Heizlast zur Beckenwasser- und Brauchwassererwärmung. Hierfür werden Formelansätze genannt oder auf einschlägige Regelwerke verwiesen. Im Abschnitt, der sich mit der Lüftungsheizlast befasst, wird besonderes Augenmerk auf die Verdunstungsarten gelegt, ein Aspekt, der nach wie vor mit großer Unsicherheit behaftet ist.

In einer Zusammenfassung werden Orientierungswerte für verschiedene Verbräuche genannt:

Wärmeenergieverbrauch für Hallenbäder:

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| - Wasserflächenbezogener Verbrauch: | 3–7 MWh/m ² a |
| - Besucherbezogener Verbrauch: | 10–20 kWh/Pers. |

Wärmeenergieverbrauch für Freibäder:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| - Wasserflächenbezogener Verbrauch: | 0,3–0,7 MWh/m ² a |
|-------------------------------------|------------------------------|

Elektrischer Energieverbrauch für Freibäder:

- Flächenspezifischer Verbrauch: 100–200 kWh/m²a

Wasserverbrauch von Hallenbädern:

- Wasserflächenbezogener Verbrauch: 50–100 m³/m²a
- Besucherbezogener Verbrauch: 150–250 l/Pers.

Wasserverbrauch von Freibädern:

- Wasserflächenbezogener Verbrauch: 8–13 m³/m²a
- Besucherbezogener Verbrauch: 150–200 l/Pers.

3 Rationelle Energieverwendung

Die in ein Bad eingebrachte Energie in Form von Wärme und Strom muss aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen optimal genutzt werden. Neben der Versorgung durch externe Energielieferanten ist für ein Hallenbad auch die Nutzung interner Energiequellen (z.B. Solarien, Verlustwärme der Lampen) und der Energiegewinn durch direkte Sonneneinstrahlung von Bedeutung. Bei der Neuplanung von Bädern, können mehrere Aspekte die Energiebilanz und damit die Kostensituation beeinflussen. Dies beginnt bereits bei der Standortwahl, die solche Kriterien wie Beschattung eines Bades, Ausrichtung der Gebäude zur Himmelsrichtung, Windeinfluss, Verfügbarkeit kostengünstiger Energieträger oder auch die Einbindung in vorhandene Nah- bzw. Fernwärmenetze berücksichtigen muss. Im stärkeren Maße als bisher geschehen, sollten in Zukunft auch die Möglichkeiten des solaren Wärmezugewinns beachtet werden. Diese Bauweise hat einige wichtige Vorteile:

- Die Nutzung des natürlichen Tageslichtes reduziert den Bedarf an Kunstlicht, wodurch Strom gespart wird.
- Durch die Sonneneinstrahlung werden das Beckenwasser, die Wände und der Beckenumgang erwärmt.

Jedoch gibt es auch Nachteile großer Glasflächen zu verzeichnen:

- Aufgrund des in Vergleich zu den Wänden höheren Wärmedurchgangs verursachen Fenster bei Dunkelheit deutlich höhere Wärmeverluste.
- Durch Reflektion an der Wasseroberfläche kann es zu Blendeffekten kommen, die die Aufsicht beeinträchtigen.
- Im Sommer kann es ohne Verschattung durch Sonneneinstrahlung zu Überhitzung der Räume kommen.

Durch entsprechende Vorkehrungen sind Vorteile zu nutzen und Nachteile, z.B. Blendung in der Schwimmhalle, durch Sonnenschutzanlagen zu vermeiden. Bei Neubauten und Erweiterungen sollten Energiebilanzen mit Hilfe einer dynamischen Gebäudesimulation aufgestellt werden. So können bereits im Stadium der Vor- bzw. Entwurfsplanung genaue Auswirkungen von Glasbaugebäudeteilen im Hinblick auf den Energieverbrauch oder mögliche Überhitzung geprüft werden.

Ein neues Einsatzgebiet erschließt sich der Transparenten Wärmedämmung (TWD) auch im Bäderbau. Durch sie kann der Heizenergieverbrauch gegenüber einer *opak*, d.h. lichtundurchlässig gedämmten Fassade eines Gebäudes reduziert werden. Diese Bauweise ist noch relativ jung und aufgrund noch nicht sehr weit verbreiteten Einsatzes auch relativ teuer. Ihre Bedeutung nimmt jedoch zu, weshalb sie in der Untersuchung mit verschiedenen Ausführungsvarianten behandelt wird.

