

Empfehlung EN-8

Beheizte Traglufthallen

Ausgabe Dezember 2007

Um was geht es?

Bestehende Sportanlagen wie Freiluftbäder oder Tennisanlagen können mit einer relativ kostengünstigen, „mobilen“ Traglufthalle von Herbst bis Frühling überdeckt werden, damit sie ganzjährig nutzbar sind. Mit Membrandächern überdachte Bauten haben einen hohen Energieverbrauch, weshalb diese Empfehlungen an solche Bauteile erarbeitet wurden. Im Folgenden wird auf die Traglufthallen für Freiluftbäder näher eingegangen, da bei diesen der höhere Wärmebedarf stärker ins Gewicht fällt als bei überdachten Tennisanlagen.



Abb. 1: Überdachung Schwimmbecken (Länge 58 m, Breite 28 m, Schaffhausen, Kosten ca. ½ Mio. CHF)^{1,2}

Energetische Vergleichsbasis für Freiluftbäder

Im März 1993 hat das BFE die Broschüre „Rationelle Energienutzung in Hallenbädern“ mit den folgenden Kennzahlen auf die Kubatur beziehungsweise EBF bezogen publiziert:

... Bad	Wasserfläche (m ²)	1993 sanierte Bäder (MJ/m ² a)	1993 erstellte Bäder (MJ/m ² a)
Kleines	200 - 300	1300	1100
Mittleres	ca. 500	1100	900
Grosses	über 1'000	1000	800

Tab. 1: Verbrauchswerte (Summe Wärme und Strom) für 1993 sanierte und neu erstellte Bäder

Diese Kennzahlen stellen die Summe von Wärme (meist fossile Brennstoffe) und Strom (inkl. Wasseraufbereitung, Lüftung, Beleuchtung, Garderobenlüftung, ...) dar. Bei Neubauten ist das Verhältnis Wärme zu Strom etwa 1:1. Beispielsweise das 1988 sanierte Hallenbad in Uster:

$E_{\text{Wärme}} = 479 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ plus $E_{\text{Strom}} = 587 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ ergibt ein $E_{\text{Total}} = 1'066 \text{ MJ/m}^2\text{a}$.

Seit 1993 war die wichtigste Änderung die Norm SIA 380/1 (Ausgabe 2001), mit der eine separate Kategorie „Hallenbäder“ unter Berücksichtigung der hohen Innentemperatur von 28 °C eingeführt

¹ Quelle Abbildungen: Homepage: www.membranbau.ch

² Firma: HP Gasser AG, Membranbau, 6078 Lungern und 2316 Les Ponts-de-Martel

wurde. Für einen Einzelbauteilnachweis ergaben sich Anforderungen von $U_{\text{Dach,Wand}} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $U_{\text{Fenster}} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Klima Zürich, ohne Berücksichtigung des Höchstanteils, MuKE n Modul 2). Neuere Verbrauchszahlen sind nicht vorhanden. Heute ist davon auszugehen, dass bei neuen Bädern die Verbrauchszahlen mehr als halbiert werden können. Die Kennzahlen für Wärme und Strom sind separat auszuweisen und nicht – wie in der Tabelle 1 – ungewichtet zu addieren.

Energetische Betrachtung für Freiluftbäder

Ein entscheidendes Bauteil ist die Folie der Traglufthalle. Mit dem heutigen Stand der Technik kann das Dach mit 2x2-Membranen aufgebaut werden, was einen U-Wert von etwa $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ergibt. Es gibt auch 3- oder nur 2-schichtige Membrandächer mit einem deutlich schlechteren U-Wert (3-schichtig ca. $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$). Für die Überdeckung eines Schwimmbades ist der Mehrpreis für die beste Konstruktion in Anbetracht der hohen Folgekosten auf Grund des Energieverbrauchs auf jeden Fall sinnvoll. Dagegen ist eine gewisse Durchlässigkeit der Folie für die Sonnenstrahlung positiv zu werten. Der g-Wert beträgt schätzungsweise 0,1 (0,07 bis 0,2). Zu berücksichtigen ist ferner, dass auch die Bauteile ins Erdreich einen Wärmebedarf verursachen (siehe Abbildung 2). Bei einem Hallenbad werden diese Bauteile gut wärmegeklämt. Wird ein bestehendes Freiluftbad für den Winter überdeckt, sind diese Bauteile selten geklämt.

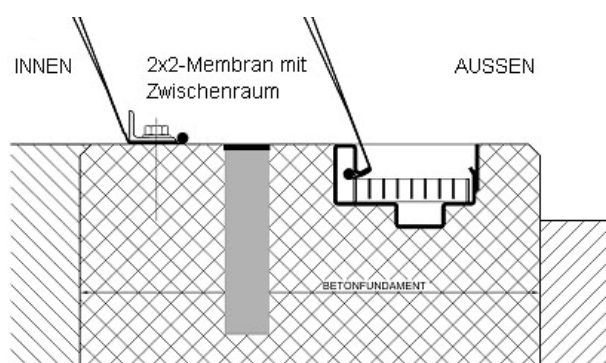


Abb. 2: Linienförmige Verankerung der Folien.

