



## Wasserspaß im Passivhaus

Erstes Passivhaus-Freizeitbad verbraucht deutlich weniger Heizwärme als vergleichbare Hallenbäder



*Das Monitoring belegt, dass sich der Heizwärme- und Stromverbrauch im laufenden Betrieb weiter reduzieren lässt, wenn die Gebäudetechnik gut einreguliert, optimiert und überwacht wird. Der Heizwärmeverbrauch des Bades in Bamberg liegt um mehr als 50 Prozent unter dem vergleichbarer Freizeitbäder. Eine thermisch hochwertige Gebäudehülle ermöglicht Raumluftfeuchten von bis zu 64 Prozent. Dadurch sinkt die Verdunstungsrate des Beckenwassers und der notwendige Luftwechsel zum Entfeuchten. Der Bedarf an Strom und Raumwärme wird somit reduziert.*

Als die Entscheidung in Bamberg für ein neues Hallenbad fiel, gab es noch keine Erfahrungen mit dem Bau und Betrieb von Passivhaus-Hallenbädern. Daher beschloss der Bauherr, die Stadtwerke Bamberg, eine energetische Beratung mit Energiebilanz für den geplanten Neubau zu beauftragen. Nach der Eröffnung des Bades schloss sich ein mehrjähriges wissenschaftliches Monitoring durch das Passivhaus Institut an. Die Ergebnisse bestätigen das Bad- und Energiekonzept und offenbaren in Detailfragen Optimierungspotenzial. Der Außenbereich des Bades war nicht Bestandteil der Untersuchungen.

Ein Großteil der heute betriebenen Hallenbäder in Deutschland wurde in den 1970er Jahren errichtet. Diese erfüllen nicht mehr die heutigen Ansprüche der Badegäste, gelten als Energieschleudern und belasten die kommunalen Haushalte. In Bamberg standen die Verantwortlichen vor der Frage, den denkmalgeschützten Altbau zu sanieren oder einen energieeffizienten Neubau zu errichten. Der Bauherr entschied sich für einen Neubau im Passivhausstandard, um den Bürgern ein modernes Familienbad zu bieten und Betriebskosten zu sparen. Das errichtete Hallenbad verfügt über eine energieeffiziente Gebäudetechnik mit bedarfsgerechter Lüftung, die auf die verschiedenen Zonen wie Freizeitbereich, Umkleiden und Foyer abgestimmt ist.

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)



Abb. 1 Grundriss mit Nutzungsbereichen im Erdgeschoss

### Bedarfsgerechte Lüftung sorgt für angenehmes Klima

Grundlage des Energiekonzeptes ist eine thermisch hochwertige und dichte Gebäudehülle ohne Wärmebrücken, um die Raumluffeuchte auf bis zu 64 % erhöhen zu können und dadurch den Energiebedarf für Wärme und Strom zu senken. Die Raumluffeuchte beträgt während der Öffnungszeiten circa 58 %. Außerhalb der Öffnungszeiten sind die Lüftungsgeräte abgeschaltet und die Raumluffeuchte kann bis auf 64 % ansteigen. Die Feuchtigkeit wird kontinuierlich überwacht. Bei Bedarf schaltet sich die Lüftung ein.

Hohe Luftfeuchten können zu Kondensat an den Glasrändern der Fensterrahmen führen. Die in Bamberg eingesetzten Fensterrahmen aus Aluminium leiten die Wärme besser als PVC oder Holzfenster – auch zum Glasrand. Daher entsteht auch an diesen Stellen kein Tauwasser.

Insgesamt elf Lüftungsgeräte versorgen die Schwimmhallen und die Nebenzone, wie beispielsweise Umkleiden, Duschen, Foyer, Verwaltung, Saunen. Die Zonierung des Bades erfolgt entsprechend der Nutzung, sodass die Lüftung auf die speziellen Anforderungen reagieren kann. Geheizt wird fast ausschließlich über die Zuluft. Kernpunkt der Anlagentechnik ist neben der Badewasseraufbereitung eine bedarfsgerechte Lüftung mit Wärmerückgewinnung ohne Umluft. Das setzt voraus, dass Gebäudezonen mit unterschiedlichen Ansprüchen an Temperatur und Raumluffeuchte thermisch getrennt werden. Eine gute Durchströmung der Hallenluft sorgt für die notwendige Luftqualität und eine geringe Konzentration an organischen Chlorverbindungen.