Zu den Maßnahmen der Senkung des Wärmeenergieverbrauchs gehören vor allem, und dies trifft besonders für Freibäder zu, die Absenkung der Beckentemperatur sowie die der Abdeckung von Wasserflächen mittels Beckenabdecksystemen. Mit einem Diagramm kann der jährliche Wärmebedarf von abgedeckten und nicht abgedeckten Freibecken überschlägig ermittelt und damit deren Rentabilität festgestellt werden. Es zeigt sich dabei, dass die Wirtschaftlichkeit einer Beckenabdeckung mit zunehmender Windgeschwindigkeit und Wassertemperatur sowie der Länge der Abdeckzeit zunimmt. Beckenabdeckungen von Becken mit einer Wassertemperatur von z.B. nur 22 bis 23°C und einer Saisonlänge von ca. 150 Tage erreichen sie in der Regel, unter Berücksichtigung der Baukosten, nicht.

4 Wärmerückgewinnung

Wärmerückgewinnungsanlagen gehören mittlerweile zur Standardausrüstung eines Bades, sei es die Wärmerückgewinnung aus Duschwasser, Filterspülwasser oder eine im Bereich der Lüftungstechnik. Letzteres wird wie folgt beschrieben:

Hallenbäder müssen mit einer Lüftungsanlage ausgestattet sein, um den Besuchern eine gute Luftqualität zur Verfügung zu stellen, die Feuchtelast aus der Schwimmhalle abzuführen und Wärme in die Schwimmhalle zu transportieren. Aus hygienischer Sicht muss jedem Besucher eine definierte Außenluftmenge zugeführt werden. Weiterhin wird über den Außenluftanteil die Schadstoffkonzentration in der Schwimmhallenluft, die aus der Beckenwasseraufbereitung und der Besucherbelastung stammt, gemindert. Um die durch die Verdunstung an der Wasseroberfläche entstehende Feuchtelast abzuführen, muss eine Lüftungsanlage eine definierte Außenluftmenge (siehe auch VDI 2089) bewegen. Die in der Abluft enthaltene sensible und latente Wärme kann über ein rekuperatives Wärmerückgewinnungssystem zum Teil zurückgewonnen werden. Die sensible Energie ist dabei die Energie, die in der Tempe-

raturdifferenz zur Außenluft liegt. Die latente Energie wird frei, wenn bei der Abkühlung der Fortluft das Wasser auf der Wärmetauscherfläche kondensiert. Aufgrund des großen Energieinhaltes, der in der Abluft eines Hallenbades liegt, ist der Einsatz von rekuperativen Wärmerückgewinnungssystemen nahezu zwingend notwendig. Moderne Rekuperatoren erreichen bei einem luftseitigen Druckverlust von 150 Pa eine Rückwärmezahl von bis zu 0,8.

5 Energiekozepte

Im Kapitel „Effiziente Energieerzeugung“ wird das Hauptaugenmerk auf die Solarenergienutzung gelegt. Die Solarenergienutzung im Bäderbereich hat in den letzten zwei Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen. Solaranlagen können als Ergänzung zur Heizwärmeerzeugung durch fossile Brennstoffe eingesetzt werden. Bei solchen „bivalenten Heizsystemen“ kommt die fossile Energie immer nur dann zum Einsatz, wenn die Solarenergie zur Deckung des Wärmebedarfs nicht ausreicht.

Ein interessantes Einsatzgebiet der Solarenergienutzung ist die Temperierung des Beckenwassers in Freibädern. Sie erfolgt immer phasengleich zum Wetter. Dies bedeutet, dass regelmäßig nur dann geheizt wird bzw. werden muss, wenn ein Bad stärker frequentiert wird. Diese „Heizmentalität“ deckt sich mit dem typischen Besucherverhalten von Freibädern, das erst dann wieder einsetzt, und damit nur dann eine akzeptierte Wassertemperatur erfordert, wenn gutes Wetter zu erwarten ist. Außerhalb dieser Perioden ist ein Absinkenlassen der Beckenwassertemperatur angebracht.

Pro Sonnenscheintag sind von morgens bis abends Temperaturerhöhungen von bis zu 4° C gemessen worden. So kann dem Besucher bereits ein Tag nach einer Schlechtwetterperiode wieder eine Beckenwassertemperatur angeboten werden, die in der Regel seinen Komfortansprüchen genügt.