Zur Reduktion der Wärmeverluste ins Erdreich ist in das – in der Regel neu zu erstellende - Betonfundament zwischen den beiden Verankerungen der Membranen eine ca. 1 m tiefe Perimeterdämmung zu integrieren. Damit kann der Wärmeabfluss über das Erdreich reduziert werden (Berechnung siehe Norm EN 13370).

Halle zur Überdachung eines Freibads Foliengrösse 64 m x 30 m Meteodaten Schaffhausen, g-Wert = 0.1	2-schichtige Folie $U = 2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$	3-schichtige Folie $U = 1.95 \text{ W/m}^2\text{K}$	2x2-schichtige Folie $U = 1.10 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wärmebedarf Folien-Hülle (gemäss SIA 380/1, Ausgabe 2001)	2'500 MJ/m²	2'000 MJ/m²	1'500 MJ/m²
Wärmeleistungsbedarf bei -8°C aussen, 28°C innen ohne Leistung für Lüftungsanlagen	200 kW	140 kW	80 kW

Tab. 2: Einfluss der Hallenkonstruktion auf den Heizwärmebedarf ³

Eine Abschätzung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1 (Ausgabe 2001) ergibt mit einer 3-schichtigen Membran (U-Wert ca. $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$) etwa $2'000 \text{ MJ/m}^2\text{a}$. Mit einem Heizkessel ergibt sich ein Energiebedarf von $2'200 \text{ MJ/m}^2\text{a}$. Dieser Verbrauch liegt etwa **viermal** höher als für ein 1993 erstelltes Hallenbad mittlerer Grösse. **Die geltenden Anforderungen an die Wärmedämmung gemäss SIA 380/1 (Ausgabe 2001) von ca. $300 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ können um etwa das 5- bis 6-fache nicht eingehalten werden.**

³ Berechnungen: Ingenieurbüro R. Mäder, Schaffhausen, im Auftrag der EnFK.

Die Betriebserfahrungen des Bads in Schaffhausen bestätigen diese hohen Verbrauchswerte, wie die Auswertung der Verbrauchsdaten 2004 bis 2006 durch das Ingenieurbüro Mäder zeigte. Während die Überdachung des Freiluftbades nur gut eine halbe Mio. Franken kostete, betragen die Energiekosten (Strom für Hallenlüftung und Erdgas für die Heizung) in den Wintern 2004/05 und 2005/06 81'000 resp. 86'000 Franken. Mit einer 2x2-schichtigen Membran dürfte der Wärmebedarf (und damit die Kosten für das Erdgas) um fast 30% gesenkt werden.

Der Strombedarf ist schwer ermittelbar. Bei Traglufthallen wird von den Lieferanten meist nur der Aufwand für den Betrieb des Überdruckventilators sowie für den Betrieb des Brenners der Hallenheizung angegeben. Diese belaufen sich auf etwas über 100 MJ/m²a. Die Betriebserfahrungen 2004 bis 2006 in Schaffhausen bestätigten diesen Wert. Der zusätzliche Strombedarf für die Infrastruktur (Wasseraufbereitung, Beleuchtung, Garderobe, etc.) ist mit etwa 300 bis 400 MJ/m²a ausgewiesen, d.h. etwas weniger als für ein Hallenbad. Einerseits weil die Betriebsdauer geringerer ist und andererseits weil der Sommerstrombedarf beim [schon vorhandenen] Sommerbetrieb für das „Freiluftbad“ eingerechnet wird.

In Schaffhausen sind zwei Lüftungsanlagen vorhanden: eine Aussenluftanlage für die Aufrechterhaltung des Überdrucks und eine Umluftanlage für die Regulierung des Klimas in der Halle. Die von der ersten Anlage geförderte Luft entweicht über Undichtigkeiten. Dies bedeutet, dass die Hallen möglichst dicht zu bauen sind. Dem Betrieb der Umluftanlage ist besondere Beachtung zu schenken. In Schaffhausen konnte durch den nachträglichen Einbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung der Energieverbrauch um rund 15 % reduziert werden (SPS, Regelkriterium u.a. Taupunkt).

Energetische Betrachtung für Sporthallen

Für Sporthallen mit weniger hohen Anforderungen an die Raumtemperatur wurde für eine typische Halle von 35 m x 35 m ein Vergleich der Jahreskosten erstellt. Daraus geht hervor, dass die Mehrkosten für eine 2x2-schichtige Membran auch bei den geringeren Innentemperaturen allein mit den geringeren Wärmekosten in der Regel amortisiert werden können (siehe Tabelle 3).