Das Lüftungskonzept hat einen großen Einfluss auf Komfort und Energieverbrauch und ist Schwerpunkt der wissenschaftlichen Evaluierung. Gemäß VDI 2089 muss in Hallenbädern ein Mindestluftwechsel von 15 % des Auslegungsvolumens garantiert sein, um die Raumluft zu entfeuchten und Schadstoffe abzuführen. Üblicherweise werden Lüftungsanlagen mit konstantem Zuluftvolumenstrom betrieben, sowohl für den Außen- als auch für den Umluftvolumenstrom. Im Bamberger Bad variiert dieser und orientiert sich am Bedarf. Ein angepasster Volumenstrom im gesamten Gebäude hat folgende positive Auswirkungen:

- Geringe Volumenströme führen zu niedrigem Stromverbrauch;
- Geringe Lüftungswärmeverluste führen zu weniger Heizwärmeverbrauch der Lüftungsanlage;

|  |  |
|--|--|
| Energiebezugsfläche (EBF)  | 10.743 m <sup>2</sup>                        |
| Bruttorauminhalt (BRI)   | 93.500 m <sup>3</sup>                        |
| Wasserfläche innen   | 1.742 m <sup>2</sup>                         |
| A/V-Verhältnis   | 0,21   |
| Durchschnittlicher U-Wert der Gebäudehülle inkl. Fenster                     | 0,16 W/m <sup>2</sup> K                      |
| n50-Wert   | 0,07 h <sup>-1</sup>                         |
| q50-Wert   | 0,21 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>         |
| Endenergieverbrauch Heizwärme im Gebäude 05.2014 bis 04.2015 bezogen auf EBF | 252 kWh/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub> a      |
| bezogen auf Beckenfläche   | 1.584 kWh/m <sup>2</sup> <sub>Becken</sub> a |
| Endenergieverbrauch Strom, gesamt 05.2014 bis 04.2015 bezogen auf EBF        | 195 kWh/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub> a      |
| bezogen auf Beckenfläche   | 1.203 kWh/m <sup>2</sup> <sub>Becken</sub> a |

Abb. 2 Wichtige Kennzahlen des Hallenbades in Bamberg

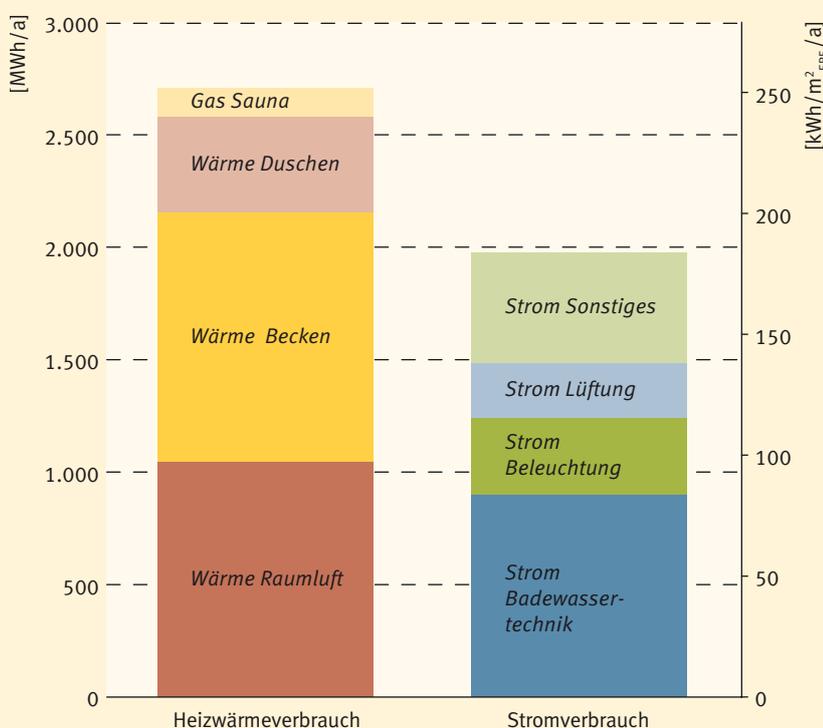


Abb. 3 Jahresendenergieverbrauch Mai 2014 bis April 2015 für das gesamte Bad – ohne Außenbereiche