Für den Einsatz in Freibädern eignen sich besonders unverglaste Solarkollektoren, auch Absorber genannt. Da fast alle Wärmeverluste eines Freibadbeckens an der Wasseroberfläche auftreten, erfolgt auch die Auslegung der Absorberflächen in Funktion zur beheizten Wasserfläche. Die Erfahrung aus über 500 in der Bundesrepublik Deutschland in kommunalen Freibädern installierten Solarabsorberanlagen zeigt, dass ein optimales Flächenverhältnis zwischen Absorber- und Beckenwasserfläche zwischen 0,5 und 0,7 liegt.

6 Kraft-Wärme-Kopplung

In Bädern gibt es im allgemeinen einen hohen Gleichzeitigkeitsbedarf an Strom und Wärme. Zur Bereitstellung dieser Energien können dezentrale Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf der Basis von Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Blockheizkraftwerke (BHKW)

stellen eine effiziente Technik dar, durch rationelle Energieverwendung auch den Schadstoffausstoß gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme zu reduzieren. Dies gilt umso mehr, wenn ein emissionsarmer Energieträger wie Erdgas eingesetzt wird. Blockheizkraftwerke mit Gasmotoren sparen gegenüber der getrennten Erzeugung von Wärme und Strom bis zu 40% an Primärenergie ein. Die wichtigste Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit eines Blockheizkraftwerkes ist die an den Anforderungen des Bades orientierte Auslegung der Anlage. Hierbei muss nach der Interessenslage des Badbetreibers bezüglich der Stromverwendung unterschieden werden: Deckung des Eigenbedarfs, Einspeisung in das Netz des EVU, Betrieb als Spitzenkraftwerk und Betrieb als Notstromversorgung. Kann der Anlagenbetreiber 100% des erzeugten Stroms selbst nutzen, lohnt sich die Installation eines BHKW in der Regel ab 4000 Betriebsstunden pro Jahr. Eine zusätzliche Einsparung wird erreicht, wenn auch der Leistungspreis durch Abfahren der Leistungsspitze gesenkt werden kann. Dabei sollte nach Möglichkeit auch die Wärme vollständig genutzt werden.

7 Einsatz von Biomasse

Diese Möglichkeit der Erzeugung von Wärmeenergie wird zum ersten Mal ausführlich beschrieben. Die Vorteile gegenüber den fossilen Brennstoffen sind: nachwachsend, ressourcenschonend, langfristig umweltschonend durch den näherungsweise geschlossenen CO₂-Kreislauf, Geld für Brennstoffe verbleibt im inländischen Wirtschaftskreislauf.

In mehreren Abschnitten wird der Brennstoffversorgung, Brennstofflagerung, dem Aufbau und Wirkungsprinzip von Hackschnitzelanlagen sowie der Auslegung nachgegangen.

8 Rationelle Wasserverwendung

Der rationelle Umgang mit Wasser resultiert aus der Erkenntnis, dass der Wasserverbrauch mit immer höheren Kosten verbunden ist. Die häufigsten Ursachen für einen hohen Wasserverbrauch sind u.a.: veraltete und leistungsschwache Wasseraufbereitungsanlagen, nicht vorhandene Wasserspeicher im Beckenkreislaufsystem, undichte Rohrleitungen und undichte Becken, zu früh oder zu häufig durchgeführte Filterspülungen.

Daher gilt es, Wasser zu sparen oder Wasser wieder so aufzubereiten, dass es im Kreislauf verbleiben kann. Die Wirtschaftlichkeit ergibt sich hierbei durch die Einsparungen an Kosten für den Frischwasserbezug und die Abwasserentsorgung. An erster Stelle ist die Wasserbehandlung des bei der Filterspülung anfallenden Abwassers zu nennen. Versuchsanlagen haben, was die hygienisch unbedenkliche Weiterverwendung mit einschließt, bereits zu nennenswerten Ergebnissen geführt, sodass mit einer zunehmenden Anwendung dieser Technik

zu rechnen ist. Die Verfahren, z.B. Umkehrosmose oder Membranverfahren, werden beschrieben.

9 Schlussbemerkung

Die Erkenntnisse dieser Studie werden in die oben erwähnte Veröffentlichung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft einfließen und damit der interessierten Öffentlichkeit, seien es Fachplaner, Architekten, Bauherren oder Betreiber, zur Anwendung zur Verfügung stehen. Mit der Umsetzung der angesprochenen Maßnahmen lassen sich im Bereich Energieerzeugung, Energieverwendung, Wasserverwendung und Chemikalieneinsatz Kosten einsparen und Umweltfreundlichkeit realisieren.