2 Feld Tennishalle 35 m x 35 m Foliengrösse 40 m x 40 m EBF (nach SIA 416/1) 1'225 m ²	2-schichtige Folie U = 2.8 W/m ² K	3-schichtige Folie U = 1.70 W/m ² K	2x2-schichtige Folie U = 1.10 W/m ² K
Wärmebedarf Folien-Hülle (gemäss SIA 380/1, Ausgabe 2001)	570 MJ/m ²	330 MJ/m ²	200 MJ/m ²
Wärmeleistungsbedarf bei -8°C aussen, 16°C innen ohne Leistung für Lüftungsanlagen	110 kW	70 kW	50 kW
Richtpreis Folie	CHF 100'000	CHF 145'000	CHF 185'000
Amortisation (15 Jahre / 5% Zins)	CHF 9'600	CHF 13'900	CHF 17'800
Nutzenergie (10 Rp/kWh)	CHF 19'400	CHF 11'200	CHF 6'700
Jahreskosten	CHF 29'000	CHF 25'100	CHF 24'500

Tab. 3: Jahresbetriebskosten für verschiedene Membrantypen.

In diesen Jahreskosten ist der Strombedarf für die Lüftungsanlage nicht eingerechnet. Ebenso bleibt unberücksichtigt, dass die Wärmeerzeugung bei der besseren Hülle kleiner dimensioniert werden kann.

Empfehlungen für die Beurteilung eines Baugesuchs:

Mit Traglufthallen überdeckte Sportanlagen können die Anforderungen an die Wärmedämmung der Gebäudehülle nicht erfüllt werden. **Insbesondere die Überdachung eines Freiluftbads mit einer Traglufthalle führt zu einem sehr hohen Energieverbrauch, der mehr als vier- bis fünfmal höher ist als für ein „normales“ Hallenbad.** Die Beurteilung einer Ausnahmegewilligung zur Nichteinhaltung der Wärmedämmanforderungen ist eine politische Frage. Falls eine Ausnahmegewilligung für eine derartige Traglufthalle in Betracht gezogen wird, werden folgende Auflagen empfohlen:

1. Es ist eine 2x2-schichtige Membran mit einem U-Wert von etwa $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ einzusetzen. Wird die Halle auf weniger als 10°C beheizt, ist mindestens eine 3-fach Membran einzusetzen.
2. Die Verankerung der Membran am Boden ist dicht auszugestalten. Die Abdichtung hat auf der ganzen Länge zu erfolgen, punktuelle Verankerungen bringen keine genügende Dichtigkeit.
3. Zwischen den Verankerungen von den Membranen ist eine Perimeterdämmung einzubauen.
4. Beim Eingang ist eine 4-flüglige -Drehtüre mit effizientem Dichtungssystem einzusetzen. In der Grundposition "geschlossen" müssen sämtliche vier Flügel abdichten. Durch eine geeignete akustische oder visuelle Anzeige muss auf eine nicht richtig positionierte Türe aufmerksam gemacht werden. Vor der Drehtüre ist ein Vorraum (Schleuse) mit zusätzlicher Aussentüre anzuordnen.
5. Das Membrandach darf keine Lücken oder Schwachstellen in der Gebäudehülle aufweisen. Dies gilt für U-Werte und Luftdichtigkeit insbesondere bei Eingangszonen, Nottüren und Durchdringungen von Lüftungskanälen. Türelemente sind gemäss den Anforderungen der Energievorschriften auszuführen. Die Dichtheit der Membrane (Schweissnähte) muss sichergestellt sein.
6. Das temporäre Einblasen von warmer Luft in den Zwischenraum (siehe Abbildung 2) von 2x2-schichtigen Membranen zum Abschmelzen des Schnees wird toleriert.
7. Die Lüftungsanlagen sind objektabhängig zu dimensionieren.
8. Die Lüftung für die Aufrechterhaltung der verlangten Innenklimabedingungen ist mit einer SPS (elektronische Regelung) auszurüsten. Die Anlage ist möglichst nahe an den Taupunkt zu steuern.
9. Die Wasseraufbereitung bei Bädern ist für den Winterbetrieb zu überprüfen. Oft weisen Freiluftbäder keine Nutzung der Abwärme aus dem Schmutzwasser auf. Für den Betrieb als ganzjähriges Bad ist eine solche Abwärmenutzung zumutbar, in der Regel sogar wirtschaftlich.
10. Die Wärmeerzeugung muss mit erneuerbaren Energien, z.B. einer Holzschneitzelheizung, oder mit nicht anders nutzbarer Abwärme erfolgen.
11. Es sind die nötigen Instrumente für eine Energieverbrauchskontrolle einzubauen. Dazu gehören Betriebsstunden- und Impulzzähler pro Stufe für den Wärmeerzeuger. Falls aus sehr gewichtigen Gründen weder Abwärme noch erneuerbare Energien eingesetzt werden, sind mit Öldurchfluss- resp. Gasverbrauchszähler auch der Brennstoffinput zu erfassen.
12. Es ist zu prüfen, ob mit einer Abdeckung der Wasserfläche eines Bades eine massgebliche Verringerung der Verdunstung erreicht werden kann.
13. Die Betreiber sind zu verpflichten, die Energieverbrauchsdaten zu erfassen und auf Aufforderung herauszugeben.
14. Die Beleuchtung in Traglufthallen ist mit effizienten Leuchten auszurüsten (weitere Informationen siehe Norm SIA 380/4).