- Niedriger Druckverlust im Kanalnetz und Lüftungsgerät verbessert die Effizienz der Anlagen und reduziert den Stromverbrauch;
- Vermeidung von Zugluft.

### Monitoring und Optimierung im Betrieb

Seit Ende 2011 ist das Bad geöffnet. Trotz hoher Raumluffeuchte fällt kein Tauwasser/Kondensat an – dabei werden die Fenster nicht wie üblich angeblasen. Der Heizwärmeverbrauch für Raumluft, Beckenwasser, Warmwasser und Saunen konnte um mehr als 50 % gegenüber Vergleichsbädern reduziert werden. Entscheidend für dieses gute Ergebnis sind die Passivhaus-Gebäudehülle und die bedarfsgerechten Luftvolumenströme.

Während des Monitorings stellten die Wissenschaftler vom Passivhaus Institut fest, dass die Lüftungsanlagen nicht vollständig entsprechend dem geplanten Konzept betrieben wurden. Teilweise arbeiteten die Geräte gemäß des Standardprogramms der Gerätehersteller. Bis März 2014 konnte die Umluft stufenweise in allen Bereichen abgeschaltet werden. Seit November 2014 verzichtet der Betreiber auf eine durchgehende Nachtlüftung.

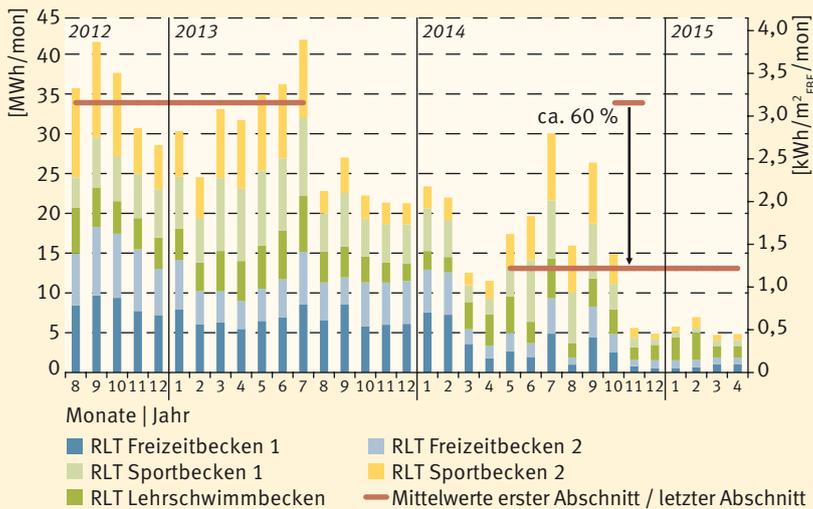


Abb. 4 Die Änderungen der Betriebsweisen der Lüftungsgeräte für die Halle spiegeln sich deutlich beim Stromverbrauch wider (RLT: Raumlufttechnische Anlagen).

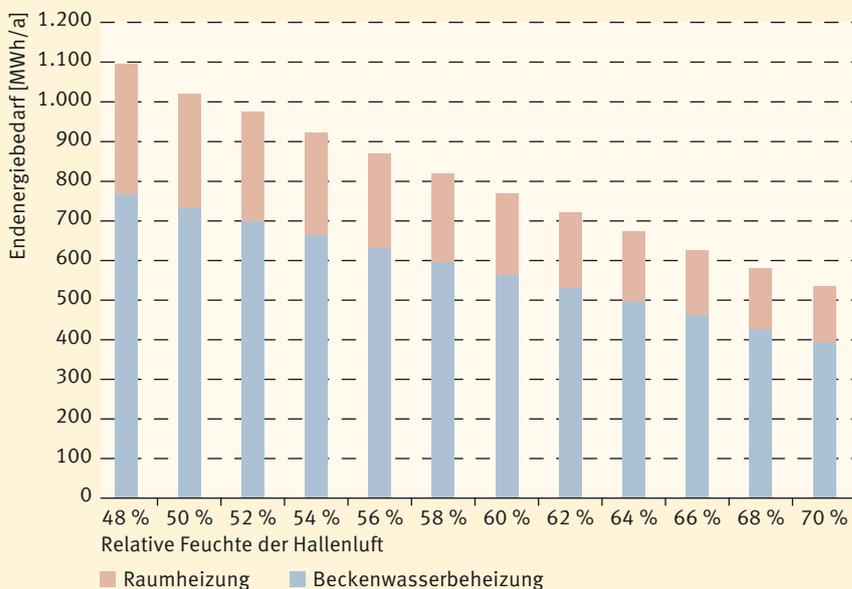


Abb. 5 Der Heizwärmebedarf für Halle und Beckenwasser ist abhängig von der Raumluftfeuchte, Ergebnisse aus der Grundlagenuntersuchung. Die Stadtwerke Bamberg betreiben das Familienbad mit einer Raumluftfeuchte von 58 % (VDI 2089 gibt 48 % vor), Temperatur (T) Halle = 32 °C, T Wasser = 29 °C.

Die Änderungen der Betriebsweisen spiegeln sich deutlich beim Stromverbrauch der Hallenlüftung wider. Durch die Optimierung konnte der Verbrauch um 60 % reduziert werden (Abb. 4). Die kontinuierliche Kontrolle der Raumluftfeuchte zeigt, dass der Entfeuchtungsbedarf der Hallenluft geringer ist als angenommen und im Winter häufig vom eingestellten Grundluftwechsel gedeckt werden kann. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Evaluierung bestätigen auch die Bedeutung einer sorgfältigen Einregulierung der Gebäudetechnik.

Auffallend ist der minimale Heizwärmeverbrauch des Sportbeckens mit einer Wassertemperatur von 28 °C. Die Wasserbecken liegen im gedämmten und warmen Keller und werden über diesen mitgeheizt. Gleiches gilt für die Zuleitungen des Frischwassers.

Der geringe Heizwärme- und Stromverbrauch reduziert die Betriebskosten. Allerdings ist es – wie in jedem Bad – notwendig, die Gebäudetechnik kontinuierlich zu überwachen. Ein fehlerhafter Betrieb der Anlagentechnik führt direkt zu einem vermehrten Strom- und Wärmeverbrauch, nicht aber unbedingt zu Komforteinbußen.

## Das Bambados in Kurzform

Der kompakte und massive Neubau öffnet sich nach Süden hin mit großen Glasflächen. Von Nordwesten bis Nordosten ist die Fassade weitgehend geschlossen. Der Bauherr entschied sich für eine Pfosten-Riegel-Fassade und Fensterrahmen mit Aluminiumprofilen. Als Oberlichter werden shed-artige Aufbauten mit vertikaler Verglasung eingesetzt, da keine Oberlichter verfügbar waren, die die energetischen Anforderungen einhielten. Das Bad bietet ein Sportbecken, zwei Lehrschwimmbecken, einen Freizeitbereich mit Sprudelanlagen, Sauna und Rutschen, die in die Gebäudehülle integriert sind. Die Wasserbecken reichen in den gedämmten Keller. Dort befindet sich ein Teil des Lüftungs- und Gebäudetechnik. Ein Holzvergaser-BHKW (230 kW thermisch, 150 kW elektrisch), das in der benachbarten Heizzentrale steht, übernimmt die Grund- und drei Gas-Brennwertkessel die Spitzenlast. Alle Lüftungsanlagen verfügen über hocheffiziente Wärmetauscher.

## Monitoring zeigt Optimierungspotenzial für künftige Projekte auf

Die Lüftungsanlagen der Hallen sind mit Wärmetauschern und Fortluftwärmepumpen ausgestattet. Die Messungen belegen, dass der Entfeuchtungsbedarf der Hallenluft deutlich geringer ist, als in der Planungsphase berechnet. Das spart Strom, da die Volumenströme der Lüftungsanlage gesenkt werden können. Dafür reduziert sich die Einsatzmöglichkeit der Wärmepumpen, da diese für höhere Volumenströme ausgelegt sind. Bei der Planung künftiger Bäder empfiehlt es sich, den Einsatz kleiner dimensionierter Wärmepumpen zu prüfen.

Der Lüftungsbedarf in einem Passivhaus-Hallenbad ist geringer, als in den Planungen angenommen. Daher ist zu prüfen, ob bei künftigen Projekten kleinere Lüftungsanlagen gewählt werden können. Die Messergebnisse reichen noch nicht für eine unmittelbare Empfehlung aus. Hier sind noch weitere Forschungsarbeiten notwendig, die momentan in einem weiteren Projekt der DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) am Lippebad in Lünen durchgeführt werden. Am Ende der Arbeiten wird in 2018 ein Leitfaden „Planung und Betrieb von Passivhausbädern“ entstehen.

Weiteres Einsparpotenzial bietet die Badewassertechnik. Geringere Strömungsgeschwindigkeiten im Rohrnetz der Umwälzkreisläufe können die Druckverluste minimieren.

## Bambados im Vergleich mit anderen Hallenbädern

Ein direkter Vergleich mit anderen Hallenbädern ist nicht möglich. Der Gesamtenergieverbrauch lässt sich weder auf Basis der Energiebezugsfläche noch mit Bezug auf die Wasserfläche oder den Bruttoinhaltsinhalt sinnvoll vergleichen. Es ist lediglich eine grobe Einschätzung möglich. Zum einen fehlen statistisch belastbare Verbrauchswerte und zum anderen unterscheiden sich die Ausstattungen der Bäder wie Sauna, Spa, Sprudeln, Rutschen, Wassertemperaturen und die Öffnungszeiten. Bezogen auf die Wasserfläche verbraucht das Bad in Bamberg circa 50 % weniger Wärmeenergie und 20 % weniger Strom als die aus der Literatur ermittelten Vergleichswerte von 37 Freizeitbädern.



## Sportbad in Passivhausbauweise

In Lünen eröffnete fast zeitgleich mit dem Bambados das erste Passivhaus-Sportbad. Planung und Bau begleitete ebenfalls das Passivhaus Institut. Das grundlegende Konzept in Lünen und Bamberg ist nahezu identisch. Eine thermisch hochwertige Gebäudehülle in Verbindung mit höheren Raumlufffeuchten und einem effizienten Lüftungskonzept reduziert den Wärme- und Strombedarf. Wärme liefern zwei benachbarte Blockheizkraftwerke, die in das Fernwärmenetz von Lünen einspeisen. Eine Besonderheit ist die Abwasseraufbereitung. Das Filtrerrückspülwasser wird wieder verwendet. Dadurch spart der Betreiber Frischwasser, das erwärmt werden müsste. Grundlage für das Projekt bildete eine Studie des Passivhaus Instituts in Zusammenarbeit mit der Bädergesellschaft Lünen mbH, gefördert von der DBU. Das einjährige Monitoring förderte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB).

### Monitoring bestätigt das Konzept und zeigt Optimierungspotenzial auf

Im April 2012, ein halbes Jahr nach der Eröffnung des Bades, startete das wissenschaftliche Monitoring. Die gemessenen Verbrauchswerte belegen, dass das Konzept die Erwartungen erfüllt. Der Endenergieverbrauch für Wärme mit  $258 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF,a}}$  und für Strom mit  $156 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF,a}}$  lag im Bereich der Prognosen. Bezogen auf die Beckenfläche verbraucht das Bad zwei Drittel weniger Wärmeenergie als der aus Literaturangaben ermittelte Durchschnitt der Hallenbäder. Beim Strom sind es 43 % weniger. Der Außenluftwechsel entfeuchtet die Raumluff der Schwimmhalle. Der Umluftanteil wurde gegenüber der VDI 2089 reduziert. Die Messungen ergaben, dass dieser bei durchschnittlich 70 % und der Außenluftanteil bei nur 30 % lag. Die Untersuchungen zeigten, dass für eine gute Hallenluft ein deutlich reduzierter Umluftanteil ausreichend ist. Bei einer entsprechenden Lüftungsplanung wird, wie in Bamberg, keine Umluft mehr benötigt. Die Luftqualität entspricht trotzdem den Anforderungen an Hygiene und Behaglichkeit. Im Verlauf des Monitorings führten die Wissenschaftler verschiedene Versuchsreihen zur Auswirkung einer höheren Hallenfeuchte und eines geringeren Umluftvolumenstromes durch. Die maximale Hallenfeuchte konnte während des Monitorings noch nicht erreicht werden.

## Projektbeteiligte

- » **Projektleitung:** Stadtwerke Bamberg Bäder GmbH, Bamberg, Christoph Jeromin, christoph.jeromin@stadtwerke-bamberg.de, www.stadtwerke-bamberg.de
- » **Monitoring:** Passivhaus Institut, Darmstadt, Dr. Wolfgang Feist, Esther Gollwitzer, Florian Gressier, Sören Peper, mail@passiv.de, www.passiv.de

## Links und Literatur

- » [www.enob.info/de/neubau](http://www.enob.info/de/neubau)
- » [www.dbu.de](http://www.dbu.de)
- » Stadtwerke Bamberg (Hrsg.): Energieoptimiertes Bauen: Neubau Hallenbad Bambados. Einführung innovativer Techniken im Schwimmbadbau. Betriebsoptimierung und Monitoring. Schlussbericht. FKZ 0327431M [2015]
- » Gollwitzer, E.; Gressier, F.; Peper, S.: Passivhaus-Hallenbad Bambados. Monitoring. FKZ 0327431M. Passivhaus Institut, Darmstadt (Hrsg.); Stadtwerke Bamberg (Auftraggeber). August 2015
- » Schulz, T.; Pfluger, R.; Grove-Smith, J. u. a.: Grundlagenuntersuchung der bauphysikalischen und technischen Bedingungen zur Umsetzung des Passivhauskonzepts im öffentlichen Hallenbad. Passivhaus Institut, Darmstadt (Hrsg.). Sept. 2009
- » Peper, S.; Grove-Smith, J.: Monitoring Passivhaus-Hallenbad Lippe-Bad Lünen. Passivhaus Institut, Darmstadt (Hrsg.); Bädergesellschaft Lünen (Auftraggeber). August 2013

## Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter [www.bine.info/Projektinfo\\_08\\_2016](http://www.bine.info/Projektinfo_08_2016)

*BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter [www.bine.info/abo](http://www.bine.info/abo)*

## Impressum

**Projektorganisation**  
Bundesministerium  
für Wirtschaft und Energie (BMWi)  
11019 Berlin

Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Mira Heinze  
52425 Jülich

**Förderkennzeichen**  
0327431M

**ISSN**  
0937-8367

**Herausgeber**  
FIZ Karlsruhe · Leibniz-Institut  
für Informationsinfrastruktur GmbH  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

**Autorin**  
Micaela Münter

**Urheberrecht**  
Titelbild: Stadtwerke Bamberg GmbH  
Abb. 1: pbr Planungsbüro Rohling AG,  
Osnabrück  
Abb. 2, 3, 4 und 5:  
Passivhaus Institut, Darmstadt  
Eine Verwendung von Text und  
Abbildungen aus dieser Publikation ist  
nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion  
gestattet. Sprechen Sie uns an.

## Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?  
Wir helfen Ihnen weiter:

**0228 92379-44**  
**[kontakt@bine.info](mailto:kontakt@bine.info)**

**BINE Informationsdienst**  
Energieforschung für die Praxis  
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197  
53113 Bonn  
[www.bine.info](http://www.bine.info)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages