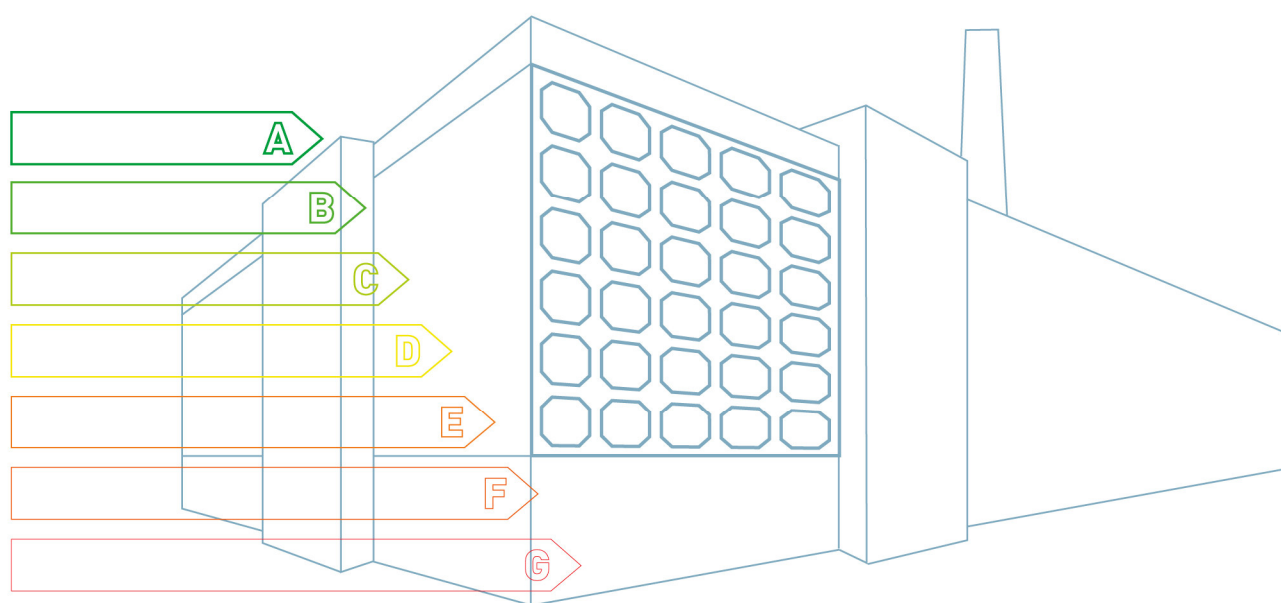




Energieeffiziente Schwimmbäder

Pflichtenheft für Planung und Betrieb von
energieeffizienten Schwimmbädern &
Wellnesseinrichtungen durch innovative Techniken



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink that reads 'Theresia Vogel' in a cursive script.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

Energieeffiziente Schwimmbäder

Pflichtenheft für Planung und Betrieb von energieeffizienten
Schwimmbädern & Wellnesseinrichtungen durch innovative Techniken

AutorInnen:

Arch. DI Dr. Herwig Ronacher
DI Peter Pabinger
Ing. Maximilian Meisslitzer
Ing. Johannes Brühwasser
DI Peter Weissengruber

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis.....	4
2	Einleitung	6
2.1	Zielsetzung des Projektes	6
2.2	Inhalt und Gliederung des Pflichtenheftes	7
3	Inhaltliche Darstellung	8
3.1	Arbeitspaket 3 – Architektur- und Bautechnik.....	8
3.1.1	Ökologisch und ökonomisch optimierter Entwurf – Baukörpertypologie	8
3.1.2	Solararchitektur, aktive und passive Nutzung der Sonnenenergie - Tageslichtoptimierung – energieeffiziente Belichtung und Beleuchtung	12
3.1.3	Zonierung für Belichtung und Beleuchtung	14
3.1.4	Tageslichtquotient – Tageslichtoptimierung	15
3.1.5	Bauen mit Holz – ökologisches Bauen – auch für Schwimmbäder	16
3.1.6	Baubiologische Aspekte für Wellnessseinrichtungen aus Holz	19
3.1.7	Passivhaus-Bauweise und Baustoff Holz	21
3.1.8	Planungsgrundlagen für energieeffiziente Saunaanlagen.....	27
3.2	Arbeitspaket 4 – Bauphysikalische Aspekte.....	31
3.2.1	Raumklimabedingungen	31
3.2.2	Konstruktionsprinzipien	32
3.2.3	Sonnenschutz	36
3.2.4	Dachausbildungen	36
3.2.5	Zusammenfassung	39
3.3	Arbeitspaket 5 – Energieeffiziente Haus- und Schwimmbad-technik	40
3.3.1	Lüftungsanlage	40
3.3.2	Grundlagen der Dimensionierung	41
3.3.3	Einsparpotentiale über die Lüftungstechnik.....	41
3.3.4	Einsparpotentiale über die Betriebsweisen	44
3.3.5	Einsparpotentiale über die Betriebsparameter	45
3.3.6	Einsparpotential über die Steuer- und Regelungstechnik	46
3.3.7	Lüftungskonzepte für Nebenräume	49
3.3.8	Wasseraufbereitung	49
3.4	Arbeitspaket 6 - Entwicklung und Implementierung innovativer Anlagen-technik.....	56
3.4.1	Entfeuchtung, Beheizung und Belüftung	56
3.4.2	Flächenheizungen in der Schwimmhalle:	56
3.4.3	Umluftheizung:.....	56
3.4.4	Entfeuchtung.....	57
3.4.5	Schwimmballenlüftungsgerät ohne Entfeuchtungswärmepumpe	57
3.4.6	Schwimmballenlüftungsgerät mit sorptiver Entfeuchtung.....	57
3.4.7	Steuer- und Regelungstechnik.....	58
3.4.8	Wärmerückgewinnung aus Dusch-, Becken-, Wannen- und Rückspülabwässer.....	58
3.4.9	Maßnahmen der Badewassertechnik.....	59
3.4.10	LED UWS.....	59
3.4.11	Wärmenutzung des Rückspülwassers	60

Neue Energien 2020 - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

3.4.12	Schlammwasseraufbereitung	60
3.4.13	Mess-, Regelungs- (MSR) und Dosiertechnik	60
3.4.14	Regelungs- und Überwachungsanlage	61
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	62
5	Ausblick	62
6	Literaturverzeichnis.....	63
7	Kontaktdaten	64

2 Einleitung

2.1 Zielsetzung des Projektes

Das wichtigste Ziel dieses Forschungsauftrages war und ist es, nach Erarbeitung der einzelnen Schwerpunkte, ein Pflichtenheft zur Errichtung von ökologischen und energieeffizienten Schwimmbädern mit Passivhauskomponenten für Planer, Errichter und Betreiber zu erstellen, welches in überschaubarer Form, die Fülle der möglichen Maßnahmen darstellt, um Energieverluste zu verringern. Gleichzeitig wurden die Erfahrungen und Erkenntnisse aus zwischenzeitlich erfolgten Umsetzungen von energieeffizienten Schwimmbad- und Wellnesseinrichtungen in diese Arbeit eingebracht. Dadurch sind die Inhalte dieses Pflichtenheftes stark an der Praxis orientiert.

Es ist naheliegend, Erkenntnisse, welche im Wohnbau und zunehmend auch in Gewerbebauten gewonnen wurden, auf Wellness- und Schwimmbadeinrichtungen zu übertragen bzw. die Fülle an Energievermeidungs- und Energieeinsparungspotenzialen zu suchen und sowohl aus einschlägiger Literatur als auch aus best-practice Beispielen dazustellen, wenngleich eine allgemeine Zertifizierung von Schwimmbädern zu Passivhäusern aufgrund des wesentlich höheren Energiebedarfs derzeit nicht möglich ist.¹ Weiters war es ein vorrangiges Ziel dieser Arbeit, beispielhaft darzustellen, dass der ökologische und ständig nachwachsende Baustoff Holz auch ein idealer Werkstoff für Schwimmbäder und Wellnesseinrichtungen sein kann, sofern er fachgerecht zum Einsatz kommt, dies im Speziellen in Kombination mit Passivhauskomponenten. Zum anderen ist es hoch an der Zeit, die Komponenten für Wasseraufbereitung, den Schwimmbadbetrieb sowie für die Lüftungsanlagen konsequent nach Aspekten der Energieeffizienz weiter zu entwickeln.

Nach den Recherchen, welche innerhalb dieses Projektes durchgeführt wurden, hat sich bestätigt, dass viele Betreiber den Energiekostenanteil ihres Schwimmbades an den Gesamtenergiekosten nicht kennen. Investoren, Betreiber aber auch Planer können nur zum Teil das wahre Ausmaß der Höhe der zu erwartenden Energiekosten von neuen Anlagen abschätzen und das Wissen über die Möglichkeit, energieeffiziente Schwimmbäder zu bauen, fehlt weitgehend. Daher schien es sinnvoll, dafür ein Planungshandbuch (Pflichtenheft) zu erarbeiten. Durch das hohe Einsparpotential, das im Schwimmbad- und Wellnessbereich gegeben ist, könnte dadurch nicht nur ein wesentlicher Beitrag zur Reduktion der treibhausrelevanten Emissionen im Gebäudesektor geleistet - sondern auch der Energieverbrauch von Schwimmbad- und Wellnessanlagen stark verringert werden.

Bis vor kurzem wurde ein Großteil der Haus- und Schwimmbadtechnikanlagen vielfach auf einen reinen Komfortbetrieb ohne Berücksichtigung der späteren Betriebskosten ausgelegt. Den steigenden Komfortbedürfnissen folgend, werden Hallenbäder und Wellnesseinrichtungen mit immer höheren Luft- und Wassertemperaturen betrieben. Dementsprechend hoch sind die Verluste (Transmission, Lüftung, Verdunstung) und damit der zur Aufrechterhaltung der gewünschten Betriebsparameter erforderliche Energieaufwand.

¹ TRIER, Hochschule, Gutachten zur Nutzung und Anwendbarkeit des Passivhausstandards zur Beurteilung der Effizienz von Raumlüftungstechnischen Anlagen in Nicht-Wohngebäuden Umwelt-Campus Birkenfeld, 2013

Das Raumklima in Hallenbäder und Wellnesseinrichtungen muss drei Forderungen erfüllen:

- Behaglichkeit des Badegastes,
- vertretbare Arbeitsbedingungen für das Bäderpersonal und
- Schutz der Bausubstanz.

Bei der Behaglichkeit ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob es sich vorwiegend oder ausschließlich um

- ein Sportbad oder
- eine Freizeit-/Erlebnis-/Wellnesseinrichtung

handelt. Aufgrund der österreichischen Badegewohnheiten, vor allem aber der - wenngleich auch regional stark unterschiedlichen – intensiven Fremdenverkehrsnutzung, stellen reine Sportbäder einen geringen Anteil dar (und sind daher auch nicht Inhalt dieser Untersuchung). Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, dem Planer, dem Ausführenden und dem Bauherrn Werkzeuge in die Hand zu geben, die bei Aufrechterhaltung der Behaglichkeit, den Schutz der Bausubstanz optimieren und den Energieverbrauch minimieren.

2.2 Inhalt und Gliederung des Pflichtenheftes

Das vorliegende Pflichtenheft stellt den wesentlichen Auszug aus dem Inhalt des Endberichtes (Langfassung) des gegenständlichen Forschungsauftrages dar und entspricht gleichzeitig dem (durch Klima- und Energiefonds bzw. des Bundes- und der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft vorgeschriebenen) „Publizierbaren Endbericht“. Von den acht Arbeitspaketen des Endberichtes, bleibt er auf die vier wesentlichen (inhaltlich relevanten) Arbeitspakete 3, 4, 5 und 6 beschränkt. Diese entsprechen den unten angeführten Hebeln, an denen angesetzt wurde, um die Thematik der Energieeffizienz bzw. der Möglichkeit von Einsparungspotentialen in ihrer Gesamtheit darzustellen:

A) Architektur und Bautechnik (Arbeitspaket 3)

- Baukörpertypologie - ökologisch und ökonomisch optimierter Entwurf
- Solararchitektur, aktive und passive Nutzung der Sonnenenergie
- Bauen mit Holz – ökologisches Bauen - auch für Schwimmbäder
- Energieeffizienz - Passivhaus-Bauweise

B) Bauphysikalische Aspekte zur Energieeffizienz (Arbeitspaket 4)

- Untersuchungen und Bewertungen von Detaillösungen hinsichtlich Bauphysik
- Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Baukonstruktion, im Besonderen auf den Holzbau
- Wärmebrückenfreie Bauteile und energieeffiziente Detaillösungen

C) Energieeffiziente Haus- und Schwimmbadtechnik (Arbeitspaket 5 und 6)

- Wasseraufbereitung und Sanitärtechnik
- Wärmeversorgung / Heizungstechnik
- Lüftungstechnik
- Steuer- und Regeltechnik
- Optimierung der Elektrotechnik – Eigenstromerzeugung

3 Inhaltliche Darstellung

3.1 Arbeitspaket 3 – Architektur- und Bautechnik

In diesem Arbeitspaket werden Möglichkeiten aufgezeigt wie die Erkenntnisse aus Baukörpertypologie, Energieeffizienz, Ökologie sowie der Solararchitektur, im Speziellen bei Wellnessbauten, einfließen können. Der grundlegende Entwurf eines Schwimmbades oder einer Wellnesseinrichtung trägt bereits in hohem Maße den Keim für Energieoptimierung oder Energieverschwendung. Hinsichtlich des Baugefüges liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit in der Holzbauweise, im speziellen in der Passivhausbauweise.

3.1.1 Ökologisch und ökonomisch optimierter Entwurf – Baukörpertypologie

Maßgeblich für einen energieoptimierten Entwurf ist vor allem das **Oberflächen-Volumen-Verhältnis (A/V-Verhältnis)²**, sowie der Anteil der sonnenzugewandten Fassade an der Gesamtansicht. Diesbezüglich bilden Südhänge große Vorteile, da die übrigen Fassadenanteile stark reduziert werden können. Aber auch bei ebenen Grundstücken besteht die Möglichkeit, die Südfassade vollständig zu öffnen und die übrigen Fassaden entsprechend hochwertig zu dämmen. In der Folge werden hier Projekte und deren energieeffizienter Entwurfsansatz beispielhaft dargestellt und beschrieben.

Was das **Oberflächen-Volumen-Verhältnis** anbelangt, bietet die Kugel die optimale Voraussetzung. Zwar ist ein Schwimmbad in Kugelform unrealistisch, aber die Halbkugel, das heißt, eine **Kuppel** mit einem kreisförmigen oder polygonalen Grundriss kommt diesem Ideal insofern sehr nahe, als die Grundrissfläche (also der Kreis oder das Polygon) immer noch (in der zweiten Dimension) das optimale Verhältnis von Umfang zu Fläche bietet und die Halbkugel in Kuppelform ein sehr günstiges A/V-Verhältnis aufweist. (siehe: Schwimmbad Biohotel Daberer und Schwimmbad Hotel Larimar).

Sollte die Idealform der Kuppel bzw. des kreisförmigen oder polygonalen Grundrisses aufgrund verschiedener Rahmenbedingungen nicht angestrebt werden, ist in weiterer Folge das **Quadrat** oder ein **Rechteck** mit einer breiten Südfront als ideale Baukörperform zu sehen. Als Beispiel mit quadratischem (in der zweiten Dimension) sowie mit würfelförmigem (in der dritten Dimension) Grundbaukörper, wird hier das Projekt „Die Wasnerin“ in Bad Aussee angeführt, bei welchem die südliche Fassade in abgeschrägter Form einen Wintergarten darstellt, welcher durch seine Ausrichtung nach Süden über das ganze Jahr ein hohes Maß an passiver Nutzung der Sonnenenergie ermöglicht.

Neben dem Kreis und dem Quadrat stellt auch die **Linse** als Baukörperform nicht nur eine architektonisch interessante, sondern auch eine energieeffiziente geometrische Form dar. Sie kann bei einer geschwungenen Längsfront optimal nach Süden orientiert werden, wobei hier zusätzlich der Einfall von Morgen- und Abendsonne genutzt werden kann. Weiters wird diese Form bei längsgestreckten Schwimmbecken eine praktikable räumliche Hülle bilden (als Projektbeispiel siehe „Golfhotel Gailtal“ mit Schwimmbad und Wellnessbereich).

Als weiteres Prinzip der Grundriss bzw. Baukörpertypologie wird hier die Möglichkeit des sogenannten **Zwiebelschalenprinzips** genannt. Die Anwendung des Zwiebelschalenprinzips in der Architektur bedeutet, dass der wärmste Raum als Zentralraum in der Mitte eines Gesamtobjektes situiert wird und von Räumen geringeren Energieniveaus umschlossen wird (Beispiel: „Hotel Edelweiss“, Wagrain).

² Das A/V-Verhältnis ist der Quotient aus der Oberfläche A und dem Volumen V.

Baukörpertypologie: Beispiele

Entwurfsbeispiele für neue, energieeffiziente Gesamtanlagen

Beispiel A: Wellnesshotel in Mösern (nicht realisiertes Wettbewerbsprojekt)

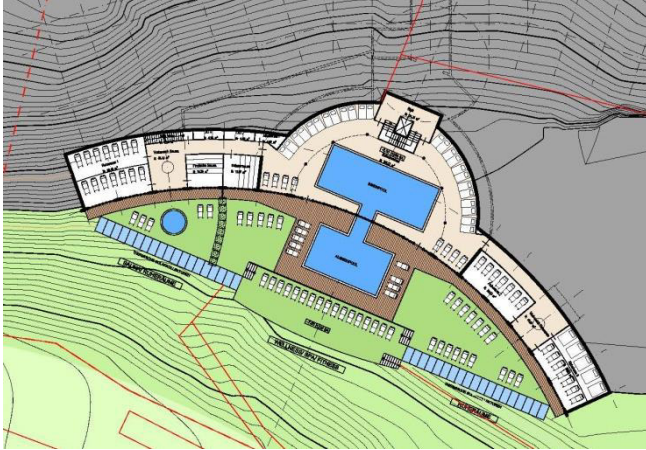


Abbildung 1: Grundriss Schwimmbad „Hotel Mösern“ in geschwungener Form mit klarer Südorientierung sämtlicher Räume



Abbildung 2: Photovolatkanlage „For Friends 4****S Hotel“, Mösern

Entwurfscharakteristische Wellnnessanlage For Friends Hotel Mösern:

- zweigeschoßiger, geschwungener Baukörper mit weitgehender Integration in das Gelände
- Öffnung des Baukörpers ausschließlich nach Süden bzw. Süd-Süd-West
- sämtliche Räume sind nach Süden orientiert und weitgehend aufgelast
- wärmster Raum (Schwimmbad) liegt im Zentrum
- Dachkante und Geländesprung werden für Solarthermie und PV-genutzt

Beispiel B: Golfhotel Gailtal (Projektstatus)



Abbildung 3: Frontalansicht „Golfhotel Gailtal“



Abbildung 4: Ansicht „Golfhotel Gailtal“

Entwurfskriterien:

- rein nach Süden ausgerichtete Schwimmbad- und Wellnesseinrichtung
- sämtliche Aufenthaltsräume sind nach Süden orientiert
- Wellnessanlage und Schwimmbad sind nordseitig ohne Außenwand konzipiert

Die Holzkuppel als energieeffiziente Grundform

Beispiel A: Schwimmbad „Biohotel Daberer“



Abbildung 5: Schwimmbadkuppel – „Biohotel Daberer“

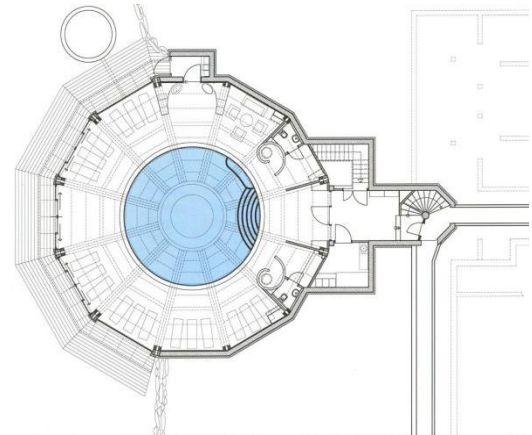


Abbildung 6: Grundriss Schwimmbad - „Biohotel Daberer“
ca. 50 % des Grundrisses sind von Erdreich umgeben

Entwurfskriterien:

- Kreis- bzw. Kuppelform der Schwimmhalle – Durchmesser ca. 18 m
- Ebenerdiger Baukörper weitgehend ins Gelände integriert
- Belichtung lediglich über die Südfront bzw. über eine Dachkuppel

Beispiel B: Schwimmbad „Hotel Larimar“



Abbildung 7: Holzkuppel und Galerie Schwimmbad „Hotel Larimar“

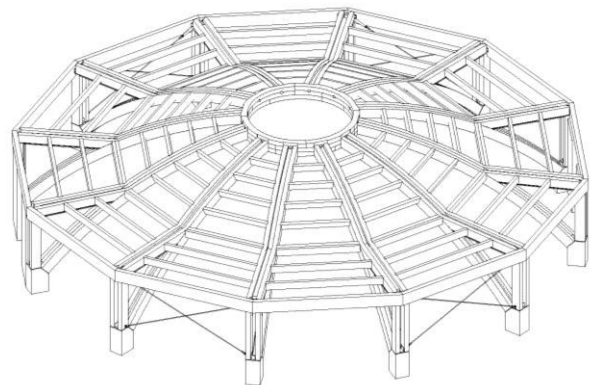


Abbildung 8: Konstruktionszeichnung Schwimmbadkuppel

Entwurfskriterien:

- Kreis- bzw. Kuppelform der zweigeschoßigen Schwimmhalle – Durchmesser ca. 22 m
- Baukörper weitgehend ins Gelände integriert
- Belichtung lediglich über die Südfront bzw. einer Dachkuppel

Die Bauform der Kuppel verfügt über eine große Attraktivität in der räumlichen Wirkung und stellt statisch ideale Voraussetzungen für die stützenfreie Überspannung großer Räume dar. Im Speziellen sind bei Kuppelkonstruktionen individuelle Detailausbildungen für die Be- und Entlüftung erforderlich.

Das nach Süden offene und nordseitig geschlossene Rechteck

Beispiel A: Neue Schwimmhalle – Hotel „Die Wasnerin“



Abbildung 9: Innenraum Schwimmbad Hotel „Die Wasnerin“



Abbildung 10: Außenfoto Schwimmbad „Hotel Wasnerin“

Entwurfskriterien:

- quadratischer Baukörper nach Süden ausgerichtet
- große Schrägverglasung für die passive Nutzung der Sonnenenergie
- die Schrägverglasung lässt sich im Sommer zu 2/3 öffnen, um einer möglichen Überhitzung entgegenzusteuern

Beispiel B: Passivhausschwimmbad „Hotel Edelweiss“

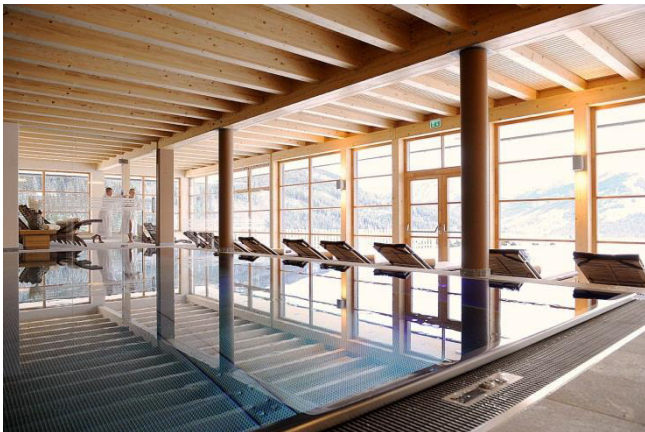


Abbildung 11: Das Schwimmbad in Passivhausbauweise des „Hotels Edelweiss“ wurde 2011 mit dem Energy Globe des Landes Salzburg ausgezeichnet.

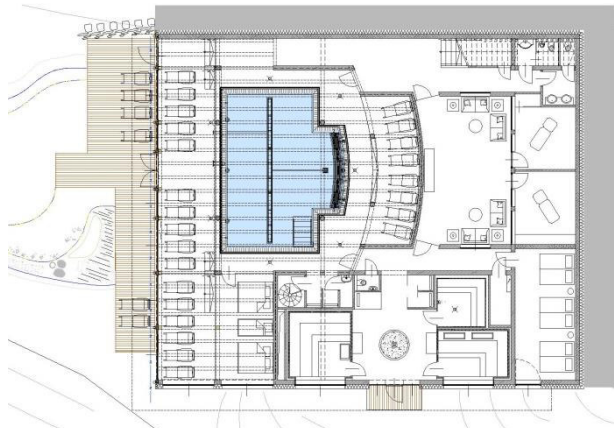


Abbildung 12: kompakter Grundriss – Zwiebelschalenprinzip – Belichtungsflächen ausschließlich nach Südwesten und Südosten, NW und NO Fassade vollständig erdberührend

Entwurfskriterien:

- der gesamte Baukörper ist weitgehend in das Gelände integriert
- Verglasungsflächen ausschließlich nach Südwesten und Südosten
- Zwiebelschalenprinzip – Schwimmbad ist umgeben von übrigen Bereichen

3.1.2 Solararchitektur, aktive und passive Nutzung der Sonnenenergie - Tageslichtoptimierung – energieeffiziente Belichtung und Beleuchtung

Grundsätzliches zu Baukörper und Solararchitektur

Ein ganz wesentlicher Aspekt des ökologischen Bauens ist die Nutzung der Sonnenenergie und die sich daraus ergebende Chance, fossile Brennstoffe zu substituieren. Für den architektonischen Entwurf ergeben sich daraus Möglichkeiten neuer sinnfälliger und interessanter Formgebung von Baukörper und Fassade.

"Der Begriff "Solararchitektur" steht dabei für die Kunst, Baumaßnahmen in einer Weise zu planen und umzusetzen, die der Bedeutung der Sonne als einzige unerschöpfliche Ressource gerecht wird. "Solararchitektur" beschreibt dabei nicht zwangsläufig einen neuen, "gläsernen" Baustil, sondern vielmehr einen oft unscheinbaren, aber umso wirkungsvolleren Qualitätsstandard unserer Gebäude." ³

Neben der direkten oder „passiven“ Nutzung der Sonnenenergie durch die Planung und Herstellung zur Sonne hin orientierter Glasflächen, gibt es nach derzeitigem Stand der Technik zur Nutzung der Sonnenenergie weiters die Solarthermie und die gebäudeintegrierte Photovoltaik.

Auch für Schwimmbäder wird man aus Kostengründen bestrebt sein, gebäudeintegrierte Lösungen für Solarthermie und Photovoltaik zu finden. Die naheliegendste Art ist die Integration in Dachflächen, da der Wirkungsgrad bei schräg gestellten Kollektoren der Beste ist. Diesbezüglich bietet die regionaltypische Architektur ideale Voraussetzungen. Bei zeitgenössischen Gebäuden mit Flachdächern ist meist die fassadenintegrierte Lösung die einzige Möglichkeit, Kollektoren in die Gebäudehülle zu integrieren. Das Aufstellen von Kollektoren auf Flachdächern ohne Bezug der optischen Neigung zum Baukörper, kann eigentlich nur als Verlegenheitslösung bezeichnet werden, welche in den seltensten Fällen architektonisch überzeugen kann und in der Regel immer mit zusätzlichen Kosten verbunden ist.



Abbildung 13: „Kärntner Badehaus“ in Millstatt in PH- und Holzbauweise mit Solarthermie und PV-Anlage

³ UNIVERSITÄTSLEHRGANG SOLARARCHITEKTUR 97/98, Seite 4, Zentrum für Bauen und Umwelt Donau-Universität Krems

Beispiele für dachintegrierte Solarthermie und Photovoltaik



Abbildung 14: Hotel „Die Wasnerin“ Bad Aussee; die südwestliche Hälfte des Atriums ist mit thermischen Kollektoren für die Schwimmbadheizung bestückt.



Abbildung 15: Erweiterung „Mountain Resort Feuerberg“, Gerlitzen; dachintegrierte thermische Solarkollektoren zur Erwärmung des Badeteiches.



Abbildung 16: Sanitärgebäude „Camping Knaller“; südliche Dachfläche mit thermischen Kollektoren bestückt, Warm-Wasserspeicher deckt 100 % des Brauchwassers ab.



Abbildung 17: „For Friends Hotel“, Mösern; Kollektoren am und als Geländestufe (nicht realisiertes Wettbewerbsprojekt).

Passivhaushersteller und Hersteller von thermischen Solarkollektoren nehmen jeweils zu recht für sich in Anspruch, zukunftssträngige, energieeffiziente Systeme herzustellen. Durch den extrem niedrigen Energiebedarf von Passivhäusern ist allerdings die Bestückung mit Solarkollektoren bei Einfamilienhäusern oftmals nicht wirtschaftlich bzw. notwendig. Diese Problematik löst sich einerseits mit Plus-Energiehäusern auf, aber auch bei der Planung von Schwimmbädern sind Passivhaus und Solararchitektur kein Widerspruch. Im Gegenteil, der hohe Energieverbrauch von Schwimmbädern rechtfertigt sowohl die Passivhausbauweise als auch den gezielten Einsatz von Solararchitektur in jeder Hinsicht.

3.1.3 Zonierung für Belichtung und Beleuchtung

Wie bereits vorne beschrieben, kann die gezielte Führung von Tageslicht in hohem Maße zur Energiesenkung von Gebäuden, im Speziellen von Schwimmbädern und Wellnesseinrichtungen, beitragen. Bei großen Raumtiefen ist es daher sinnvoll, die Beleuchtungsplanung auf die Nutzung des Tageslichts abzustimmen. Dies ist durch eine Zonierung der Lichtauslässe mit getrennten Schaltkreisen möglich. Beim 1. Kärntner Badehaus in Millstatt wurden sämtliche Aufenthaltsbereiche wie Lobby, Restaurant, Ruheräume und Verkehrswege hinsichtlich der Situierung von Lichtauslässen bzw. Beleuchtungskörpern zoniert und werden getrennt geschaltet, sodass bei ausreichend Tageslicht in der Regel nur ein oder zwei Drittel der Gesamtbeleuchtung eingeschaltet werden muss. An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass jegliche energieeffiziente Haustechnikplanung nur in Kombination mit der Erstellung eines Pflichtenheftes für den Betreiber und einer darauffolgenden Einschulung für die sparsame Führung eines Gebäudes funktioniert.



Abbildung 18: Zonierung der Lichtauslässe in drei Zonen beim „1. Kärntner Badehaus“ in Millstatt. Die drei Beleuchtungszonen sind getrennt von einander ein- und ausschaltbar.

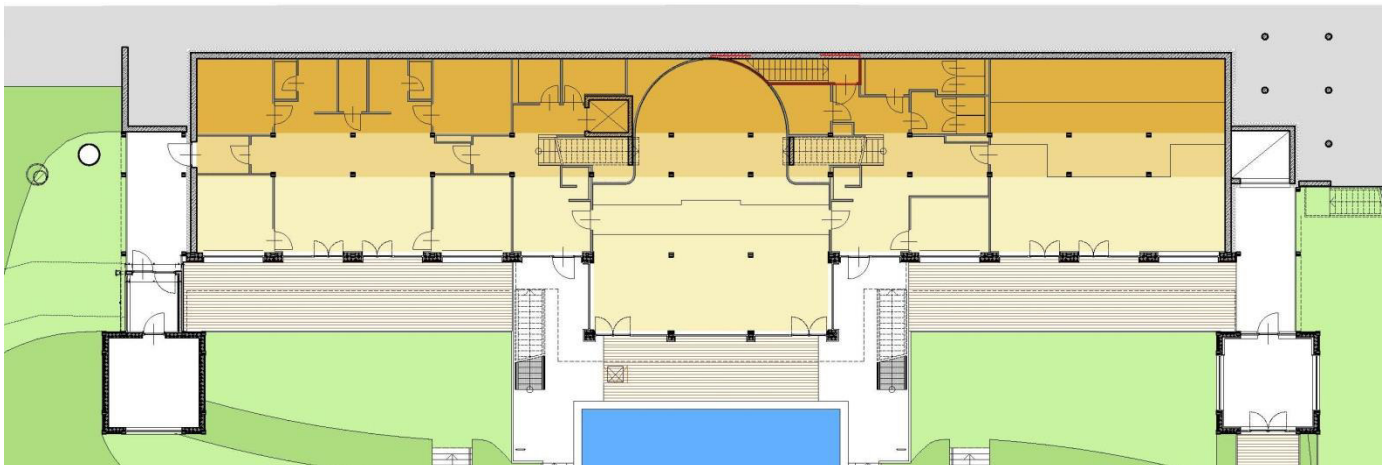


Abbildung 19: Grundriss Untergeschoß - Zonierung der Lichtauslässe im „1. Kärntner Badehaus“ in Millstatt (3 Zonen)

3.1.4 Tageslichtquotient – Tageslichtoptimierung

„Der Primärenergieeinsatz zur Sicherstellung einer ausreichenden Beleuchtung, erreicht bei Nichtwohngebäuden bedeutende Größenordnung. Im Sinne einer nachhaltigen Energieeffizienzstrategie sollen, wo dies Gesamtwirtschaftlich vertretbar ist, alle baulichen Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die dazu beitragen, den Kunstlicheinsatz zu reduzieren. Dazu zählt neben der Wahl der Reflexionsgrade der Raumumfassungsflächen vor allem die Optimierung der transparenten Flächen.“⁴

„Der Tageslichtquotient (D) gibt das Verhältnis der im Gebäude tatsächlich vorhandenen Beleuchtungsstärke (E_p) zur außerhalb des Gebäudes verfügbaren Beleuchtungsstärke, gemessen auf einer horizontalen Fläche (E_{HZ}), an: $D = E_p / E_{HZ}$ (%)

Die durchschnittliche Beleuchtungsstärke im Freien beträgt bei bedecktem Himmel 10.000 Lux. Bei einer gewünschten Beleuchtungsstärke im Hallenbad von 300 Lux, muss der Tageslichtquotient min. 300 % erreichen.“⁵

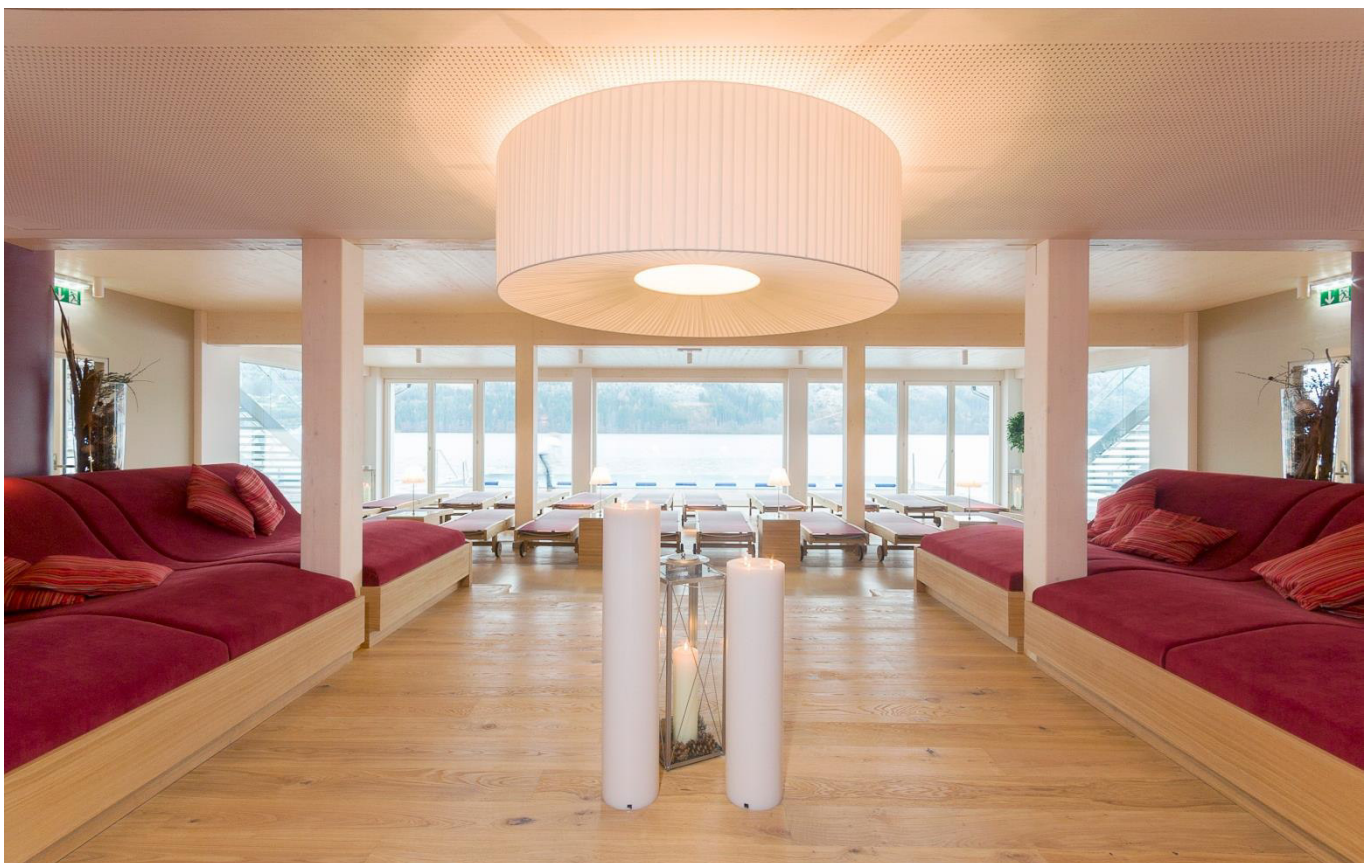


Abbildung 20: Zentraler Ruheraum im „1. Kärntner Badehaus“ in Millstatt

⁴ Autorinnen und Autoren des Passivhausinstitut Darmstadt und weiterer am Projekt „Lünen“ Beteiligter. Intergrale Planung für die Realisierung eines öffentlichen Hallenbades mit Konzepten der Passivhaustechnologie, Endbericht Lünen, Passivhausinstitut Darmstadt, Dezember 2011
5 wie oben

3.1.5 Bauen mit Holz – ökologisches Bauen – auch für Schwimmbäder

Grundsätzliches

Viele Bausachverständige und Bauphysiker stehen dem Baustoff Holz im Schwimmbadbereich reserviert gegenüber. Grund dafür sind Schadensfälle von Holzkonstruktionen in Schwimmbädern. Aber ähnlich wie beim Bauen mit Holz im Allgemeinen, wo problematische Detaillösungen und fehlender konstruktiver Bautenschutz vielerorts das Bauen mit Holz pauschal in Verruf gebracht hat, haben auch bei Hallenbädern bauphysikalisch oder bautechnisch problematische Holzkonstruktionen dem Ruf des Holzes Schaden zugefügt.

Daher kommt der fachgerechten Anwendung des Baustoffes Holz in Schwimmbädern, im Speziellen für energieeffiziente bzw. passivhaustaugliche Bauteile, vor allem Wand- und Dachaufbauten eine große Bedeutung zu. Es ist klar zu unterscheiden, ob Holz „vor“ oder „nach“ der Dampfsperre zur Anwendung gelangt. Die ökologischen Vorzüge des Baustoffs Holz sind unbestritten. Aber auch Baubiologie, Statik und die Kosten sprechen für die Verwendung dieses Baustoffs.

„Bauen mit Holz ist aus ganzheitlicher Sicht anderen Bauweisen vorzuziehen. Dafür sprechen ökologische, wirtschaftliche, volkswirtschaftliche, baubiologische, wohnphysiologische und statische Gründe. Stahl, Stahlbeton und Ziegel sind Baustoffe, welche im Zuge ihrer Herstellung große Mengen CO₂ freisetzen und Sauerstoff binden. Holz hingegen ist ein CO₂-neutraler Baustoff. „Wenn wir den Holzbau stärken wollen, müssen wir daher die Prinzipien traditioneller Holzbauten studieren und verbessern, aus den Fehlern der Vergangenheit lernen, sowie die industriellen Technologien verbessern, um die großen Chancen des Baustoffs nicht durch Fehler in der Anwendung zu mindern. Vor allem gilt es Detaillösungen zu entwickeln, die den extremen bauphysikalischen Bedingungen gerecht werden. Dadurch erst kann die Akzeptanz für das Holz bei den Menschen in der geeigneten Art und Weise wieder gewonnen werden.“⁶

Aus ganzheitlicher Sicht ist es sinnvoll, dem Holz sowohl für Primärkonstruktionen als auch für den Innenausbau den Vorzug zu geben. Aus Erfahrung der Planung von Schwimmbädern lässt sich klar feststellen, dass der CO₂-neutrale Baustoff Holz für Schwimmbäder über ein enormes Potenzial verfügt, dass es aber notwendig ist, zwischen bauphysikalisch „riskanten“ und „sicheren“ Konstruktionsdetails zu unterscheiden. Weiters kann aus der Erfahrung bisheriger Planungen und Ausführungen bestätigt werden, dass Holz als Baumaterial auch für den Innenausbau von Schwimmbädern, anderen zur Diskussion stehenden Materialien, überlegen ist, auch was seine Beständigkeit gegenüber der hohen Luftfeuchtigkeit, des Chlor- oder Solegehaltes des Wassers, betrifft.

In den letzten Jahren, wurde – nicht zuletzt aufgrund von aufgetretenen Bauschäden – innerhalb der Holzforschung wertvolle Arbeit geleistet, vor allem was den bauphysikalisch, einwandfreien Aufbau von Holzkonstruktionen betrifft. Bis vor einigen Jahren wurden von Seiten der Bauphysik durchaus noch Holzkonstruktionen innerhalb der Dämmungen zwischen zwei Sperrschichten als mögliche Lösungen für machbar gehalten, in dem man Dachaufbauten, das Dach von oben gegen Witterung und den Raum von unten gegen Feuchtigkeit, durch Dampfbremsen schützte: „Diesem Aufbau lag die Idee einer kompletten

⁶ RONACHER Herwig, Architektur und Zeitgeist, Verlag Johannes Heyn, 1998

Luftdichtheit zugrunde, nach dem Motto: Wenn von außen und innen keine Feuchtigkeit eindringen kann, dann ist die Konstruktion sicher. Diese absolute Luftdichtheit ist aber in der Praxis nicht herstellbar. Dafür ist die Fehleranfälligkeit bei Bauteilanschlüssen und Durchdringungen beim Bau zu hoch. Immer wieder fand die Luft dann doch ihren Weg durch eine Fuge in die Dachkonstruktion. Das Wasser kondensierte im Dachinneren und konnte aufgrund dieser „Dicht-dicht“-Konstruktion weder nach innen noch nach außen entweichen. Im besten und häufigsten Fall beschädigte das Kondensat nur die äußere Beplankung, im schlechtesten Fall sogar die Tragkonstruktion. Inzwischen hat man daraus gelernt und rät von dieser nur in der Theorie optimalen Konstruktion ab.“⁷ „Aber selbst die neue Entwicklung von feuchteadaptiven Dampfbremsen, welche für Räume mit „normalen“ Innenklima gute Ergebnisse bieten, sind für Schwimmbäder nicht zu empfehlen.“⁸ Als sicherste Dämmung ist für Schwimmbäder eindeutig die Aufdachdämmung anzusehen und innerhalb dieser Dämmung sollte der Baustoff Holz nicht angewandt werden. Eine sehr hohe Bedeutung kommt natürlich auch bei Aufdachdämmungen, der Luftdichtheit und der optimalen Verarbeitung der Dampfbremse bzw. der Dampfsperre von unten zu, wobei nachträgliche Dachdurchdringungen vermieden werden sollten. Ist dies unumgänglich, sind die Abdichtungsarbeiten unter Verwendung von Manschetten durchzuführen.

Martin Teibinger bringt die Problematik von Holzbauteilen zwischen Abdichtungen innen und außen auf einen einfachen Nenner: „Dicht-dicht = Planungsfehler. In der praktischen Umsetzung ist allerdings immer mit leichten Luftundichtheiten und somit zusätzlichen Feuchteinträgen zu rechnen. Das Material kann bei „Dicht-dicht“-Aufbauten durch die so eingedrungene Feuchtigkeit nicht mehr austrocknen und es ist mit Bauschäden zu rechnen. Holzkonstruktionen mit beidseitig diffusionsdichten Baustoffen entsprechen aus den diesem Grund nicht mehr dem Stand der Technik.“⁹ Martin Teibinger verweist darauf, dass selbst die in den letzten Jahren entwickelten, feuchteadaptiven Dampfbremsen für den Einsatz von Schwimmbädern nicht der geeignete Ausweg sind: „Die Produkte und ihr Einsatz sind somit vom Innenklima und den Temperaturen auf dem Dach abhängig. Bei Nutzungen mit hohen mittleren Luftfeuchtigkeiten während des Winters und bei Konstruktion mit geringen Temperaturen auf dem Dach während des Sommers funktionieren die Aufbauten nicht bzw. nur eingeschränkt.“¹⁰

Bei allen hier gezeigten Projekten (Hotel Larimar, Kärntnerhof / Hotel Edelweiss / Hotel Sonnenalpe am Nassfeld sowie Schwimmbad Wasnerin) kamen im Schwimmbadbereich ausschließlich Aufdachdämmungen zum Einsatz, bei welchen sich oberhalb der Dampfsperre, also zwischen Dampfsperre und Dachabdichtung keine Holzbauteile befanden, wie in den Abbildungen 31 und 32 ersichtlich ist: In Ergänzung zu den vorher dargestellten Holzkonstruktionen für Kuppelbauten und rechteckige Grundrisse, werden auf den folgenden Seiten zwei weitere Schwimmbäder sowie drei Wellnessseinrichtungen aus Holz beispielhaft dargestellt.

⁷ ISOPP, Anne, Zuschnitt 47, Seite 3, pro Holz Austria, Ausgabe Nr. 47, September 2012

⁸ ISOPP, Anne, Zuschnitt 47, Seite 8, pro Holz Austria, Ausgabe Nr. 47, September 2012

⁹ TEIBINGER, Martin, Zuschnitt 47, Seite 10, pro Holz Austria, Ausgabe Nr. 47, September 2012

¹⁰ wie oben

Weitere Beispiele für Holzkonstruktionen in Schwimmbädern

Beispiel A: Schwimmbaddach im „Kärntnerhof“ als bionische Holzkonstruktion



Abbildung 21: Schwimmbad „Kärntnerhof“ als „bionische“ Holzkonstruktion. Als Vorbild dient eine 12-blättrige Blüte.

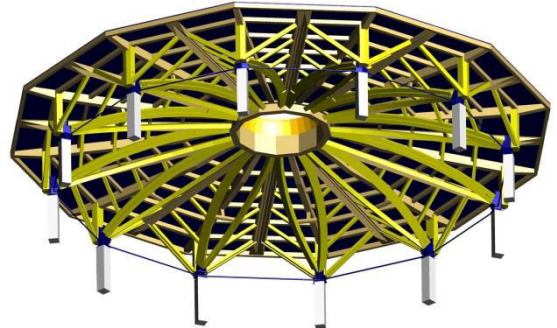


Abbildung 22: 3D-Modell Konstruktionszeichnung - „Kärntnerhof“

Entwurfskriterien:

- polygonales Holzfaltwerk der Schwimmhalle
- ebenerdiger Baukörper
- Belichtung lediglich über die Südfront bzw. über eine Dachkuppel

Beispiel B: Holzbalkendecke Schwimmbad „Sonnenalpe Nassfeld“



Abbildung 23: Hotel „Sonnenalpe Nassfeld“ mit sichtbarer Holzbalkendecke, Spannweite ca. 8,5 m.



Abbildung 24 : Neben dem Schwimmbad wurden auch zwei bis drei Bettengeschoße aus konstruktivem Holzbau errichtet .

Entwurfskriterien:

- Südfassade als Holzkonstruktion mit hohen solaren Einträgen.
- einfache Grundrissform (Rechteck) ohne jegliche Vor- oder Rücksprünge ohne Nord- und Ostfassade
- einfache Form des Außenbeckens mit Rollabdeckung

3.1.6 Baubiologische Aspekte für Wellnesseinrichtungen aus Holz

Die baubiologischen bzw. gesundheitsfördernden Aspekte des Baustoffs Holz wurden durch zwei Studien des Joanneum Research bestätigt und wissenschaftlich abgesichert.¹¹ Demnach hat Massivholz, im speziellen das Zirbenholz, positive Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Menschen. Was für Schulen, Aufenthalts- und für Schlafräume nachgewiesen werden konnte, sollte für Wellnesseinrichtungen erst recht Gültigkeit haben: Verlangsamung der Herzfrequenz, Erhöhung der Konzentrationsleistung und vor allem die beruhigende Wirkung durch die Gestaltung von Räumlichkeiten mit Massivholz. In der Folge drei Beispiele:



Abbildung 25: Schwimmendes Saunahaus am Pressegger-See mit 60 cm starken Styropor-Schwimmkörpern



Abbildung 26: Schwimmendes Saunahaus von außen – mit Brettsperrholzdecke aus Fichtenholz



Abbildung 27: Wellnesspenthouse Hotel „SeeRose“; zur Gänze aus konstruktivem Holzbau errichtet



Abbildung 28: Hotel „SeeRose“ - Zirbenholzsauna mit Seeblick



Abbildung 29: „Mountain Resort Feuerberg“ - sämtliche Wellness-erweiterungen wurden in konstruktivem Holzbau errichtet.



Abbildung 30: Ruheraum „Mountain Resort Feuerberg“ im Holzbau mit Lärchenwandvertäfelung innen

¹¹ JOANNEUM RESEARCH: Zirbenholz schafft messbares Wohlbefinden, Graz, 2003

JOANNEUM RESEARCH: Schule ohne Stress – Klassenräume mit Massivholz-Ausstattung – Ein Beitrag zur Verhältnisprävention, Graz, 2003

Dachaufbauten bei Holzkonstruktionen

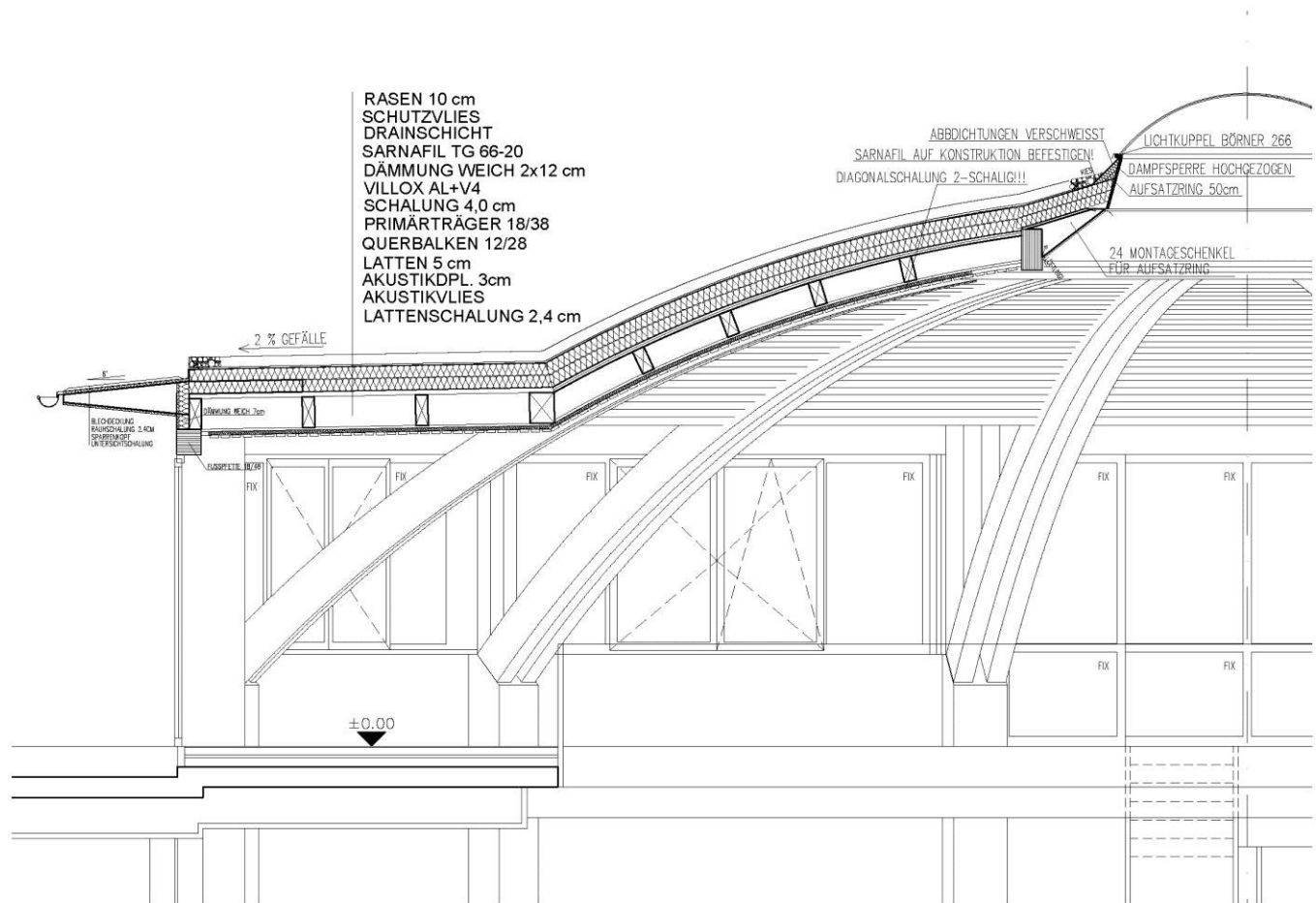


Abbildung 31: Schnitt durch Kuppel-Konstruktion des Schwimmbades Hotel „Larimar“.
Die Vordachkonstruktion ist statisch und somit auch thermisch von der inneren Holzkonstruktion getrennt.

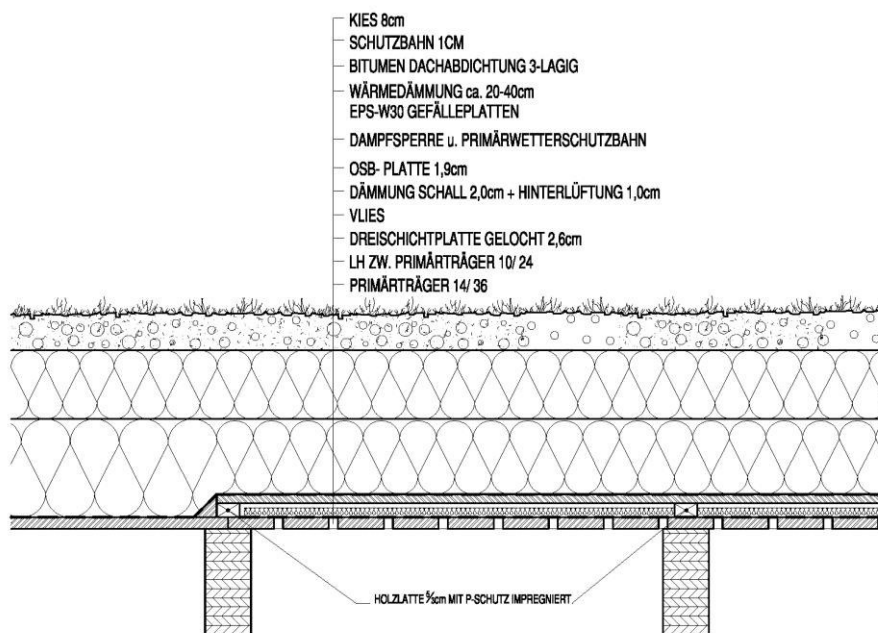


Abbildung 32: Flachdach Schwimmbad Hotel "Die Wasnerin": mit akustisch wirksamer Holzuntersicht (Lamellen).

3.1.7 Passivhaus-Bauweise und Baustoff Holz

Grundsätzliches

Innerhalb der letzten zehn Jahre ist ein gewaltiger Entwicklungsschub im Bau geschehen. Die Idee, die Wärmeverluste über die Gebäudehülle derart stark zu verringern, dass die spezifische Heizlast bei Wohnhäusern unter 10 W/m^2 liegt, ist faszinierend. Die restliche noch benötigte Energie zum Heizen der Räume erfolgt durch passive Wärmequellen. Das heißt, dass allein die Abwärme von Haushaltsgeräten, von Glühbirnen sowie der Gewinn aus der Sonneneinstrahlung und die Oberflächenwärme der Menschen selber ausreichen, um ein Gebäude zu erwärmen.

Im Jahr 2007 wurde das 1.000ste Passivhaus gefeiert. Im Jahre 2009 bereits die 5.000er Marke überschritten¹². Die Entwicklung ist eindrucksvoll und zeigt die Zukunftsträchtigkeit dieses Haustyps. Passivhäuser sind heute leistbar. Vor allem dann, wenn die Energieeinsparung in die Gesamtkostenaufstellung einfließt. „Das Passivhaus ist Umweltschutz direkt an der Wurzel“¹³, daher kann das Passivhaus als ökologisches Gebäude bezeichnet werden. Die kontrollierte Wohnraumlüftung verleiht dem Passivhaus zusätzlich einen höheren Raumkomfort, als es Wohnhäuser ohne dieses Heizsystem aufweisen. Der jährliche Heizwärmebedarf für Wohnhäuser liegt unter $15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$. Grundlage für die Projektierung und Planung von Passivhäusern ist das Passivhausprojektierungspaket (PHPP),¹⁴ wobei für die Planung von Schwimmbädern anzumerken ist, dass durch den enorm hohen Haustechnikanteil die Berechnungen im Zuge der Planung sehr aufwendig sind und die für Wohnbauten angesetzten Grenzwerte lediglich für die Gebäudehülle erreicht werden können. Dennoch ist es naheliegend, diese technologischen Erfahrungen bei Gebäuden, die aus den vorne beschriebenen Gründen – extrem viel Energie benötigen, wie eben Schwimmbädern – zur Anwendung zu bringen. Die bisher einzige, den Verfassern dieses Forschungsauftrages bekannte Studie zum Thema Schwimmbäder und Passivhausbauweise, wurde vom Passivhausinstitut Darmstadt erstellt. Auf die Inhalte dieses Berichtes wird in der Forschungsarbeit weiter hinten noch fallweise eingegangen.¹⁵

Was die Dach- und Wandaufbauten der Passivhausbauweise in Holz betrifft, so gelten im Grunde die gleichen Regeln wie vorher beschrieben. Die Luftdichtheit ist beim Passivhaus zusätzlich durch den sogenannten Blower-Door-Test nachzuweisen. Der zulässige Wert n_{50} muss unter 0,6 liegen. In Folge werden hier die ersten zwei in Österreich errichteten Schwimmbad- bzw. Wellnesseinrichtungen in Passivhausbauweise beschrieben. Dies sind das Projekt „Schwimmbad Hotel Edelweiss“ in Wagrain sowie das 1. Kärntner Badehaus in Millstatt. Im ersteren Fall, handelt es sich um ein klassisches Hotel-Schwimmbad der 4-Sterne Kategorie mit Innenbecken, wo die bauliche Hülle im Standard der Passivhausbauweise weitgehend aus Holz errichtet wurde (Saunabereich massiv). Im zweiten Fall, beim 1. Kärntner Badehaus, handelt es sich um ein Gebäude in reiner Holzkonstruktion, bei welchem im Inneren die klassischen Wellnesseinrichtungen wie Sauna, Massagen, Ruheräume, etc. errichtet wurden, während es sich beim Schwimmbecken um ein Außenbecken handelt. Im Folgenden werden diese Bereiche im Detail beschrieben.

¹² Vortrag DI Günther LANG 09.09.2009 in Finkenstein bei der IG Passivhaus Kärnten

¹³ Literaturnachweis: Thomas Königstein; Ratgeber energiesparendes Bauen

¹⁴ Als „Erfinder“ des Passivhauses gilt Prof. Dr. Wolfgang Feist. Als Planungsgrundlage dient das von ihm bzw. vom Passivhausinstitut Darmstadt entwickelte Passivhausprojektierungspaket (PHPP).

¹⁵ Grundlagenuntersuchung der bauphysikalischen und technischen Bedingungen zur Umsetzung des Passivhauskonzepts im öffentlichen Hallenbad, Passivhausinstitut Darmstadt, 2009

3.1.7.1 „Hotel Edelweiss“, Wagrain – Schwimmbad in Passivhausbauweise

Anfang Dezember 2010 wurde mit dem Schwimmbad des „Hotels Edelweiss“ in Wagrain das erste in Passivhausbauweise geplante Schwimmbad ausgeführt, fertiggestellt und eröffnet. Alle baulichen Komponenten entsprechen diesem höchsten Standard an energieeffizienter Bauweise. Darüber hinaus wurde der Beckenkörper voll wärmegeklämt und eine Fülle energiesparender, technischer Einrichtungen installiert. Die primäre Aufgabe der Architekturplanung war es, eine kompakte und konsequent nach Süden geöffnete Baukörperausformung zu entwerfen. Das Gebäude wurde weitgehend ins Erdreich integriert, die Hülle konsequent und hochwertig wärmebrückenfrei ausgeführt. Im Schwimmbadbereich dominiert das Holz als ökologischer, regenerierbarer heimischer Werkstoff. Die Haustechnikplanung und Ausführung erfolgte durch den damaligen Leiter der IG-Passivhaus Salzburg, Herrn Ing. Franz Kramer. Dabei wurden eine Reihe von energieeffizienten Maßnahmen zum Einsatz gebracht: hochenergieeffiziente Wärmerückgewinnung der Lüftungs- und Schwimmbad-Entfeuchtungsanlage, Wärmerückgewinnung der Saunaabluft, Wärmerückgewinnung des Duschwassers und Schwimmbadabwassers aus den Überlaufrinnen (welches ansonsten ungenützt warm in den Abwasserkanal geleitet wird), Verzicht auf Zirkulationsleitungen aufgrund ausgeklügelter, wirtschaftlicher Leitungsführung, Einsatz von stromoptimierten Geräten bei Pumpen. Die restliche Heizenergie wird ausschließlich durch eine Wärmepumpe mit Tiefenbohrungen gewonnen. Die Energieeinsparung gegenüber konventionellen Schwimmbädern beträgt mehr als 50 %.

Energieeffiziente Entwurfskriterien und Gebäudekomponenten

- Der Baukörper wurde weitgehend in das natürliche Gelände integriert (Nordwest- und Nordostseite), U-Wert der erdberührenden Wände: $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Südwest- und Südostfassade mit hohen solaren Einträgen.
Passivhaus-Fenster $U_g = 0,5$, $U_f = 1,1$,
Außenwände: U-Wert von $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$. Boden: U-Wert: $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Zwiebelschalenprinzip bei Schwimmhalle als wärmster Raum (32°C) umgeben von Ruhebereichen (ca. 25°C).
- Einfache Grundrissform (kurzes Rechteck) ohne jegliche Vor- oder Rücksprünge mit völlig geschlossener Hülle im Nordwesten und Nordosten.
- Zentrale Lage des Technikraumes mit kompakter Form innerhalb der Passivhaus-Hülle mit einem U-Wert von $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ im Bodenaufbau

Konstruktive Ansätze und Details

- Fassadendurchdringende Holzbauteile, wie Balken oder Primärträger - selbsttragende Vordachkonstruktionen
- Holz-Konstruktionen ausnahmslos innerhalb der dampfbremsenden Schichten, um die Gefahr von Feuchteschäden im Holzbereich zu minimieren
- Intensiv-Gründach über die gesamte (weitgehend geschlossene) Dachfläche; Gefälle des Gründaches nach außen - keine Innenentwässerungen U-Wert $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Doppelte Dampfbremse im Holzdachbereich
- Alle tragenden Holzteile in Brandwiderstandsklasse EI 60

Neue Energien 2020 - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

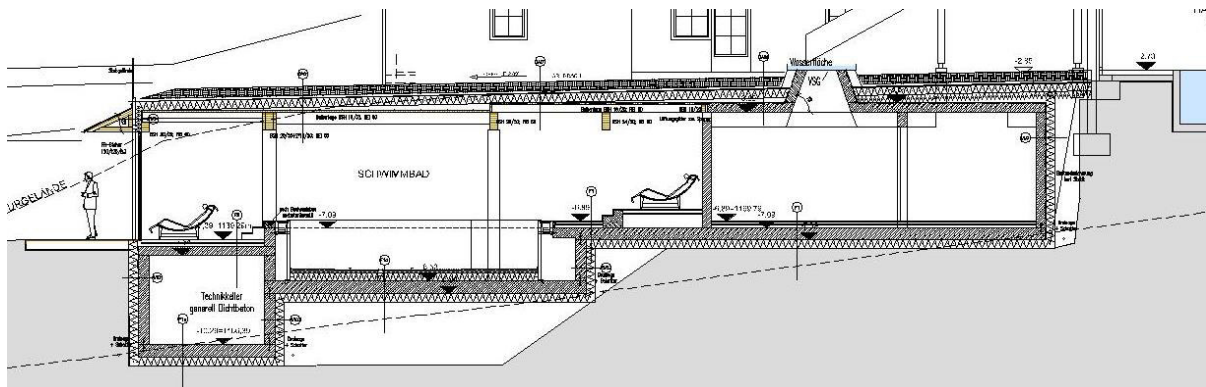


Abbildung 33: Schnitt durch den Schwimmbad- und Wellnessbereich, PH-Hülle über das gesamte Bauwerk



Abbildung 34: „Hotel Edelweiss“ in Wagrain mit neuem Schwimmbad in der untersten Ebene samt Teich



Abbildung 35: "Hotel Edelweiss" - Schwimmhalle mit Holzbalkendecke in Passivhausbauweise

3.1.7.2 Das „1. Kärntner Badehaus“ in Millstatt – ein Holzbau in Passivhausbauweise

Das 1. Badehaus steht am Uferbereich in Millstatt und folgt dem Motto „warmer Raum, warmes Wasser und draußen windgeschützt liegen können“. Im bewussten Gegensatz zu den Massenthermen und Hallenbädern ist es „klein & fein“ gestaltet, bietet 35°C warmes Wasser direkt am See und ermöglicht in Kombination mit dem warmen Ruhebereich und der See-Sauna eine Verlängerung der Badezeit und eine ganzjährige See-Nutzung. Die Gesamtinszenierung des Badehauses als neuer Gebäudetyp weckt Emotionen durch „Sehnsuchts-Design“. Das Gebäude verfügt über helle und warme Ruhereiche mit Privatsphäre als „Wellness-Wohnzimmer“ mit insgesamt ca. 150 Liegen. Auch die folgenden Kärntner Badehäuser sollen in hohem Maße nach energieeffizienten und ökologischen Prinzipien errichtet werden. Dies ist einerseits durch die bauliche Hülle in reiner Holzbauweise und in Passivhausqualität gegeben, andererseits durch die Ausschöpfung vieler technischer Erkenntnisse hinsichtlich einer energieeffizienten Heizungs-, Lüftungs- und Schwimmbadtechnik. Zudem wurde der Baukörper derart konzipiert, dass die gesamte Dachfläche zur Südwestseite mit Solarthermie ausgestattet werden konnte, um einen beträchtlichen Teil der erforderlichen Energie durch solare Gewinne abzudecken. Die Passivhaushülle wurde nicht nur für die oberirdischen Geschoße, sondern auch für den Technikraum konzipiert. Ebenso wurde eine energieeffiziente Lüftungstechnik für eine Wärmerückgewinnung hergestellt. Die Saunalüftung wird über einen Klimamanager geregelt. Das heißt, der CO₂-Gehalt in den Saunakabinen wird gemessen und regelt je nach Bedarf die Lüftungsleistung. Wesentliche Erkenntnisse der Energieeffizienz aus dem ersten Passivhausschwimmbad „Hotel Edelweiss“ in Wagrain, sind in dieses Projekt eingeflossen. Ende November 2012 wurde das Badehaus in Millstatt fertig gestellt.

Weitere technische Details, vor allem hinsichtlich energieeffizienter Haus- Schwimmbad- und Lüftungstechnik, werden weiter hinten in den Arbeitspaketen 6 und 7 genauer beschrieben.

Grundrisse „Kärntner Badehaus“ UG und KG



Abbildung 36: Untergeschoß des „Kärntner Badehauses“ mit Saunanlage, Ruheräume und beheiztem Außenpool

„Kärntner Badehaus“ – Detailpläne Wandaufbauten und Anschlüsse in PH-Bauweise

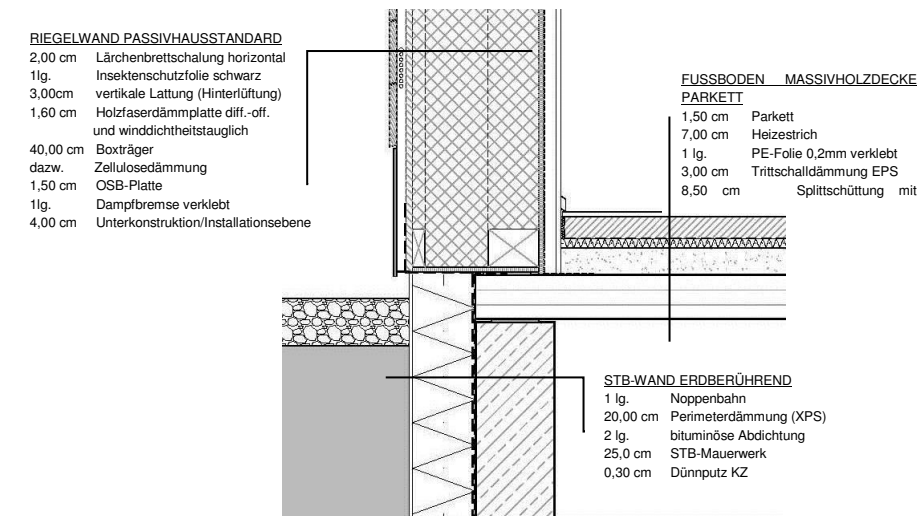


Abbildung 37: Detailplan Übergang Erdgeschoß – Untergeschoß

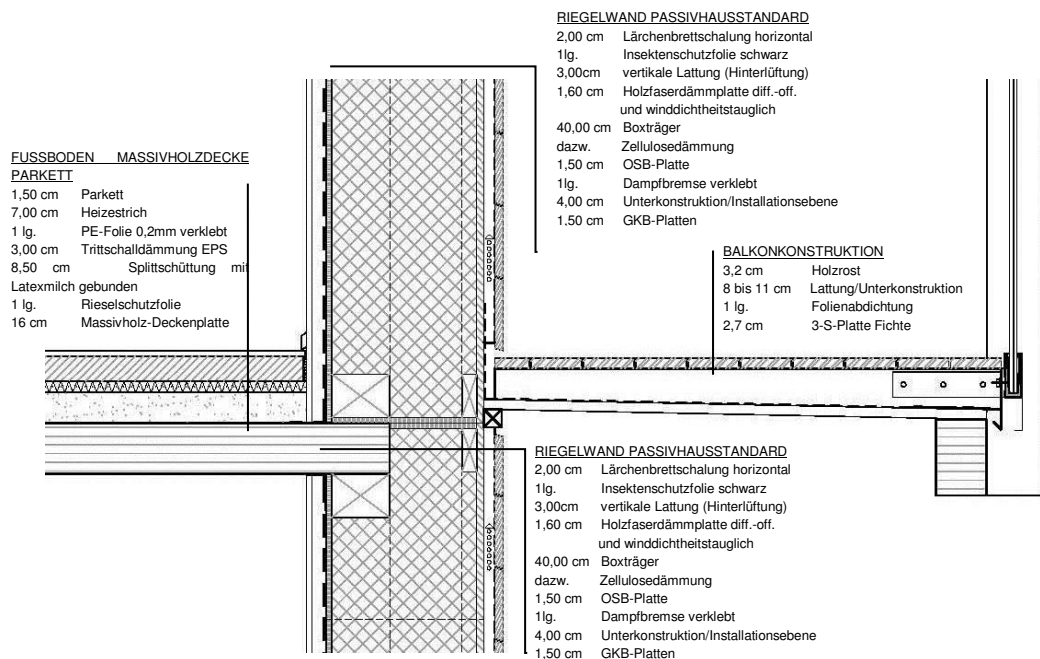


Abbildung 38: Übergang PH-Wand zu Innendecke und Balkon (konstruktiv und thermisch getrennt)

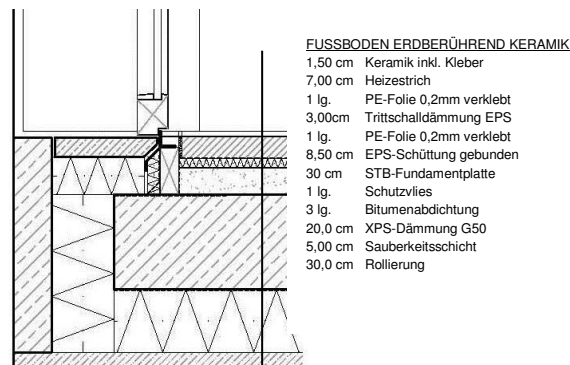


Abbildung 39: Dämmung Bodenplatte

„Kärntner Badehaus“ – Detailpläne Dachbereich – First – Traufe - Ortgang

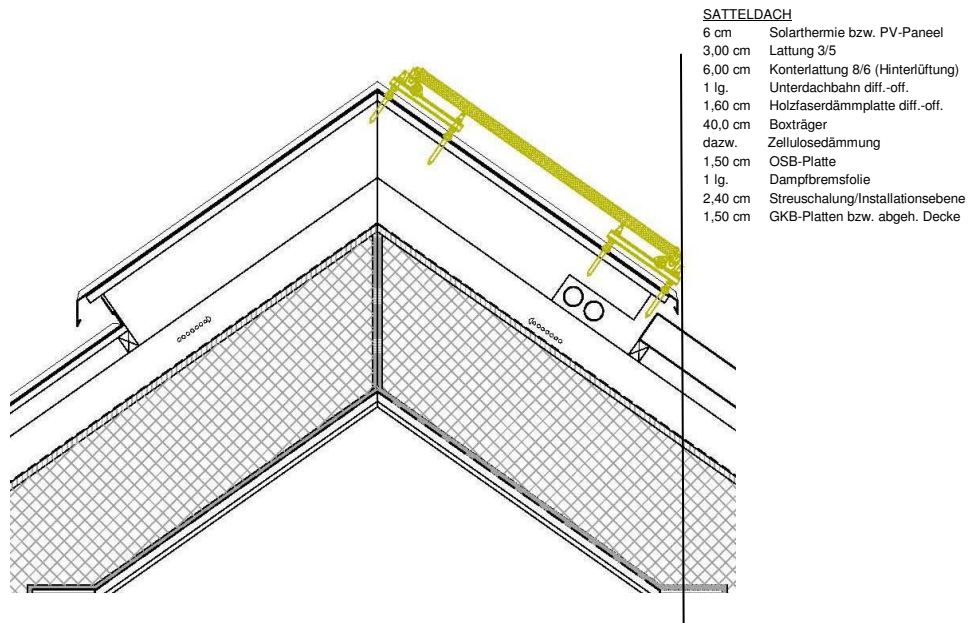


Abbildung 40: Firstausbildung mit Dachlaterne für hinterlüftete PH-Module – Übergang zur Solarthermie

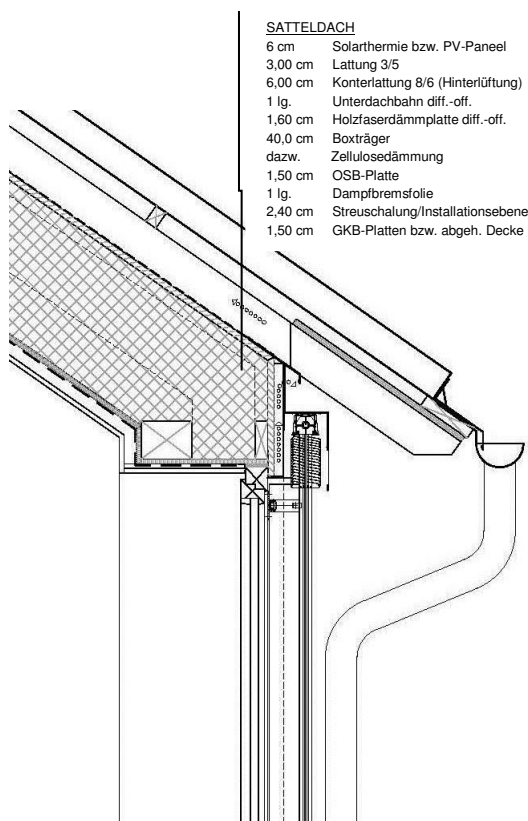


Abbildung 41: Traufendetail – Solarthermie – Dachvorstand oberhalb der Dämmebene

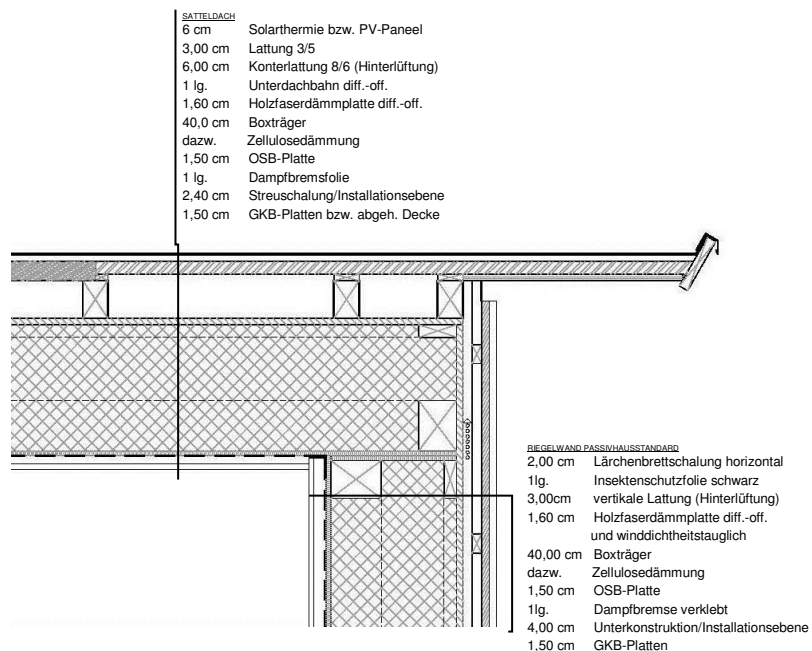


Abbildung 42: Detailausbildung Ortgang – der Dachvorstand wurde oberhalb der Dämmebene hergestellt.

3.1.8 Planungsgrundlagen für energieeffiziente Saunananlagen

Potentiale der Energieeinsparungsmöglichkeiten

Innerhalb von Wellness- und Schwimmbadeinrichtungen bilden die Saunananlagen (Nacktbereiche), neben dem Schwimmbad- und Treatmentbereich, eine ganz wesentliche Rolle. Ein durchschnittliches 4-Sterne Hotel verfügt heute meist über drei bis vier unterschiedliche Kabinentypen. Die häufigsten sind die Finnische Sauna, die Kräutersauna (oder auch als Soft- bzw. Biosauna) bekannt, das Dampfbad und die Infrarotkabine. Der Energieverbrauch dieser Kabinen ist enorm. Hinzu kommt die Tatsache, dass nahezu sämtliche Saunen oder saunaartigen Kabinen fast ausnahmslos mittels elektrischem Strom beheizt werden. Holzbeheizte Saunaöfen gibt es nur noch wenige. Gasbeheizte Saunakabinen wären zwar energieeffizienter, werden aber äußerst selten eingebaut.

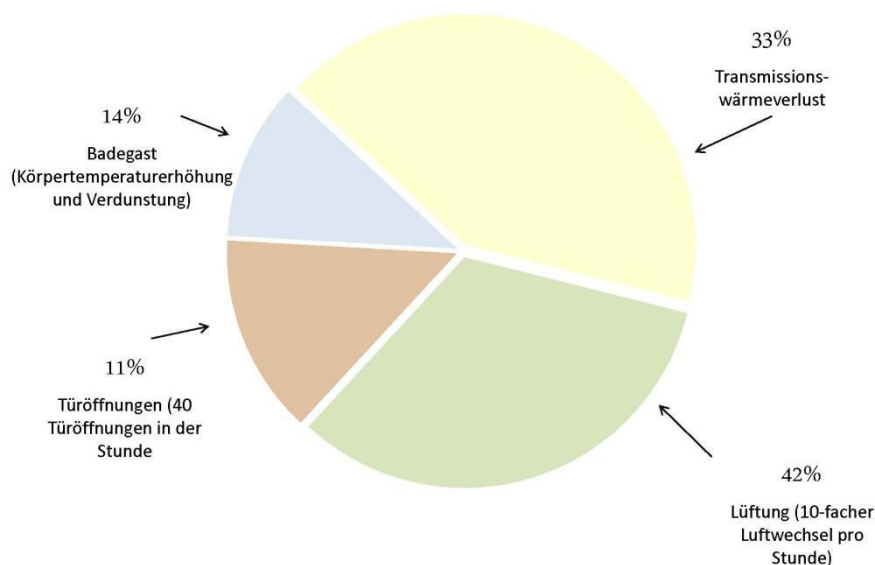


Abbildung 43: Anteile der Energieverluste laut einer Studie der Firma Klafs.
Dieser Studie zufolge ist eine Einsparung von 30 % durch die Installation eines Klimamanagers möglich.

Zusammensetzung der Energieverluste

Laut einer Studie der Firma Klafs, durchgeführt anhand einer komplexen Simulation von Prof. Dr. Wilhelm Stahl, zur Gesamtenergiebilanz eines Saunaraumes im Jahresmittel für eine Musterkabine von 22,3 m³ Rauminhalt bei 90° Deckentemperatur, ergab folgendes Ergebnis: 42 % des Energieverlustes entsteht durch die Lüftung (bei einem 10-fachen Luftwechsel pro Stunde), 33 % bilden Transmissionswärmeverluste, 14 % durch die Körpertemperaturerhöhung und Verdunstung der Badegäste sowie 11 % durch die Türöffnungen während des Saunabetriebes (angenommen 40 Türöffnungen pro Stunde). Daraus ist abzuleiten, dass ca. dreiviertel des Energieverlustes gemeinsam durch Lüftung und Transmission entstehen.

Der Klafs Klimamanager reguliert die Frischluftzufuhr über einen Ventilator auf die tatsächlich benötigte Menge, indem durch eine Sensortechnik die Bestandteile der Saunaluft analysiert werden und je nach Luftqualität mehr oder weniger Frischluft zugeführt wird. Das heißt, dass die Luftwechselzahl an den tatsächlichen Bedarf angepasst wird. Ein Problem stellen bei diesen Überlegungen die Normen dar, da diese einen Mindestluftwechsel unabhängig von der tatsächlichen Luftqualität bzw. des CO₂-Gehaltes vorgeschrieben werden. Weiter hinten werden Einsparungspotentiale über die Lüftungstechnik und für den Saunabereich beschrieben.

Innensauna

„Der U-Wert der Wand einer Saunakammer mit Ausnahme der Saunatür sowie Glasflächen darf $0,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nicht überschreiten. Der entsprechende U-Wert für die Decke darf $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nicht überschreiten.“¹⁶

Außensauna

Die Herstellung von Außensaunen mit guter Aussicht wurde innerhalb der letzten Jahre in Wellnessbereichen zunehmend umgesetzt. Dem Vorzug der schönen Aussicht und dem damit verbundenen, attraktiverem Saunaerlebnis stehen (ohne spezieller Südausrichtung der Glasflächen) erhöhte Wärmeverluste als Nachteil gegenüber. Der U-Wert der Wand einer Saunakammer mit Ausnahme der Saunatür sowie Glasflächen darf laut ÖNORM M 6219-1 $0,36 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nicht überschreiten. Der gesamte Wand- und Deckenaufbau darf sowohl hinsichtlich der Wärmedämmung als auch hinsichtlich der Dampfsperre nur durch Tür-, Lüftungs- und allfällige Fensteröffnungen unterbrochen werden. Die Herstellung dieses gesamten Aufbaues muss an Ort und Stelle als einheitliche Baukörper erfolgen. Die Innenverkleidung der Saunakammer ist hinterlüftet auszuführen.

Für freistehende Saunakabinen wird eine hochwertige Dämmung der Bauteile der Saunahülle empfohlen. Zudem sollten Schleusenräume für Garderoben und als Wärmepuffer eingeplant werden (Windfangeffekt). Die nachstehende Darstellung zeigt eine freistehende Sauna mit großem Fenster zur Aussichtsseite beim Badehaus in Millstatt (die Fensteröffnung wurde – im Gegensatz zur 3D-Darstellung – lediglich an der See- bzw. Südseite ausgeführt).



Abbildung 454: Saunaturm des „Kärntner Badehauses“ in Millstatt

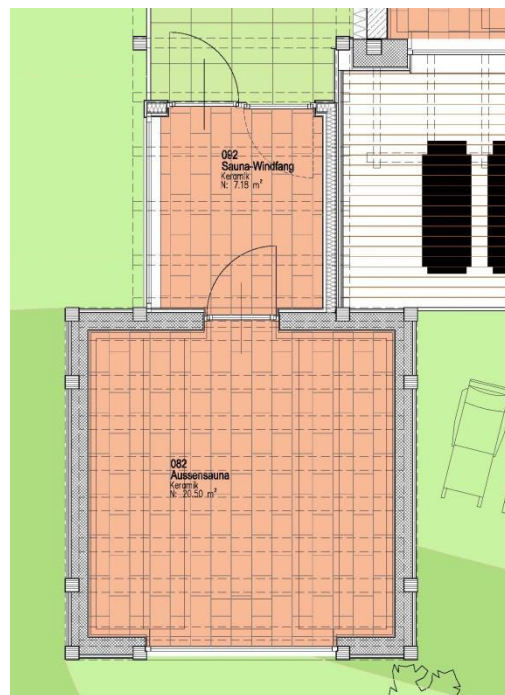


Abbildung 445: Saunagrundriss mit Schleuse beim „Kärntner Badehaus“ in Millstatt

¹⁶ ÖNORM 6219-1

Lüftung

„Für eine ausreichende, mechanische Lüftung der Saunakammer bei geschlossener Türe ist zu sorgen. Dem Luftwechsel einer Saunakammer ist eine mittlere Luftwechselzahl (Halbstunden-Mittelwert) von mindestens 6 pro Stunde zu Grunde zu legen. Die Zuluftöffnung ist unter oder hinter dem Saunaofen in Bodennähe auszuführen. Die Abluftöffnung muss gegenüber oder diagonal zum Saunaofen im unteren Drittel der Saunakammer-Innenhöhe, möglichst unter den Sitzbänken, situiert sein. Bei der Planung der Saunakammer sollte eine Wärmerückgewinnung über die Abluft in Betracht gezogen werden.“¹⁷

Die Möglichkeit von CO₂ gesteuerten Lüftungsanlagen für Saunakabinen wurde beim 1. Kärntner Badehaus in Millstatt ausgeschöpft. Das heißt, dass generell die Abluft aus den Saunakabinen für die Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlagen genutzt wird. Eine Ausnahme bildet dabei die Abluft des Soledampfbades, welche nicht in das Lüftungssystem eingeleitet werden darf (Problematik der Korrosion) und normgemäß ins Freie geführt wird.

Heizung

„Für die Erwärmung der Luft ist eine Konvektionsheizung zu verwenden. Die Leistung des Saunaofens muss so ausgelegt werden, dass seine Saunatemperatur von 105°C unter Betriebsbedingungen erreicht und gehalten werden kann. Die spez. Mindestleistung des Saunaofens muss zwischen 1 kW/m³ und 0,6 kW/m³ entsprechend dem zunehmenden Volumen der Saunakammer liegen... Um eine schnelle Verdampfung des Aufgußwassers bei Saunaöfen für einen Temperaturbereich von 80 °C bis 105 °C sicherzustellen, ist ein Steinlager mit einer Mindestmaße von 10 kg erforderlich... Der Saunaofen ist so aufzustellen und zu umwehren, dass seine unbeabs. Berührung von heißen Teilen vermieden wird.“¹⁸

Befeuchtungssysteme für Warmluftkammern mit geregelter Luftfeuchte

„Das Befeuchtungsgerät muss den Warmlufttraum durch Wasserdampf innerhalb einer Stunde auf einen Feuchtigkeitswert von etwa 35 % rF bis 55 % rF in Abhängigkeit von der Raumtemperatur, gemessen etwa 100 cm über der obersten Bank, bringen. Das Befeuchtungsgerät sollte eine Mindestleistung pro m³ Raumvolumen von 0,3 kg/h Wasserdampf in den Raum einspeisen können.“¹⁹

Massive Hölzer - Thema Baustoff Holz

„Zu verwenden ist feijnähriges, nicht abholziges, geradwüchsiges Holz mit womöglich stehenden oder bis 45° zur Oberfläche geneigten Jahresringen, harzarm, astfrei oder mit verteilten festverwachsenen Ästen und gutem Stehvermögen. Geeignete Holzarten sind z.B.: Hemlock, nordische bzw. heimische Fichte, Tanne, Kiefer, Kelo. Bei Saunakammern in wärmegeämmter Ausführung, ist die Innenverschalung mit Massivholzprofilen mit einer Mindestdecke von 12 mm gemäß ÖNORM B 3020 oder mit gleichwertigen Profilen auszuführen.“²⁰ In den letzten Jahren wurden Diskussionen zum Thema „Formaldehydbelastung in Saunen geführt, wobei vermutet wurde, dass diese durch die Verwendung von verleimten Mehrschichtplatten aus Holz entstand. Zwischenzeitlich hat sich jedoch diese Vermutung nicht bestätigt, sondern es ist davon auszugehen, dass sich durch die Hitzeentwicklung in Saunen, das Lignin des Holzes aufgespaltet wird und dabei „natürliches Formaldehyd“ entsteht.“²¹

¹⁷ ÖNORM M 6219-1

¹⁸ wie oben

¹⁹ wie oben

²⁰ wie oben

²¹ Information durch Herrn Dr. Mussnig, Bädertechnik, Umweltchemie, Umweltkontrolle, Amt der Kärntner LR, Abteilung 8, 9020 Klagenfurt

„Solarsauna“

Grundsatzüberlegungen zum Thema „Solarsauna“ stammen von der Firma Klafs. Dabei sollen über großflächige, südorientierte, leicht schräg gestellte Außenwandflächen mit transparenter Wärmedämmung und innenliegender Steinplatten (Wärmespeicher) Wärmeeinträge in das Innere der Sauna gelangen, wodurch ein Teil der erforderlichen Heizenergie direkt durch die Sonne erzeugt wird. Innerhalb dieses Forschungsauftrages wurde diese Idee aufgegriffen und ein neuer Typ für eine „Solarsauna“ entwickelt, welche einen großen Teil der Energie durch solare Gewinne bereitstellen soll. Die hier entwickelte Solarsauna verfügt über folgende Komponenten:

- Frei-Sauna-Kabine mit günstigem Oberflächenvolumenverhältnis und nach Süden aufgefächertem bzw. nach Süden geöffnetem Grundriss.
- Schrägverglasung über die gesamte Südfront, optimiert auf Sonneneinfallswinkel in den Wintermonaten (ca. 70° Neigung der Verglasung in 3 Scheiben Sicherheitsglas).
- U-Wert der Saunakabine der übrigen Wand-, Boden und Deckenanteile mit ca. 0,18 (25 cm Wärmedämmung).
- Ausreichend Speichermassen im Inneren um Lüftungsverluste möglichst auszugleichen.
- Wassererhitzung für Wasserverdampfung durch einen „Solarofen“.
- Eventuell zusätzlicher Saunaofen für Restwärme, elektrisch oder mittels Holzofen.
- Integration des Saunagebäudes in das Gelände (Reduktion der Temperaturverluste).
- Baukastensystem für Erweiterungsflächen für Vorräume mit Dusche, WC sowie Ruheraum.

„Solarsauna“ konzipiert für das „Energie Plus Haus Weber“ (Projekt)



Abbildung 46: Ein Solarofen, wie er von verschiedenen Herstellern angeboten wird, könnte als Zusatzheizung und „Wasserverdampfer“ für eine Biosauna dienen.

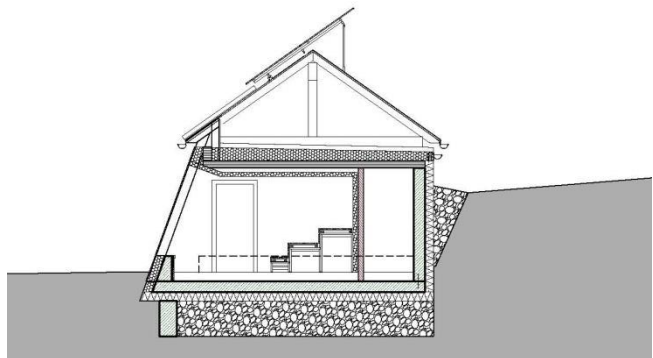


Abbildung 47: Schnitt durch die Solarsauna beim „Energie Plus Haus Weber“

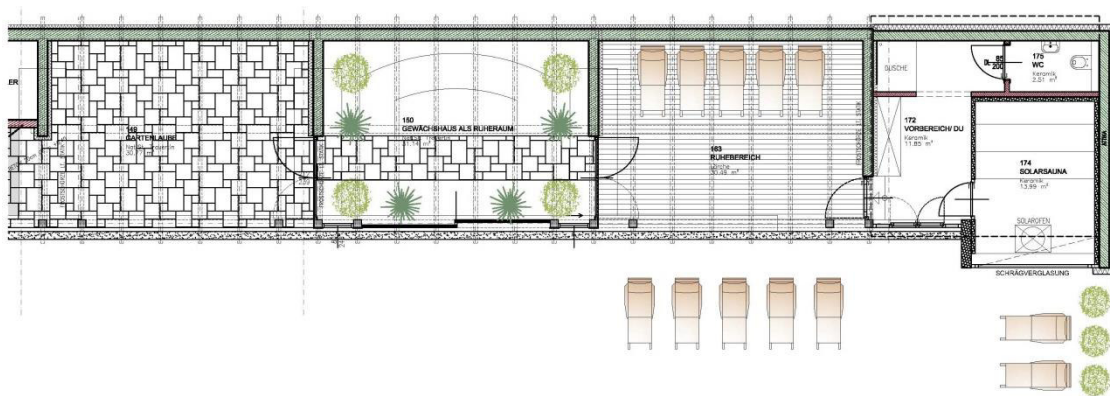


Abbildung 48: Grundriss Projekt „Solarsauna Energie Plus Haus Weber“ mit Gewächshaus als Ruheraum

3.2 Arbeitspaket 4 – Bauphysikalische Aspekte

Im Rahmen des Arbeitspaketes 4 dieses Forschungsprojektes werden die bauphysikalischen Aspekte von beheizten Schwimmbädern und Wellnesseinrichtungen betrachtet.

Insbesondere soll Augenmerk gelegt werden auf die – gegenüber gebräuchlicher Nutzung – veränderten Klimabedingungen und die damit verbundenen bauphysikalischen Herausforderungen.

Das Augenmerk wird auf die Ausführung in Holzbauweise gelegt, wobei für die Technikräume, die Decke über dem Technikraum, sowie das Schwimmbecken selbst, nur eine massive Stahlbetonbauweise in Frage kommt.

3.2.1 Raumklimabedingungen

Allgemeines

Wie aus den Ausführungen des Arbeitspaketes 6 (Herr DI Peter Weissengruber), sowie der einschlägigen ÖNORM H 6035 und VDI 2089 hervorgeht, sind speziell im Hallenbad, Klimabedingungen in verschiedenen Aspekten zu beachten. Einerseits der Aspekt der physiologischen Randbedingungen, wonach Raumlufttemperatur in einer Schwimmhalle zwischen 30 °C und 34 °C bei max. 14,3 g/kg absolute Feuchte liegen soll, andererseits der Aspekt des nassen und trockenen Badegastes. Demnach werden Temperaturen von 30 °C und 34 °C von trockenen Personen fast immer als warm, bis zu warm empfunden. Im Badebetrieb ist eine Erhöhung der Raumluftfeuchte zur Energieeinsparung nur im Rahmen der Behaglichkeitsgrenzen für den Badegast zulässig.

Raumklimabedingungen Hallenbad

Aus den oben genannten Umständen können für das Hallenbadklima als effiziente Werte, welche sowohl physiologisch, als auch technisch entsprechen, angesetzt werden:

- Lufttemperatur der Schwimmbadhalle: 32 °C
- relative Feuchte der Raumluft: 60 % bis 64 %, das entspricht Hallenluftfeuchten von 19,3 g / kg, sowie einer Taupunkttemperatur von 24 °C

Die genannten Werte gelten für eine Seehöhe von 200 m NN, entsprechende Werte sind für abweichende Seehöhen, wie 500 m NN und 1.000 m NN in der Untersuchung des Arbeitspaketes 6 angeführt.

Raumklimabedingungen Ruheräume / Umkleide

Klimabedingungen in Ruheräumen, Umkleiden und ähnlichen Bereichen sind im Gegensatz zu den Klimabedingungen im Hallenbad unterschiedlicher zu sehen.

In Ruheräumen kann von einer Raumtemperatur von 24 °C bis 26 °C ausgegangen werden. Die relative Luftfeuchtigkeit soll - ohne spezielle Anforderungen - idealerweise zwischen 50 % und 60 % liegen.

Raumklimabedingungen Saunabereiche

Die Klimabedingungen in den Saunabereichen (Vorräume von Saunen) ähneln denen von Ruheräumen mit wiederum 24 °C bis 26 °C. Die relative Raumluftfeuchte wird sich mit 60 % und darüber einstellen.

Mit den oben genannten Klimawerten sind die bauphysikalischen Berechnungen, speziell die Untersuchung der Kondensatbildung in Bauteilen, durchzuführen.

In Saunabereichen sind oft Duschen, Tauchbecken, Kneippbecken und immer wieder auch Whirlpools, Nebelduschen usw. eingebaut. Durch deren hohe Feuchteinbringung in den Raum, ist in diesen Bereichen unbedingt eine Kontrolle der Luftfeuchte mit einer Entfeuchtungsmöglichkeit erforderlich.

Klimazonen

Aus den genannten Klimabedingungen ist ersichtlich, dass zwischen Hallenbad selbst und den Nebenräumen unterschiedliche Klimazonen herrschen. Aufgrund der unterschiedlichen Klimabedingungen ist nicht nur der Bereich des Ruheraumes, sondern es sind **alle** Nebenräume lufttechnisch vom Hallenbad zu trennen. Es sollte somit die Schwimmhalle flächenmäßig klein gehalten werden und die entsprechenden Räumlichkeiten zum Aufenthalt nach Sauna und Bad baulich und raumklimatisch getrennt werden.

3.2.2 Konstruktionsprinzipien

Allgemeines

Die konditionierte Gebäudehülle soll unbedingt auch die Technikräume, welche sich üblicherweise unterhalb des Schwimmbades befinden, enthalten. Das bedeutet, dass die Wärmedämmung unter der Fundamentplatte des Haustechnikbereiches, sowie entsprechend an den Wänden als Perimeterdämmung geschlossen und wärmebrückenfrei geführt werden soll.

Bei einer Wassertemperatur von 2 °C unter Raumlufttemperatur, also ca. 30 °C, sind daher minimale Temperaturunterschiede zwischen Technikraum und Becken, als auch Technikraum und Fußboden des Schwimmbades vorhanden und bedürfen keiner besonderen Wärmedämmung.

Fußböden

An Fußböden für Technikräume sind in bauphysikalischer Hinsicht keine speziellen Anforderungen gegeben. Fußböden zu nicht unterkellerten Bereichen des Schwimmbades bzw. der sonstigen Räumlichkeiten sind entsprechend zu dämmen, betont wird, dass die Außenhülle wärmebrückenfrei gestaltet werden muss.

Primärholzkonstruktionen

Die Holzbauweise ist durch die günstigen Eigenschaften des Baustoffes Holz grundsätzlich für die Planung und Errichtung von Primärkonstruktionen, auch für Schwimmbäder, gut geeignet. Die hohe Luftfeuchtigkeit – und im Speziellen die chemischen Partikel aus dem Bereich der Schwimmbadtechnik (Chlorgehalt, speziell der Salzgehalt) sind dabei für die Stahlverbindungssteile wesentlich kritischer als für die Holzteile selbst. Ähnlich wie bei der Problematik des Brandschutzes bei Stahlteilen sollte daher auch für den Korrosionsschutz eine möglichst „verdeckte“ Ausbildung der Stahlteile bei den Detailknoten angestrebt werden (Holz schützt Stahl).

„In Hallenbädern werden durch Konvektion in kleinsten Wassertröpfchen gelöste Salze aus dem Badewasser ausgetragen und lagern sich zusammen mit Stäuben auf Metallteilen ab. Aufgrund ihres hygroskopischen Charakters können diese Salze der Luft Wasser entziehen und in Flüssigwasser umwandeln, sodass gesättigte Salzlösungen entstehen, die kritische Korrosionsbedingungen

schaffen.“²² Bei Edelstählen, insbesondere der Güte 1.4301, 1.4541, 1.4401, 1.4571 ist die Gefahr gegeben, dass es schon nach wenigen Jahren zu schwerwiegenden Schäden durch Loch- und / oder Spannungsrisskorrosion kommen kann. Daher besteht für diese Stähle keine Zulassung im Hallenbadbau. Hingegen können bei den gegebenen Klimabedingungen für unlegierte, feuerverzinkte Stähle Korrosion ausgeschlossen werden. Jedenfalls empfiehlt sich zusätzlich zur Verzinkung eine Beschichtung des Stahls (Duplex-Beschichtung: Verzinkung plus Beschichtung). Es erfolgt lediglich ein geringfügiger Flächenabtrag der Feuerverzinkung, feuerverzinkte Stähle haben somit eine Lebensdauer von vielen Jahrzehnten.

Hinsichtlich der Holzart ist sowohl Brettschichtholz aus Fichte als auch aus Lärche geeignet (zu beachten ist die Eignung der Leimarten bei Brettschichthölzern). Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wird in der Regel eher dem Fichtenholz der Vorzug gegeben. Was bereits weiter vorne in Arbeitspaket 3 allgemein für Holzbauteile beschrieben wurde, gilt natürlich vor allem für Primärholzkonstruktion und zwar, dass diese innerhalb der Dampfbremse, also frei im Raum sichtbar bleiben sollten. Wie bei transparenten Bauteilen kann es auch bei Holzbauteilen für die Primärkonstruktion zu Problempunkten hinsichtlich der Kondensatbildung kommen. Dabei ist zu beachten, dass in speziellen Bereichen wo Kondensat eher auftreten kann, dieses abrinnen oder verdunsten kann. Erhöhtes Augenmerk ist auch jenen Bereichen zu schenken, in welchen Spritzwasser auftreten kann, also im Sockelbereich bzw. in Schwimmbadnähe. Holzstützen sollten daher grundsätzlich nicht bis zum Boden geführt werden.

Wände

Die vorliegende Untersuchung bezieht sich auf die Ausführung der Wände in Holzbauweise.

Um die schlechteren Dämmeigenschaften der vertikalen Tragglieder zu minimieren, sollten Doppelstegträger, wie z.B. TJI-Träger verwendet werden. Dadurch kann die Überdämmung von konventionellen Holzriegeln entfallen.

Als ideale Außenwand kann folgender Aufbau festgehalten werden:

- Fassadenschalung aus Holz oder klein- bzw. großformatige Fassadenplatten
- Hinterlüftung mind. 3 cm
- Holzfaserdämmplatte d = 16 mm (winddicht, diffusionsoffen)
- Doppelstegträger, dazwischen Einblasdämmung Zellulose, Stärke 40 cm
- OSB-Platten, verklebt, d = 15 mm
- Dampfbremse mit einem sd-Wert > 20 m
- Installationsebene 4 cm
- Innenverkleidung (im Hallenbadbereich entsprechende wasserfeste Baustoffe, ebenso im Saunabereich; in Ruheräumen sind Gipskartonplatten möglich)

Abgehängte Decken

Für abgehängte Decken ist zu beachten, dass sinngemäß hinsichtlich der Stahlteile dasselbe gilt wie für Primärkonstruktionen (sowohl für Edelstähle als auch für verzinkte Stahlteile).

²²Industrieverband und Institut Feuerverzinken; <http://www.feuverzinken.com/presse/detailseite/article/korrosion-und-korrosionsschutz-in-hallenschwimmbadern/> letzter Zugriff am 11.02.2013

Transparente Bauteile - Tageslicht

Die gezielte Nutzung des Tageslichts bei Schwimmbädern durch optimierte Verglasungsflächen stellt einen wesentlichen Aspekt für die Herstellung energieeffizienter Wellness- und Schwimmbadanlagen dar. Bei der Planung von Belichtungsflächen bei Wellnessanlagen und Schwimmbädern ist aber nicht nur die Helligkeit, sondern vor allem auch die Transparenz nach außen bzw. das Miteinbeziehen des Naturraumes ins Innere des Gebäudes von großer Bedeutung. Während dafür die Helligkeit eines Raumes bzw. für den Verlauf des Tageslichtquotienten hochliegende Fensteranteile bzw. Dachverglasungen von Vorteil sind, sind für die Funktionalität der Transparenz bzw. für die Miteinbeziehung des Außenraumes nach Innen Verglasungsflächen im Bodenbereich sehr wesentlich. Die transparenten Bauteile, also Fenster und Fenstertüren, sind mit 3-fach Wärmeschutzverglasungen auszustatten. U-Werte der Verglasung $U_g \leq 0,5 \text{ W / m}^2\text{K}$, U-Werte der Rahmen $U_f \leq 1,1 \text{ W / m}^2\text{K}$.

Glasrandverbund Kunststoff $\psi: \leq 0,04 \text{ W / m}$.

Der Glasrandverbund ist äußerst wichtig, da hier Oberflächenkondensat am ehesten auftritt.



Abbildung 49: Ruheraum im „Wellnesspenthause - Hotel SeeRose“ in reiner Holz- und Niedrig Bauweise – die gesamte Südfront wurde aufgeglast – das weitausladende Vordach schützt vor Überhitzung im Sommer

In der bereits weiter vorne zitierten „Grundlagenuntersuchung der bauphysikalischen und technischen Bedingungen zur Umsetzung des Passivhauskonzeptes im öffentlichen Hallenbad“ des Passivhausinstitutes Darmstadt, werden Aluminium-Stahl- und Holztragstrukturen für transparente Bauteile bzw. entsprechende Pfosten-Riegelkonstruktionen beschrieben und vor allem hinsichtlich ihrer Eignung, hinsichtlich der Kondensatbildung und der Passivhaustauglichkeit für Schwimmbäder bewertet. Vollholzkonstruktionen wurde dabei in insgesamt neun Varianten untersucht. Dabei sind „die Wärmedurchgangskoeffizienten und die Wärmebrückenverlustkoeffizienten in allen Varianten deutlich günstiger als die der entsprechenden Aluminiumkonstruktionen, da das Holz die Wärme aus dem Innenraum weniger stark in den Systemträger und von dort aus weiter Richtung Außenluft leitet. Dieser Effekt reduziert den Wärmeverlust erheblich, die minimalen Oberflächentemperaturen nur 22,61 °C, die

maximale Raumluftheuchte nur 59%. Der Rahmen-U-Wert liegt bei $0,668 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.²³ Aus der Zusammenfassung dieser Untersuchung, welche auch für transparente Bauteile dem Baustoff Holz dem Vorzug geben, wird hier folgender Auszug wiedergegeben:

„Bezüglich der Oberflächentemperaturen sind zunächst Aluminiumtragsysteme im Vorteil. Werden Holzsysteme jedoch mit Aluminiumleisten aufgewertet, stellen diese sowohl hinsichtlich des Wärmedurchgangs als auch hinsichtlich der Oberflächentemperaturen die beste der untersuchten Lösungen dar. Bei der Planung von Fassaden sollte hinsichtlich der untersuchten Parameter auf folgende Punkte geachtet werden:

- Es ist ein möglichst hochwertiger Glasrandverbund zu wählen
- Wenn möglich sollte der Scheibenabstand 18 mm betragen.
- Mit Aluminiumleisten aufgewertete Holzkonstruktionen sind Aluminiumkonstruktionen vorzuziehen.
- Metallische Glasträger sollten unbedingt vermieden werden.
- Der Raum zwischen den Gläsern, dem Systemträger und der Anpressleiste sollte möglichst vollständig und hochwertig gedämmt sein.
- Wenn möglich sollten Anpressleisten auf GFK eingesetzt werden.
- Schrauben, Systemträger und Abdeckleisten aus GFK sollten eingesetzt werden, sobald diese marktverfügbar sind.

Das Weiterentwicklungspotential thermisch optimierter Pfosten-Riegel-Fassadensysteme wird als hoch eingeschätzt. Ein diesbezügliches Forschungsprojekt mit Fassadenherstellern wäre zu begrüßen.²⁴

Ergänzend zu diesen Ausführungen verweisen wir auf die Relevanz der einwandfreien Positionierung von Zuluftöffnungen bei Glasflächen. Die Zuluftöffnungen bei Schwimmbädern sollten grundsätzlich am Boden, nahe dem Bereich der Fenster installiert werden, sodass die warme Zuluft (möglichst ungestört) über die Glasflächen nach oben streichen kann (das Thema der Lüftungsführung wird im Arbeitspaket 5 und 6 dieses Berichtes weiterführend behandelt). Sowohl bei Pfosten-Riegelkonstruktionen aus Holz als auch bei Holzfenstern, sollten horizontale Riegel und Sprossen eher vermieden werden, um möglichst keine horizontalen Flächen für die Kondensatbildung anzubieten. Zudem beeinträchtigen horizontale Bauteile unmittelbar an den Glasflächen die Luftströme der Zuluftöffnungen. Dort wo horizontale Glasteilungen unumgänglich sind, empfiehlt es sich, diese an der Oberseite stark abzuschrägen, damit Kondensat abrinnen kann. Bei horizontalen Riegeln, welche nicht glasteilend sondern ausschließlich statisch wirksam sein müssen, sollten diese zur Glasfläche hin einen Schlitz bilden. Das heißt, sie sollten in der Tiefe weniger breit ausgebildet werden als die lotrechten Holzsteher, damit die aufsteigende Luft ungehindert entlang der Glasfläche strömen kann. Im unmittelbaren Nahbereich der Wasserflächen, vor allem bei transparenten Bauteilen oberhalb und seitlich der Ausschwimmkanäle zwischen Innen- und Außenbecken, sollten aus Gründen der erhöhten Feuchtebelastung Aluminiumkonstruktionen der Vorzug gegeben werden. Wird in Nassräumen für die Pflege ein Hochdruckreiniger verwendet, sollten keinesfalls Fensterelemente bis zum Boden geführt werden, sondern mind. 15 cm Sockeln ausgeführt werden.

23 SCHULZ Tanja, PFLUGER Dr. Rainer, GROVE-SMITH Jessica, KAH Oliver, KRICK Dr. Benjamin, Passivhausinstitut Darmstadt, 23.09.2009
24 wie oben

3.2.3 Sonnenschutz

Gegenüber anderen, großzügig verglasten Gebäuden, bieten Schwimmbäder den Vorteil, dass die starke Erwärmung durch Sonnenstrahlen in der Regel erwünscht wird und bewegliche Sonnenschutzeinrichtungen nicht erforderlich sind. Die Errichtung von horizontalen Abschattungen (Vordächer) ist jedoch durchaus sinnvoll, da diese hauptsächlich nur im Sommer wirksam sind und bei flachen Sonnenständen den gewünschten Solareintrag nicht reduzieren. Sehr wohl sollte ein beweglicher Sonnenschutz (Raffstore und dgl.) bei Ruheräumen, Therapieräumen und auch in Gastronomiebereichen vorgesehen werden, da in diesen Bereichen die Behaglichkeit durch sommerliche Überwärmung stark eingeschränkt werden könnte.

3.2.4 Dachausbildungen

Flachdächer

Flachdächer können im Unterschied zu Steildächern in der Regel nicht hinterlüftet werden. Daher ist bei den Flachdächern erhöhtes Augenmerk auf eine ordnungsgemäße Führung der erforderlichen Dampfbremse bzw. Dampfsperre zu achten. Wie bereits im Arbeitspaket 3 festgehalten, sollte somit bei Flachdächern die Primärkonstruktion (z. B. Holzleimbinder), als auch die Sekundärkonstruktion sichtbar sein. Die Dämmebene sollte somit als Aufsparrendämmung ausgeführt werden.



Abbildung 50: Flachdach in Holzbauweise beim Passivhausschwimmbad „Hotel Edelweiss“, Fam. Bergmüller in Wagrain. Die gesamte Primärholzkonstruktion sowie sämtliche Deckenbalken bleiben im Raum sichtbar. Die doppelte Dampfbremse befindet sich oberhalb der Sichtschalung bzw. oberhalb der Holzakustikdecke.

Falls architektonisch gewünscht, kann eine hinterlüftete, abgehängte Decke unter den Pfetten ausgeführt werden, welche bevorzugt als Akustikdecke auszuführen sein wird.

Oberhalb der Ebene der Deckenbalken wird folgender Aufbau vorgeschlagen:

- OSB-Platten, luftdicht verklebt,
- Dampfsperre (sd-Wert abhängig von Dachhaut)
- Wärmedämmung, Mineralwolle oder EPS
- Dachhaut Kunststoff oder bituminös
- Bekiesung bzw. mechanische Befestigung der Dachhaut

Die Ausführung von Gründächern bei Schwimmbädern ist aufgrund der dampfsperrenden Eigenschaften als problematisch anzusehen. Sollte dies jedoch aus architektonisch, gestalterischen bzw. funktionellen Gründen erforderlich sein, ist der sd-Wert der Dampfbremse dem Erfordernis entsprechend zu erhöhen.

Steildächer

Im Gegensatz zum Flachdach kann das Steildach hinterlüftet werden. In diesem Fall muss die Dämmebene nicht über der Sekundärkonstruktion ausgeführt werden, da eine Zwischensparrendämmung vorgesehen werden kann. Der Dachaufbau kann wiederum mit Doppelstegträgern als tragende Sekundärkonstruktion ausgeführt werden (je nach Konstruktion auch als Primärträger). Dennoch wird hier empfohlen, bei Innenräumen mit hoher Luftfeuchtigkeit und auch bei geneigten, hinterlüfteten Dächern einer Aufsparrendämmung den Vorzug zu geben. Für einen Dachaufbau mit geneigter, hinterlüfteter, außen diffusionsoffener Konstruktion wird hier folgender Aufbau vorgeschlagen (von unten nach oben):

- Dacheindeckung
- Rauschalung / Dachlattung (je nach Dacheindeckung)
- Konterlattung (Hinterlüftungsebene, Höhe abh. von Sparrenlänge, Dachneigung, Schneelast)
- Unterdeckbahn diffusionsoffen (= winddichte Ebene)
- Aufsparren-Wärmedämmung
- Dampfbremse (= luftdichte Ebene, sd-Wert abhängig von Unterdeckbahn)
- Dachschalung
- Primärkonstruktion

U-Werte

Folgende U-Werte sollten nicht überschritten werden:

- Fundamentplatte: $U \leq 0,12 \text{ W / m}^2\text{K}$
- erdberührte Wände: $U \leq 0,12 \text{ W / m}^2\text{K}$
- Außenwände: $U \leq 0,10 \text{ W / m}^2\text{K}$
- Innenwände, als Trennungen zu verschiedenen Klimazonen: $U \leq 0,7 \text{ W / m}^2\text{K}$
- Dach: $U \leq 0,1 \text{ W / m}^2\text{K}$
- transparente Bauteile: $U_g \leq 0,5 \text{ W / m}^2\text{K}$
 $U_f \leq 0,1 \text{ W / m}^2\text{K}$

Mit den vorgeschlagenen U-Werten und prinzipiell angeführten Konstruktionen, ist ein Kondensatsausfall an der Oberfläche von Bauteilen auszuschließen. Die Vermeidung von Wärmebrücken wurde bereits erwähnt.

Luftdichtigkeit

Wesentlich ist die Luftdichtheit der Gebäudehülle (nicht nur beim Passivhaus!). Speziell bei den Übergängen zwischen Wand, Dach und Bauanschlussfugen ist ein erhöhtes Augenmaß auf die entsprechenden Hochbaudetails und die Anschlussdetails zu legen. Im Zuge der Ausführung sollte **vor** Montage der inneren Wandverkleidungen ein Blower-Door-Test durchgeführt werden, um allenfalls auftretende Mängel in der Verarbeitung noch rechtzeitig beheben zu können. Der Luftdichtheitswert n_{50} darf 0,6 nicht überschreiten.

Hochbautechnik

In Ergänzung zu den Ausführungen im Arbeitspaket 3 werden hier die wichtigsten, hochbautechnischen und architektonischen Aspekte aus bauphysikalischer Sicht nochmals zusammengefasst:

- Trennung in verschiedene Klimazonen, entsprechend der Raumnutzung.
- Kompakte Bauweise; Ausrichtung der transparenten Bauteile nach Süden.
- Entsprechende Untersuchung der Sommertauglichkeit durch Abschattungsvorrichtungen; Aufgrund der passiven Nutzung der Sonnenenergie sollten in keinem Fall Sonnenschutzgläser verwendet werden.
- Im Saunabereich Vermeidung von Nurglastüren; Aufgrund des sehr hohen Verbrauches an elektrischer Energie für die Saunabeheizung, sollten Türen und Fenster auch im Saunavorraum wärmegeklämmt ausgeführt werden. Dabei sind bei Türen 2-fach Wärmeschutzverglasungen ausreichend. Fixe Fensterelemente sollten mit 3-fach Wärmeschutzverglasungen ausgestattet werden. Dies macht den Einbau von Holzrahmentüren mit Glasfüllung oder Vollholztüren erforderlich. Eine entsprechende architektonische Gestaltung der Saunen sollte auch bei dieser Ausführung möglich sein.
- Für die Entwurfsphase ist es zielführend, dass die bauphysikalische Begleitung des entwerfenden Architekten schon von Beginn an erfolgt. Durch eine begleitende Heizwärmebedarfsberechnung sollte eine Optimierung der Bauteile, sowie eine Orientierung und Größe der transparenten Bauteile erfolgen.
- Eine Berechnung mittels PHPP (Passivhausprojektierungspaket) wird erst im Zuge der Detailplanung bzw. Realisierung des Projektes sinnvoll sein, da ja ein wesentlicher Bestandteil des PHPP die haustechnischen und elektrotechnischen Einrichtungen darstellen, die erfahrungsgemäß erst in der Detailprojektierungsphase genau bekannt sind.

3.2.5 Zusammenfassung

Der Baustoff Holz ist grundsätzlich für alle wesentlichen, oberirdischen Bauteile (Dach, Wand, transparente Bauteile) eines Schwimmbades bei ordnungsgemäßer Planung und Ausführung als geeignet anzusehen und erfüllt den Anspruch der Errichtung ökologischer und energieeffizienter Wellness- und Schwimmbadanlagen besser als andere Baustoffe. In bauphysikalischer Hinsicht ist - neben den Aspekten der Energieeinsparung - ein wesentliches Augenmerk auf die Schadensfreiheit der Bauteile zu legen. Dies erfordert „einfache“ Konstruktionen, welche handwerklich gut beherrschbar sind. Eine wärmebrückenfreie Konstruktion, die Schaffung von unterschiedlichen Klimabereichen, die genaue Berechnung der Bauteile mit den vorgegebenen Klimawerten, sowie eine intensive Bauüberwachung sind unumgänglich. Ein wesentliches Augenmerk ist auf die interdisziplinäre Planung Architekt – Fachplaner, Bauphysik, Haus-, Elektrotechnik, Schwimmbadtechnik zu legen. Da die Erstellung des PHPP²⁵ in der Planungsphase einen sehr hohen Aufwand aufweist und für die Dateneingabe, insbesondere der Haustechnik, Belichtung, etc. noch keine grundlegenden Daten vorhanden sind, ist es zielführend (in Bezug auf die Gebäudehülle), die Entwurfsplanung mittels eines Energieausweises zu begleiten. Im Rahmen dieser Entwurfsplanung können Bauteilaufbauten, sowie die Orientierung und Größe von transparenten Bauteilen in einfacherer Weise optimiert werden. Nach Abschluss der Entwurfsplanung kann zur weiteren Optimierung die Erstellung des PHPP erfolgen.

Nachstehend werden die wesentlichsten bauphysikalischen Aspekte der Planung von Hallenbädern aufgezeigt:

- Klimabedingungen sind einerseits für die Nutzung und andererseits für den Schutz der Bauteile vor Kondensatschäden einzuhalten. Lufttemperatur 32°C, rel. Feuchte der Raumluft 60% - 64%
- „Einfache Konstruktionen“; Vermeidung von komplizierten Führungen von Dampfbremsen bzw. Dampfsperren
- Einhaltung der genannten U-Werte
- Kompakte Gebäudehülle, Orientierung der transparenten Bauteile nach Süden
- Vermeidung von Konstruktionshölzern innerhalb der Dämmebene
- Sorgfältige Planung und Bauüberwachung

²⁵ Für die Planung von Passivhäusern, dient das sogenannte „Passivhausprojektierungspaket“ (PHPP) als Grundlage. Als „Erfinder“ des Passivhauses gilt Prof. Dr. Wolfgang Feist. Als Planungsgrundlage dient das von ihm bzw. vom Passivhausinstitut Darmstadt entwickelte Passivhausprojektierungspaket (PHPP). Für die Planung von Passivhäusern, dient das sogenannte „Passivhausprojektierungspaket“ (PHPP) als Grundlage.

3.3 Arbeitspaket 5 – Energieeffiziente Haus- und Schwimmbad-technik

Das Arbeitspaket 5 hat vor allem zum Ziel, Spar- und Optimierungspotentiale für die Wasseraufbereitung und Lüftungstechnik von Schwimmbädern darzustellen.

Bevor aber über Spar- und Optimierungspotentiale bei der Lüftung, Entfeuchtung und Wärmeversorgung in Hallenbädern nachgedacht werden kann, müssen die notwendigen Rahmenbedingungen für einen behaglichen und wirtschaftlichen Betrieb definiert werden, diese sind:

Anforderungen an das Raumklima:

- Behaglichkeit für die Badegäste
- Vertretbare Arbeitsbedingungen für das Bäderpersonal
- Schutz der Bausubstanz

Das Raumklima im Hallenbad definiert sich über folgende Parameter:

- Raumtemperatur
- Raumfeuchte
- Außenluftvolumenstrom bzw. Luftqualität
- Beckenwassertemperatur

Für ein behagliches Raumklima ist zusätzlich zu beachten:

- Vermeidung von Zugerscheinungen.
- Oberflächentemperaturen der raumumschließenden Bauteile.
- Geräuschentwicklung durch die Lüftungstechnik in der Schwimmhalle.
- Vermeidung von Überhitzung der Schwimmhalle bei Sonneneinstrahlung durch große Glasflächen.

3.3.1 Lüftungsanlage

Der erste Schritt zu einer effizienten und komfortablen Lüftungsanlage, ist die richtige Bemessung der erforderlichen Luftwechselrate, ein entsprechendes Regelungskonzept und eine gebäudeintegrierte Platzierung der Lüftungsanlagen. Erst das perfekte Zusammenspiel einer energetisch optimierten und entsprechend dichten Gebäudehülle kann mit einer für die Aufgabenstellung geeigneten Lüftungsanlage den Energieaufwand auf ein Minimum reduzieren.

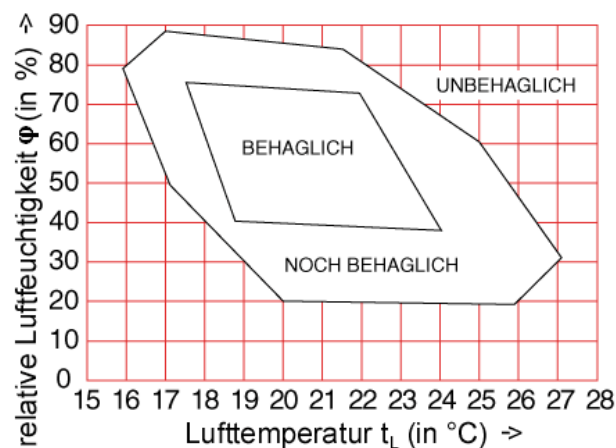
Eine Lüftungsanlage hat hauptsächlich folgende Aufgaben:

- In Aufenthaltsräumen muss die von den Personen ausgeatmete, mit CO₂ angereicherte Luft gegen unbelastete Außenluft ausgetauscht werden.
- Um bestimmte Raumluftfeuchten einhalten zu können, muss dem Raum je nachdem, ob sich dort Feuchtequellen oder -senken befinden, getrocknete oder befeuchtete Luft zugeführt werden.

3.3.2 Grundlagen der Dimensionierung

Eine Lüftungsanlage dient dem regelmäßigen kontrollierten Austausch der Raumluft, ohne dass im Winter die warme Raumluft unkontrolliert durch eine Fensterlüftung in das Freie geführt wird. Bei einer richtigen Dimensionierung der Lüftungsanlage ist eine behagliche Raumluft zu jedem Zeitpunkt gewährleistet. Als Richtwert gibt die ÖNORM H 6035 einen mind. erforderlichen Außenluftvolumenstrom von mind. 36 m³/h pro Person vor.

Um ein möglichst behagliches Raumklima mit einer niedrigen Unzufriedenheitsrate zu schaffen, sind die in Abbildung 51 dargestellten Behaglichkeitswerte einzuhalten.



3.3.3 Einsparpotentiale über die Lüftungstechnik

Grundsätzliches zur Wärmerückgewinnung

Bei der hohen Energiedichte der Raumluft in Schwimmhallen, d.h. hohe Lufttemperatur bei gleichzeitig hoher Feuchte, ist eine möglichst effiziente Rückgewinnung der sensiblen und der latenten Wärme zur Reduzierung der Energieverluste erforderlich. Ein Großteil der in Ab- bzw. Fortluft enthaltenen Energie kann durch ein im Lüftungsgerät integriertes Energierückgewinnungssystem zurückgewonnen werden. Die Art der Rückgewinnung ist hauptsächlich vom Einsatzbereich der Lüftungsanlage abhängig. Grundsätzlich können je nach Anwendungsbereich folgende Wärmerückgewinnungssysteme eingesetzt werden:

- **Kreislauf-Verbundsystem:** Die in der Abluft enthaltene Feuchtigkeit wird nicht an die Zuluft übertragen und es findet keine Geruchsübertragung statt. Der trockene Wirkungsgrad liegt zwischen 40 und 75%. Aufgrund der korrosiven Wirkung der Schwimmhallenabluft, werden bei Hallenbädern größere Anforderungen an die Qualität des Plattenwärmetauschers gestellt.
- **Plattenwärmetauscher:** Wie beim Kreislauf-Verbundsystem ist die Abluftführung strikt von der Zuluftführung getrennt. Es findet keine Geruchs- und Feuchtigkeitsübertragung statt.
- **Rotationswärmetauscher:** Die in der Abluft enthaltene Wärme- und Feuchteenergie wird durch eine sich drehende Wärmespeichermasse an die Zuluft übertragen. Der trockene und feuchte Wirkungsgrad liegt jeweils zwischen 75 und 90%. Diese Wärmetauscher sind nicht für Bereiche mit einer stark erhöhten Geruchsbelastung geeignet, da zwischen Ab- und Zuluft eine Geruchsübertragung stattfindet. Rotationswärmetauscher sind für Hallenbäder und Bereiche in denen eine Feuchterückgewinnung nicht gewünscht ist, nicht geeignet.

- **Entfeuchtungs-Wärmepumpe:** Durch den Einsatz einer Entfeuchtungs-Wärmepumpe in Schwimmbädern, wird die notwendige Entfeuchtungsleistung im Umluftbetrieb bereitgestellt. Dadurch kann der Außenluftvolumenstrom auf die min. Frischlufrate von $36 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$ reduziert werden.

Wärmerückgewinnung in Hallenbädern

Auf Grund der korrosiven Wirkung der Schwimmhallenabluft (Chlor, Aerosole, Sole- bzw. Thermalbäder) sind herkömmliche Aluminiumplattentaucher nur beschränkt bzw. nicht tauglich (sicher ein Grund, warum immer wieder Anlagen ohne Wärmerückgewinnung anzutreffen sind).

Eine optimale Lösung sind Kreuz- und Gegenstromwärmetauscher aus Polypropylen. Das Material ist gegenüber der aggressiven Schwimmhallenluft vollkommen unempfindlich. Eine, dem Hallenbadbetrieb, d. h. dem im Vergleich zu „normalen“ Lüftungsanlagen ungleich höheren Anfall von Kondensat entsprechend optimierte Geometrie des Wärmeübertrags, ist eine zusätzliche Effizienzverbesserung.

Entfeuchtungswärmepumpe

Beim Einsatz einer Entfeuchtungswärmepumpe kann der Außenluftvolumenstrom der Lüftungsanlage auf den hygienisch notwendigen reduziert werden. Dadurch reduzieren sich die Lüftungsverluste vor allem im Ruhebetrieb. Die Entfeuchtungswärmepumpe entzieht, im Betrieb mit Außenluftanteil, auch der Fortluft Energie. Dadurch werden die Lüftungsverluste zusätzlich reduziert. Die dem Schwimmbad durch die Wasserverdunstung entzogene Wärmeenergie, wird durch die Entfeuchtungswärmepumpe wieder zurückgewonnen und in die Schwimmhalle zurückgeführt. Zum Betrieb der Wärmepumpe wird Strom benötigt. Wie hoch das Einsparungspotential ist, hängt vom Wirkungsgrad der Wärmepumpe, dem Wirkungsgrad der Wärmepumpe vor-geschalteten, rekuperativen Wärmerückgewinnung, sowie der Art und den Kosten der Heizwärme- und Stromversorgung ab.

Beckenwasserwärmetauscher

Durch einen Beckenwasserwärmetauscher kann die von der Entfeuchtungswärmepumpe gewonnene thermische Energie nicht nur an die Raumluft der Schwimmhalle, sondern auch an das Beckenwasser abgegeben werden. Das hat den großen Vorteil, dass die zurückgewonnene thermische Energie viel besser genutzt werden kann, da das Beckenwasser durch die Wasserverdunstung fast immer einen Wärmebedarf hat. In der Regel steigt auch der Wirkungsgrad der Entfeuchtungswärmepumpe, da die Kondensationstemperatur beim Beckenwasserwärmetauscher niedriger sein kann, als beim Zuluftregister.

Unterkühler

Wenn bei der Entfeuchtungswärmepumpe zusätzlich noch ein Unterkühler in den Kältekreislauf integriert wird, kann der Wirkungsgrad nochmals gravierend gesteigert werden. Die thermische Energie, welche natürlich nur mit geringen Temperaturen zur Verfügung steht, kann z.B. zur Vorwärmung der Frischwassernachspeisung für das Beckenwasser genutzt werden.

Wärmerückgewinnung in Saunakabinen

In Saunaanlagen wird die Zuluft der zentralen Lüftungsanlage über den Saunaofen dem Raum zugeführt. Der Saunaofen erwärmt anschließend die Zuluft auf die eingestellte Saunatemperatur. Die Abluft einer Sauna sollte unter den Sitzbänken abgesaugt werden. Um den hohen Energieinhalt der Saunaabluft nutzen zu können, wird diese über den Wärmetauscher des Lüftungsgerätes geführt. Dadurch kann die der Sauna zugeführte, meist elektrische Energie, im Gebäude weiter genutzt werden. In Saunaräumen ist lt. dem Bäderhygienegesetz ein mind. 6-facher Luftwechsel vorgeschrieben. Wird dieser Wert bei einer Saunagröße von ca. 10 m² eingehalten, ist ein Zu- und Abluftvolumenstrom von ca. 170 m³/h erforderlich. Bei einer Temperaturdifferenz zwischen Abluft z.B. Finnischen Sauna (max. 45°C) und einer mittleren-Außenlufttemperatur (8°C) kann so eine durchschnittliche Wärmeleistung von ca. 1,3 kW rückgewonnen werden [Wirkungsgrad Wärmerückgewinnungssystem 88%]. Wird bei Saunaanlagen ein Rotationstauscher eingesetzt, sollte die Saunaabluftmenge aufgrund der Geruchsübertragung max. 10% der Gesamtluftmenge ergeben. Bei einer zu starken Konzentration von Gerüchen und speziellen Saunasalzen darf die Abluft nicht dem zentralen Lüftungssystem zugeführt werden.

Niedertemperaturheizregister

Ein möglichst groß, für niedrige Vorlauftemperaturen, dimensioniertes Nachheizregister unterstützt die Nutzung thermischer Solarenergie und Wärmepumpen als Wärmeerzeuger.

Ventilatortechnik

Eine optimierte Ventilatortechnik ist gerade beim Schwimmhallenlüftungsgerät sehr wichtig. Das Lüftungsgerät in der Schwimmhalle läuft 24 Stunden an 365 Tagen im Jahr. Allerdings die meiste Zeit im Teillastbetrieb, wenn eine entsprechend intelligente Regelung verbaut wurde. EC-Ventilatoren können hier all ihre Vorteile ausspielen. Schon im Vollastbetrieb ist der Wirkungsgrad der Motoren etwas besser als bei AC- Motoren, im Teillastbetrieb ist dieser aber deutlich besser. Wie auch bei passivhaustauglichen Wohnraumlüftungsgeräten üblich, sollten die Ventilatoren unbedingt über eine geräteinterne Konstantvolumenstromregelung verfügen. Nur so ist ein ausbalancierter Zu- und Abluftvolumenstrom möglich, und die Ventilatoren können sich an die geänderten Druckverhältnisse automatisch anpassen. Variable Volumenströme in Abhängigkeit der Feuchte, Temperatur und Personenbelegung in der Schwimmhalle sind mit dieser Ventilatortechnik bei entsprechender Regelung möglich. Eine EC-Ventilatortechnik kann so zu einer wesentlichen Einsparung des Stromverbrauchs bei der Lüftungsanlage gegenüber konventioneller AC-Ventilatortechnik führen.

Reduzierung der Druck- und Wärmeverluste

Wenn Lüftungsgeräte und Kanalsysteme entsprechend DIN EN 13053 auf niedrige Strömungsgeschwindigkeiten und damit auf geringere Druckverluste ausgelegt werden, ergeben sich massive Einsparungen an Ventilatorantriebsleistungen. Darüber hinaus werden dadurch auch Strömungsgeräusche im Kanalsystem vermieden, die Lüftungsanlage wird leiser. Da die Zu- und Ablufttemperaturen sehr hoch sind wird durch eine gute Wärmedämmung der Lüftungskanäle und des Geräts viel Heizenergie eingespart. Weitere Verbesserung: möglichst kurze Leitungsführung, damit Reduktion der Druckverluste, Wärmeverluste und Senkung der Investitionskosten.

Luftführung in der Schwimmhalle

Die Art und Anordnung der Zu- und Abluftauslässe hat einen großen Einfluss auf die Effizienz der Luftführung in der Schwimmhalle. Wenn hier eine gute Lösung gelingt, kann der Volumenstrom der Lüftungsanlage eher reduziert werden. Dadurch lässt sich thermische und elektrische Energie einsparen.

Außenluftvorwärmung

Anders als z.B. bei Wohnraumlüftungsgeräten mit Gegenstromplattenwärmetauscher ist bei Schwimmbadlüftungsgeräten keine Vorwärmung der Außenluft notwendig. Grund dafür ist, dass die Schwimmbadgeräte immer auch mit Umluft betrieben werden. Wenn thermische Energie mit einem, für andere Anwendungen nicht nutzbarem Temperaturniveau, zur Verfügung steht, könnte sie für die Vorwärmung der Außenluft eingesetzt werden (vorzüglich für die Geräte der Nebenräume).

3.3.4 Einsparpotentiale über die Betriebsweisen

Die Lüftungsanlage in einem Schwimmbad muss immer laufen, allerdings sind zwei Betriebszustände mit grundsätzlich unterschiedlichen Anforderungen zu unterscheiden. Der sogenannte „Badebetrieb“ liegt dann vor, wenn sich Badegäste in der Schwimmhalle aufhalten. Dann muss als Mindestforderung der personenbezogene Mindestfrischluftanteil sichergestellt sein und die Raumkonditionen auf einem behaglichen Niveau gehalten werden. Ausschlaggebend für die maximal zulässige Feuchte ist das Behaglichkeitsempfinden der Badegäste (diese max. Feuchte liegt in der Regel unter der aus Sicht des Schutzes der Bausubstanz max. zulässigen Feuchte). Der sogenannte „Ruhebetrieb“ liegt dann vor, wenn sich keine Badegäste in der Schwimmhalle aufhalten, somit außerhalb der Öffnungszeiten. In dieser Zeit kann die Anlage mit stark reduziertem oder sogar ohne Außenluftanteil betrieben werden. Die Feuchte kann deutlich angehoben werden, solange eine Kondensatbildung an den Umhüllungsflächen mit Sicherheit ausgeschlossen ist. Der Schutz des Baukörpers ist somit im Ruhebetrieb die einzige Einschränkung der zulässigen Feuchte.

- **Der Badebetrieb**

Im Badebetrieb lässt sich viel einsparen, wenn man in der Halle eine höhere Feuchtigkeit zulässt. Das hat dann aber ein unbehaglicheres Raumklima zur Folge. Hier wird immer der optimale Kompromiss zusammen mit dem Betreiber gesucht. Ein weiteres Energieeinsparpotential im Badebetrieb ist der hygienisch notwendige Außenluftwechsel. Dieser ist abhängig von der Personenbelegung, Luftführung und der Wasser-aufbereitung. Man kann den hygienisch notwendigen Außenluftwechsel an die jeweilige Personenbelegung anpassen, wenn es gelingt diese automatisch zu erfassen. Es ist auch möglich den Außenluftwechsel zu reduzieren, wenn eine Wasseraufbereitung zum Einsatz kommt, durch welche weniger Chlorabfallprodukte in die Raumluft gelangen. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass eine Absenkung der Beckenwasser- und Hallentemperatur naturgemäß zu einer Energieeinsparung führt. Wichtig ist hierbei, dass nicht einfach nur die Raumtemperatur abgesenkt wird, diese sollte immer mindestens 2 K höher als die Beckenwassertemperatur sein. Ist die Schwimmhalle geöffnet, also de facto im Badebetrieb, sind aber (noch) keine Bade-gäste anwesend, kann ein „Quasi-Ruhebetrieb“ (also ohne Frischluftanteil) gefahren werden. Voraussetzung dafür ist eine optimale Regelung der Anlage, eine exakte Erfassung der Badegäste und, dass die eventuell vorhandenen Wassererlebnisse (noch) nicht in Betrieb sind.

- **Der Ruhebetrieb**

Im Ruhebetrieb braucht die Behaglichkeit nicht beachtet werden, es muss nur die Bausubstanz geschützt werden. Wird über eine Entfeuchtungswärmepumpe entfeuchtet, so kann der Außenluftwechsel auf Null gesetzt werden. Die Anlage muss dann vor dem Umschalten auf den Badebetrieb, mit einer entsprechenden Vorlaufzeit wieder mit Außenluftanteil betrieben werden (Frischluftspülung). Damit werden die dann in der Luft aufkonzentrierten Chlorabbauprodukte abgebaut, bevor das Schwimmbad von Badegästen genutzt wird. Durch den kurzzeitig hohen Außenluftanteil wird dann auch gleich die Raumfeuchtigkeit vor dem Badebetrieb wieder auf ein behagliches Niveau reduziert. Die Feuchte kann stark angehoben werden. Es darf nur nicht zur Kondensation an der Gebäudehülle kommen. Wie hoch die Feuchte genau sein darf, hängt von der Bauqualität und der Außentemperatur ab. Das Anheben der Feuchte hat einen doppelten Spareffekt, es muss weniger entfeuchtet werden, aber es verdunstet auch wesentlich weniger Beckenwasser. Daher erzielt man mit dieser Maßnahme ähnlich gute Ergebnisse wie mit einer nicht wirklich praktikablen Beckenabdeckung. Eine Absenkung der Beckenwassertemperatur während der Zeit des Ruhebetriebs ist auf Grund der Wärmespeicherkapazität und damit Trägheit des Beckenwassers nicht umsetzbar. Eine Absenkung der Raumtemperatur und damit eine Reduzierung der Transmissionsverluste ist im Rahmen des vorerwähnten zulässigen Feuchteanstiegs möglich, darf aber nicht zu einem zusätzlichen Entfeuchtungsbedarf führen. „Ruhebetrieb mit erhöhten Anforderungen“: nach Betriebsschluss, d. h. wenn keine Badegäste in der Halle sind, bzw. während der Reinigungsarbeiten. In diesen Zeiten ist meist noch ein erhöhter Entfeuchtungsbedarf zum Auftrocknen der Beckenumgänge und damit eventuell ein Teilaußenluftbetrieb erforderlich.

3.3.5 Einsparpotentiale über die Betriebsparameter

Ausschlaggebend für die Wahl der Betriebsparameter (Temperatur und Feuchte der Hallenluft) im Badebetrieb ist die Behaglichkeit der Badegäste. Bedingt durch die ständig steigenden Komfortanforderungen ist damit der einfache Weg den Energieaufwand durch eine Senkung der Lufttemperatur und/oder Erhöhung der Luftfeuchte nur in höchst engen Grenzen, wenn überhaupt möglich. Energieeinsparungen über die Bauphysik werden an anderer Stelle behandelt. Die Verbesserung der Bauphysik kann aber auch Einsparungen im Lüftungsbetrieb bringen. Das Passivhausinstitut, Darmstadt (PHI) geht in seinen Grundlagenuntersuchungen davon aus, dass die Oberflächentemperatur an der Innenseite der Umschließungsflächen höher ist wenn die Bauteile den Passivhausrichtlinien entsprechend ausgeführt werden. Es werden also nicht nur die Transmissionsverluste reduziert, sondern es kann die Hallenluftfeuchte auch höher gefahren werden ohne dass es dabei zur Kondensatbildung kommt. Hohe Feuchte bedeutet aber: weniger Verdunstung (Reduzierung der Beckennachheizung), weniger Entfeuchtung (Reduzierung des Energieaufwandes zur Entfeuchtung), geringer Geräteluftleistung (Reduzierung der Ventilatorantriebsenergie). Das PHI geht daher davon aus, dass bei einer Hallentemperatur von 32 °C im Badebetrieb eine relative Feuchte von bis zu 65 % (entsprechend 19,3 g/kg absolut) und im Ruhebetrieb eine relative Feuchte von bis zu 76 % (entsprechend 23 g/kg absolut) zulässig.

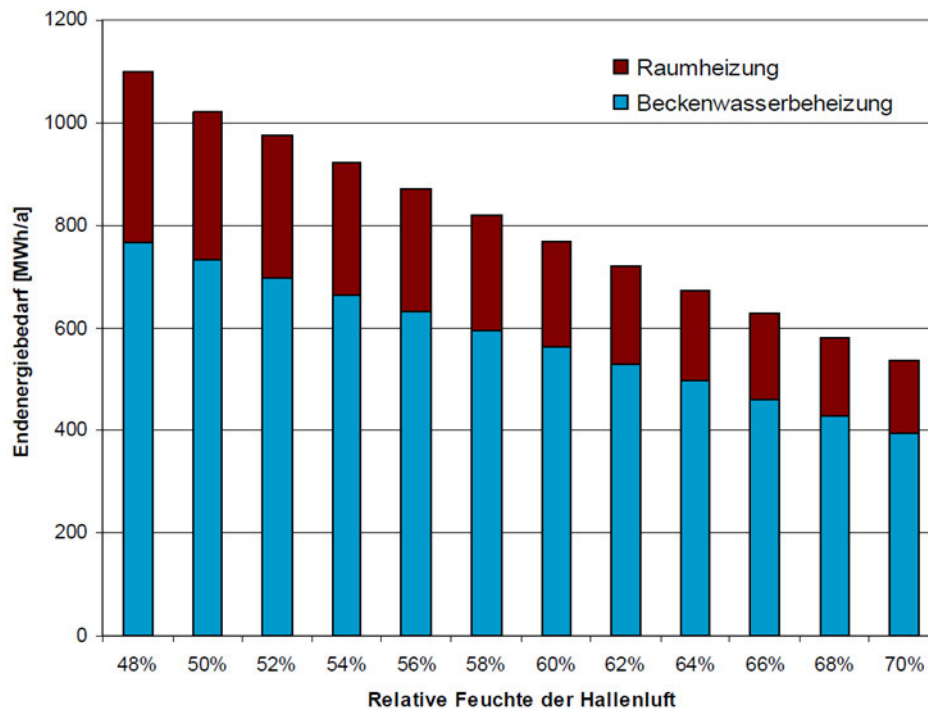


Abbildung 51: Reduzierung der Heizwärme für Halle und Beckenwasser in Abhängigkeit der Raumluftfeuchte²⁶

Aus Sicht des Schutzes der Bausubstanz und der Tatsache, dass während des Ruhebetriebes die Behaglichkeitskriterien keine Rolle spielen ist dieser Ansatz fraglos richtig. Fraglich ist allerdings ob bzw. in wie weit diese, im Vergleich zu den geltenden normativen Vorgaben um ein Drittel höhere Feuchte der Schwimmhallenluft aus Sicht der Behaglichkeit des Bade-gastes während des Badebetriebes akzeptabel ist. Derzeit laufend, begleitet vom PHI, zwei Großbadversuche (Lünen und Bamberg). Entsprechende aussagekräftige Langzeit-Betriebserfahrungen liegen aber im Augenblick nicht vor.

3.3.6 Einsparpotential über die Steuer- und Regelungstechnik

Automatische Anpassung der Luftwechselrate

Oberste Aufgabe von Raumlufttechnischen Anlagen ist es, neben der Gewährleistung eines thermisch behaglichen Innenraumklimas, die Sicherstellung einer guten Raumluftqualität bei minimalem Energieverbrauch zu schaffen. Um dieses Ziel zu erreichen, setzt sich am Markt immer mehr die bedarfsgeregelte Lüftung durch. Darunter versteht man eine optimierte Betriebsweise von raumlufttechnischen Anlagen, bei der mittels Sensoren und spezieller Regelstrategien in allen Lastzuständen, vor allem aber auch im Teillastbereich, eine Belüftung entsprechend des gemessenen Lüfterneuerungsbedarfs (bei guter Raumluftqualität) erzielt wird.

Die wichtigste Führungsgröße für den Betrieb einer bedarfsgeregelten Lüftungsanlage, ist die CO₂ Konzentration der Raumluft. Sie dient vor allem als Indikator für die Gesamtmenge der vom Menschen abgegebenen Emissionen und Geruchsstoffe. Als Produkt der menschlichen Atmung ist der CO₂ Gehalt der Innenraumluft daher unmittelbar Ausdruck der Intensität der Nutzung eines Raumes.

Die normale CO₂-Konzentration in der Außenluft liegt bei ca. 350 ppm (parts per million) in Reinluftgebieten und etwa 500 ppm in städtischen Gebieten.

²⁶ Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

In der Praxis hat sich als Richtgröße der Pettenkofer-Wert mit einem Grenzwert von 1000 ppm für die Luft in Aufenthaltsräumen durchgesetzt. Dieser Wert garantiert eine extrem niedrige Unzufriedenheitsrate und wurde bereits 1858 von Pettenkofer vorgeschlagen. Der Pettenkofer-Wert wurde - in einschlägige Normen wie z.B. der DIN - im Jahre 1946 aufgenommen.



Abbildung 52: Typische CO₂-Konzentrationen und deren Auswirkungen²⁷

Die tatsächliche Luftwechselrate kann durch eine bedarfsabhängige Regelung auf den mind. erforderlichen Bedarf in Bezug auf die Emissionen der im Raum anwesenden Personen reduziert werden. Zusammenfassend kann eine Regelung der Luftmenge durch folgende Parameter erreicht werden: Präsenzmelder: Wird vom Präsenzmelder keine Person im Raum wahrgenommen, kann die Luftmenge auf z.B. 20 Prozent der Nennluftmenge reduziert werden. Durch den Einsatz von Volumenstromreglern für die einzelnen Räumen bzw. Zonen kann somit die Luftwechselrate raumweise automatisch und ohne daraus resultierende Luftverschlechterung minimiert werden.

- CO₂-Sensor: Misst kontinuierlich den CO₂-Gehalt der Abluft und regelt dadurch die optimale Luftwechselrate. Um den CO₂-Gehalt der Raumlufte möglichst genau und zentral messen zu können und um punktuelle Messungen zu vermeiden, empfiehlt sich der Einbau des Sensors in den Abluftkanal. In der Abbildung 53 wird die CO₂-Konzentration der Abluft einer Biosauna dargestellt. Während den Betriebszeiten steigt der Wert je nach Nutzung der Sauna auf bis knapp unter dem max. eingestellten Wert von 1000 ppm an. Wird diese Konzentration erreicht, erhöht sich die Luftwechselrate wodurch der CO₂-Gehalt wieder sinkt. Außerhalb der Betriebszeiten pendelt sich der CO₂-Gehalt der Raumlufte auf die Außenluft ein. Am Referenzort Millstatt liegt dieser Wert bei ca. 350 bis 400 ppm. Bei einer höheren CO₂-Außenluftkonzentration ist eine höhere Luftwechselrate notwendig, um dieselben internen Belastungen abzuführen.

²⁷ Quelle: Sauter Controls – Raumluftequalität

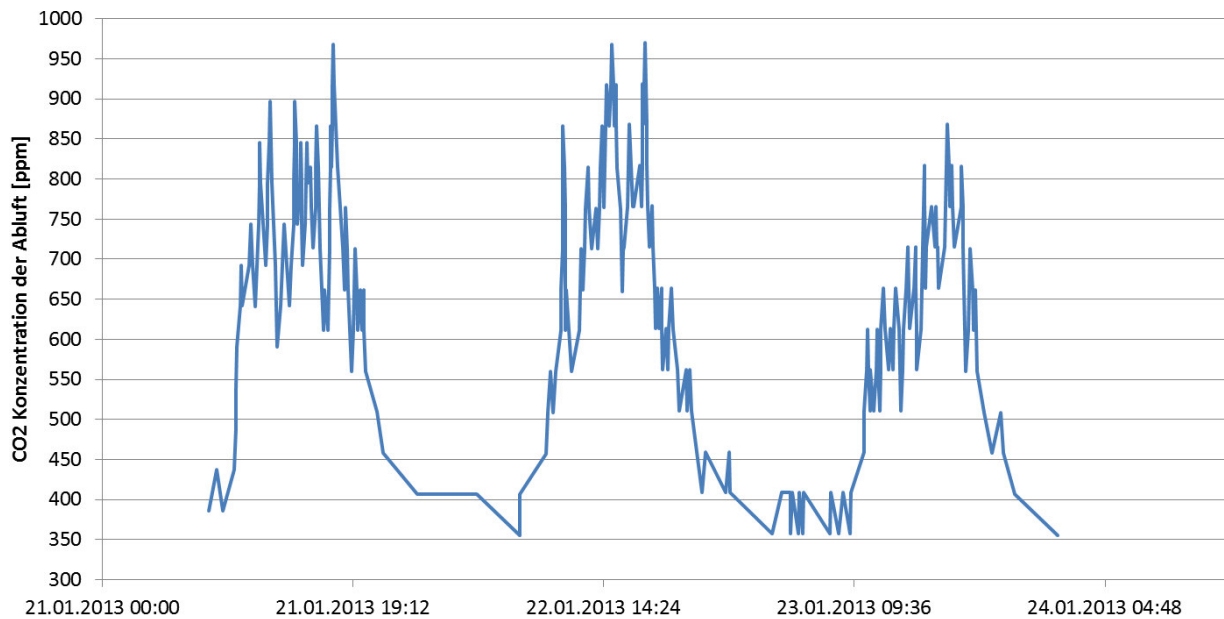


Abbildung 53: CO₂-Konzentration der Saunaabluft – „1. Kärntner Badehaus“ in Millstatt

- **Türkontaktschalter:** Sind die Außentüren über einen einzustellenden Zeitraum geöffnet, wird die Luftmenge in der jeweiligen Zone auf min. 30 Prozent der Nennluftmenge reduziert. Sofern dies aufgrund von Nutzerwünschen möglich ist, kann die Zuluft im Sommerbetrieb bei geöffneten Türen komplett abgeschaltet werden. Somit findet eine reine Abluftabsaugung im Raum statt. Dabei ist jedoch zu beachten dass sich die Raumluftparameter den Außenluftparametern anpassen. Bei einem reinen Abluftbetrieb der Anlage wird erstens die elektrische Antriebsleistung des Zuluft-Ventilators und zweitens die Entfeuchtungsleistung der Zuluft eingespart.
- **Taupunktwärter:** An dem Bauteil mit dem höchsten U-Wert muss in einem Hallenbad ein Taupunktwärter angebracht werden. Dieser stellt sicher, dass keine Kondensation an der Oberfläche mit der geringsten Oberflächentemperatur stattfinden kann. Meldet der Taupunktwärter eine Unterschreitung der Taupunkttemperatur, wird entweder der Zuluftvolumenstrom erhöht, oder die absolute Luftfeuchte der Zuluft wird durch einen zusätzlichen Energieeinsatz verringert.
- **Aerosolgehalt und Chlorzerfallsprodukte:** In Hallenbädern muss zusätzlich der Aerosolgehalt und die Konzentration der Chlorzerfallsprodukte, vor allem THM (Trihalogenmethane), in der Abluft überprüft werden. Durch einen erhöhten Aerosolgehalt in der Raum- und Abluft wird die Korrosionsgefahr und somit die Anforderung an das Lüftungsgerät und die Lüftungsleitungen erhöht. Chlorzerfallsprodukte können wie der CO₂-Gehalt ebenfalls zur Beeinträchtigung der Behaglichkeit bis hin zur ernsthaften Gesundheitsgefährdung führen. Um den relativen Anteil der Aerosole und Chlorzerfallsprodukte in der Raum- und Abluft zu reduzieren, muss die Frischluft rate entsprechend der jeweiligen Grenzwerte erhöht werden.

Automatische Anpassung der Betriebszustände in Hallenbädern

Eine Einsparung bei den Lüftungsverlusten kann erzielt werden, wenn im Badebetrieb auf Dauer nur der Außenluftanteil gefahren wird, welcher notwendig ist, um die Chlorabbauprodukte der Wasseraufbereitung weg zu lüften. Der darüber hinaus erforderliche personenbezogene Luftwechsel kann bedarfsgerecht gefahren werden, in dem die Personenanzahl über Zutrittssysteme erfasst wird und über eine Schnittstelle an die Lüftungsregelung weiter gegeben wird. Eine weitere Möglichkeit ist die jeweils aktuelle Wasserverdunstung zu messen und so indirekt auf die Anzahl der Personen rückzuschließen. Damit lassen sich die Lüftungsverluste in den Zeiten reduzieren, in denen die Schwimmhalle geöffnet und damit im Badebetrieb ist, aber von Badegästen nicht oder nur sehr wenig genutzt wird. Eine Regelung der Außenluftfrate über CO₂-Sensoren ist nicht sinnvoll, da die Luftbelastungen wie Feuchte, Aerosole und Chlorzerfallsprodukte im praktischen Bäderbetrieb die regelungsrelevanten Grenzwerte ungleich rascher erreichen.“

Automatische Anpassung der Hallenfeuchte

Im Ruhebetrieb ist die Einsparung umso höher, je mehr Raumfeuchte die Regelung zulässt. Wenn die Außentemperatur erfasst wird, und die Feuchtigkeit in Abhängigkeit zu dieser geregelt wird, kann immer die bauphysikalisch maximal mögliche Raumfeuchte ausgenutzt werden.

3.3.7 Lüftungskonzepte für Nebenräume

In sämtlichen Räumen, außer den Duschen, herrschen komplett andere Raumkonditionen wie in der Schwimmhalle. Deshalb ist es wichtig, diese Räume klimatisch von der Schwimmhalle zu trennen und mit eigenen Lüftungs- und Wärmeabgabesystemen zu versorgen.

Bei den Duschen ist es ideal, wenn diese räumlich der Schwimmhalle zugeordnet werden. In den Duschen wird ein Raumklima mit den Temperaturen und der Feuchte der Schwimmhalle von den Badegästen sicher als angenehm empfunden. Dadurch, dass man dann in den Duschen die komplette oder einen Teil der Schwimmbadabluft absaugt, sind die Duschräume optimal belüftet und entfeuchtet. Ist es baulich unmöglich die Duschräume lüftungstechnisch an die Schwimmhalle anzuhängen, bietet sich aufgrund der räumlichen Nähe ein gemeinsames Lüftungsgerät für Duschen und Garderobe an. Um den unvermeidlichen Nachteil dieser Lösung, d. h., dass entweder die Garderobe viel zu warm oder die Duschen unangenehm kalt betrieben werden, auszugleichen, sind zusätzliche Maßnahmen (z. B. große statische Heizflächen in den Duschen) erforderlich. Daher nochmals die klare Empfehlung, die Duschen räumlich und klimatisch der Schwimmhalle zuzuordnen, was die Behaglichkeit und Energieeffizienz gleichermaßen verbessert.

Für die restlichen Räume sind jedenfalls Geräte mit höchstmöglicher Energieeffizienz (hohe Wärmerückgewinnung, optimale Ventilator Technik, niedrige Druckverluste) zu wählen.

3.3.8 Wasseraufbereitung

Einsparpotentiale durch Wärmerückgewinnung aus Abwässern

Im Bäderbetrieb und insbesondere im gesamten Wellnessbereich fallen hohe Mengen an Abwasser an, die in aller Regel mit einer Temperatur von durchschnittlich 30 °C ungenutzt verworfen werden.

Zur Wärmerückgewinnung stehen zur Verfügung:

- Duschabwasser
- Beckenabwasser
- Filtrerrückspülwasser
- Entleerung der Whirlpoolanlage
- Abwasser von Wannenbädern

Eine möglichst genaue Kenntnis der anfallenden Abwassermengen im Tagesverlauf ist Voraussetzung für eine wirtschaftliche Dimensionierung der Anlage und damit einen Rückgewinn von bis zu 80 % der für die Wassererwärmung eingesetzten Energie. Für einen wirtschaftlichen und störungsfreien Betrieb muss ferner sichergestellt sein, dass kein Fäkalabwasser eingeleitet wird, dass die abwasserseitigen Wärmeaustauschflächen in kurzen Intervallen automatisch reinigbar sind und – für den Fall, dass die Anlage z. B. zur Vorwärmung von Duschwasser an das Trinkwassersystem angeschlossen wird – das ausschließlich hygienisch einwandfreie und geprüfte Bauelemente zum Einsatz kommen.

Einsparpotentiale der Badewasserhydraulik

Die Badewasseraufbereitungsanlage besteht aus einer Vielzahl von Geräten, Bauteilen und Rohrsystemen die komplex aufgebaut zusammenwirken und mit entsprechender Steuerungstechnik/Automatisierungstechnik ausgestattet sind. Generell bildet die richtige Auswahl und Dimensionierung/Auslegung der Bauteile wie Armaturen, Pumpen und Gebläse/Verdichter und Rohrleitungen einen wesentlichen Anteil an dem Energieverbrauch einer Schwimmbadanlage bzw. können bereits hierdurch erhebliche Verluste verhindert und Energiemengen eingespart werden.

Einsparpotentiale der Badewasserpumpen

Die zur Förderung des Mediums Badewasser erforderlichen Pumpen, bilden den wesentlichsten Anteil am Energiebedarf einer Schwimmbadaufbereitung. Die Umwälzpumpen sowie Roh- und Filtratpumpen (je nach gewählter Filtertechnik) fördern permanent die geforderten Mengen im Kreislauf und sind meist die größten Abnehmer in der Aufbereitungsanlage bzw. weisen diese - aufgrund der Laufzeit - den größten Leistungsverbrauch auf. Ebenso erfordert der Betrieb von Attraktionen, speziell von großräumigen Attraktionen wie etwa Wasserrutschen oder Strömungskanäle, das Vorsehen von Förderpumpen mit meist großem Leistungsbedarf. Unter der Beachtung der über die Hydraulik getroffenen Aussagen, führt weiters der Betrieb in Verbindung mit Regelungstechnik /Optimierungsmaßnahme zur Senkung des Leistungsbedarf der gewählten Verbraucher und ist ein entscheidender Faktor im Hinblick auf einen energieeffizienten Betrieb eines Schwimmbads.

Einsparpotentiale des Rückspülwassers

Die Filter einer Aufbereitungsanlage haben die Aufgabe möglichst alle partikulären Verunreinigungen und ausgeflockten Stoffe aus dem Badewasser zu entfernen. Durch Filtration bzw. das Rückhalten der Verunreinigungen im Filterbett, ist ein ständiger Anstieg des Filterwiderstands gegeben. Dieser wird durch geeignete Messaufnehmer gemessen und angezeigt. Erreicht der Widerstand den nach Herstellerangaben festgelegten Maximalwert, muss der Filter rückgespült (gereinigt) werden. Auch fordern Gesetze oder Normen entsprechende Rückspülintervalle.

Beispiele anhand des österreichischen Bäderhygienegesetzes in Abhängigkeit der Beckentemperatur:

- ≤ 27° C mindestens einmal wöchentlich,
- > 27° C bis ≤ 32° C mindestens zweimal wöchentlich,
- > 32° C bis ≤ 35° C mindestens dreimal wöchentlich und
- > 35° C täglich.

Bei der Rückspülung wird die Flussrichtung im Filter umgekehrt und das Filterbett von unten nach oben durchströmt. Der Prozess besteht aus mehreren Einzelschritten, bei dem Wasser und Spülluft zum Einsatz kommt. Das erforderliche Rückspülwasser wird in der Regel aus dem Ausgleichsbecken entnommen. Beim Rückspülen sind kurzzeitig große Wassermengen erforderlich. Oft können diese durch örtliche Gegebenheiten nicht als Ganzes vom Kanal (vor Ort) aufgefangen werden bzw. erlauben erhöhte Wasserwerte kein direktes Einleiten. Hierfür werden zusätzliche Becken (Rückhaltebecken oder Schlammwasserbecken) installiert, welche das Spülwasser auffangen und verzögern bzw. ggf. nach Einhaltung einer Abklingzeit in den Kanal leiten. Das zur Spülung verwendete Wasser stammt, wie voran erwähnt, aus dem Badewasserkreislauf und ist bereits „energiegeladen“, d.h. aufbereitet und erwärmt. Ohne das Vorhandensein geeigneter Vorrichtungen, wird es so verworfen. Im Laufe der Betriebssaison werden so beträchtliche Wassermengen aufgewendet. Um dieses große Wärmeenergiepotential zu nutzen kann beispielsweise eine Wärmerückgewinnung oder eine Spülwasservorlage installiert werden. Mit geeigneten Verfahren können sowohl Wärmeenergie als auch die Ressource Wasser rückgewonnen und erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden.

Einsparpotentiale infolge der Verdunstung

Die Wasserverdunstung ist ein natürlicher und permanent stattfindender Prozess, in dem Wassermoleküle in das darüber liegende Luftvolumen übertreten, also verdunsten. Die verursachende Größe ist das Sättigungsdefizit der Luft. Beeinflussende Faktoren sind die Wasser- und Lufttemperatur, der Sättigungsgrad der Luft, die Windgeschwindigkeiten sowie die Beschaffenheit der Wasseroberfläche. Ein entsprechendes Wellenprofil, wie es beispielsweise durch Badegäste oder Attraktionen verursacht wird, begünstigt den Verdunstungseffekt erheblich. Berechnungsmodelle bezüglich des Verdunstungsmassenstrom und resultierenden Wärmeverlust, können beispielsweise der VDI 2089 entnommen werden. Eine Verringerung der Verdunstung an der Wasseroberfläche würde in Folge zu einem verminderten Wasser – Wärmeverlust der Bädertechnik führen. Synergieeffekt ist u.a. eine Verringerung des Aufwands der Lüftungstechnik in Hallenschwimmbädern.

3.3.8.1 Darstellung von Einsparungspotentialen für Außenschwimmbecken (am Beispiel des Berechnungsmodells „Kärntner Badehaus“ in Millstatt)

Innerhalb des Forschungsauftrages wurden vier verschiedene Varianten eines Außenbeckens miteinander verglichen. Dabei wird nur der Heizwärmebedarf für das Becken berücksichtigt.

Variante 1: Außenbecken in ungeschützter oder windgeschützter Lage

Die Wärmeverluste eines Außenbeckens setzen sich aus der Abstrahlwärme, der Verdunstungswärme und der Konvektion zusammen. Zusätzlich muss das durch das Rückspülen des Beckens und das durch die Verdunstung verlorene Wasser wieder nachgespeist werden. Dieses nachgespeiste Kaltwasser,

muss auf die Beckentemperatur erwärmt werden, woraus sich die Wärmeverluste der Frischwasserzufuhr ergeben. In den beiden nachfolgenden Abbildungen wird der Energieverbrauch einer windungeschützten und eine windgeschützten Beckenlage dargestellt. Aufgrund der Simulation ließ sich eine extreme Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit über dem Becken erkennen. Bei einer Spitzenwindgeschwindigkeit von ca. 14 m/s in der Referenzwoche, wurden beim windungeschützten Becken ca. 11 m/s (80 Prozent) und beim windgeschützten Becken ca. 4 m/s (30 Prozent) angenommen. Durch die windgeschützte Platzierung erreicht man dadurch in der Referenzwoche eine Leistungseinsparung von ca. 50 kW infolge der Konvektion und ca. 30 kW infolge der Verdunstung.

Dadurch wird gezeigt, dass die Windgeschwindigkeit einen höheren Einfluss auf den Energieverbrauch hat als die Außentemperatur und dass sich durch eine Verringerung der Windgeschwindigkeit über dem Außenbecken die Wärmeverluste stark reduzieren. In absoluten Zahlen, bezogen auf das Referenzobjekt, ergibt sich eine Energieeinsparung bei einer windgeschützten Platzierung des Außenbeckens von ca. 103.000 kWh/a, was ein mögliches relatives Einsparpotential von 22 % ergibt. Um die Windgeschwindigkeit über dem Becken zu reduzieren, kann infolge der Außenanlagen- und Gebäudeplanung entweder eine umlaufende Windschutzverglasung oder eine entsprechende seitliche Verbauung des Außenbeckens eingeplant werden.

Variante 2: Außenbecken mit oder ohne Abdeckung

Um eine optimale Variante zu finden, wurde für diesen Vergleich eine windgeschützte Platzierung des Außenbeckens angenommen. Der Großteil der Wärmeverluste eines Außenbeckens entsteht durch den Wärmeverlust in Folge der Konvektion und der Verdunstung des Beckenwassers. Durch eine Abdeckung des Außenbeckens außerhalb der Betriebszeiten, kann vor allem der Wärmeverlust in Folge der Verdunstung stark verringert werden. Darüber hinaus hängt die Verringerung der Konvektionsverluste allein vom U-Wert der Abdeckung ab. Aus dem Betrachtungszeitraum eines Jahres ergibt sich bei einem Becken mit Abdeckung eine absolute Energieeinsparung gegenüber einem Becken ohne Abdeckung von ca. 157.000 kWh/a. Dies ergibt ein mögliches Einsparpotential von ca. 31%. Aufgrund der hohen absoluten Energieeinsparung, ist eine Abdeckung für ein Außenbecken in jedem Fall sinnvoll.

Variante 3: Abmindern der Beckenwassertemperatur von 35 auf 30°C

Für diesen Vergleich wurde ein Außenbecken in windgeschützter Lage mit einer Abdeckung angenommen. Dabei soll die Energieeinsparung bei einer Reduzierung der Wassertemperatur von 35 auf 30°C dargestellt werden. Eine Reduzierung der Beckenwassertemperatur um 5K ergibt somit ein absolutes Einsparpotential von 101.000 kWh/a. Dies ergibt ein relatives Einsparpotential von 28%. Daraus lässt sich ableiten dass eine Temperaturabsenkung um 1K eine Energieeinsparung von 6% ergibt. Dies ist nur aufgrund von Nutzerwünschen bei zu hohen Betriebskosten zu erreichen.

Einsparungspotential Außenbecken

Vergleicht man das Außenbecken in windungeschützter Lage und ohne Abdeckung mit einem Außenbecken in windgeschützter Lage und mit Abdeckung ergibt sich ein Einsparpotential von bis zu 46% des gesamten Heizenergieverbrauchs für das Außenbecken. In Zahlen ausgedrückt ergibt sich ein Einsparpotential von 260.000 kWh/a. Dieses Potential kann durch wenige bei der Planung berücksichtigte Punkte leicht und ohne signifikante Mehrkosten eingespart werden.

3.3.8.2 Energievergleich-Varianten Innenbecken

Innerhalb der Simulation wurden auch die möglichen Einsparungspotentiale eines Innenbeckens miteinander verglichen.

Variante 1: Innenbecken mit oder ohne Abdeckung

Da bei Hallenbädern die Raumtemperatur aufgrund der Behaglichkeit ca. 2K über der Beckenwassertemperatur liegen sollte, hat die Konvektion keinen Einfluss auf die Wärmeverluste des Beckens. Infolgedessen haben einzig die Verdunstungswärmeverluste und natürlich die Transmission über den Beckenwänden einen Einfluss auf den Energieverbrauch. Wird außerhalb der Betriebszeiten eine Abdeckung ausgefahren, reduzieren sich die Verdunstungswärmeverluste. Aus den Berechnungen ergibt sich eine absolute Energieeinsparung von ca. 20.500 kWh/a. Dies ergibt ein mögliches Einsparpotential von ca. 24 %. Durch die Vergleichsweise geringe, absolute Energieeinsparung von ca. 20.500 kWh/a, ist eine Amortisationsrechnung projektspezifisch erforderlich.

Variante 2: Anheben der Raumluftfeuchtigkeit

Eine zweite Möglichkeit zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs ist die Feuchteschiebung während der Ruhezeit. Je Prozentpunkt zusätzlicher Hallenfeuchte sinkt der Heizwärmebedarf für die Halle und des Innenbeckens um jeweils 2,5%. Die Begrenzung der max. Luftfeuchtigkeit außerhalb der Betriebszeiten wird durch die Bauschadensfreiheit angegeben. Eine Anhebung der relativen Luftfeuchtigkeit außerhalb der Betriebszeiten von 65 auf 70% ergibt eine absolute Energieeinsparung von 11.000 kWh/a. Diese Einsparung kann ohne weitere aufwendige Investitionskosten erreicht werden. Die Differenz der Einsparung zwischen einer Abdeckung und der Anhebung der max. relativen Luftfeuchtigkeit liegt somit bei nur mehr 9.500 kWh/a.

Variante 3: Innenbecken mit oder ohne Wärmerückgewinnung aus dem Rückhaltebecken

Bei der Abwasser-Wärmerückgewinnung wird die im Rückspülwasser enthaltene Wärme, welche noch immer nahezu Beckenwassertemperatur aufweist, über eine 2-stufige Wärmerückgewinnung (Rekuperator und Wärmepumpe) entwärmt und die so zurückgewonnene Wärme dem Nachspeisewasser zugeführt. Für die Berechnung der möglichen Energieeinsparung wurde ein Abwasser-Wärmerückgewinnungssystem mit einem Wirkungsgrad von 90% herangezogen. Der System-COP Wert des Wärmerückgewinnungssystem liegt bei ca. 11.

Durch die Simulation wurde eine absolute Energieeinsparung von 48.900 kWh errechnet. Dies ergibt ein mögliches Einsparpotential von ca. 85%. Der Investitionsaufwand muss anlagenspezifisch geprüft werden, da zusätzliche bauliche Maßnahmen notwendig sind um eine solche Anlage zu betreiben. So kann z.B. für die gesamte Anlage eine Hebeanlage notwendig sein, wodurch sich das mögliche Einsparpotential verringert, bzw. sich diverse Amortisationszeiten verlängern.

3.3.8.3 Energievergleich zwischen einem Gebäude mit Außen- oder Innenbecken

Grundsätzlich stellt sich bei einem Passivhausgebäude die Frage ob ein Außenbecken aufgrund des hohen Energieverbrauchs wirtschaftlicher als ein Innenbecken sein kann. Bei einem reinen Energievergleich zwischen dem Außen- und Innenbecken muss der für die Beheizung des Außenbeckens notwendige Energiebedarf mit dem gesamten notwendigen Energiebedarf für ein Innenbecken verglichen werden. Alle notwendigen Einrichtungen, welche für den normgerechten Betrieb beider Anlage notwendig sind, werden in diesem Vergleich nicht berücksichtigt, da diese sowohl beim

Außen- als auch beim Innenbecken gleichermaßen benötigt werden. Um die Variante mit dem Innenbecken möglichst realitätsnah zu berücksichtigen, wurde die beheizte Gebäudefläche um insgesamt 300m² erhöht.

Für das Außenbecken fallen folgende Energieflüsse an: Heizenergieverbrauch ist höher als beim Innenbecken.

Für das Innenbecken fallen folgende Energieflüsse an: Heizenergieverbrauch niedriger als beim Außenbecken, Energie zur Entfeuchtung der Raumluft, Erwärmen der Zuluft in den Wintermonaten, Stromkosten für das Lüftungsgerät.

Als Vergleich wird das 1. Kärntner Badehaus in Millstatt herangezogen. Dort wurde ein Außenbecken mit einer Abdeckung in halb-windgeschützter Lage (Berechnungsgrundlage sind 60% der örtlichen Windgeschwindigkeit) ausgeführt. Für das Innenbecken wurde die beheizte Gebäudefläche um 300m² erhöht. Des Weiteren wurde die Temperatur des Innenbeckens aufgrund der Behaglichkeit um 5K auf 30°C reduziert. Die Raumtemperatur wurde mit 2K über Beckenwassertemperatur festgelegt und für das Innenbecken wurde keine Abdeckung vorgesehen. Da im Winter die Zuluft über die Außenluft entfeuchtet werden kann, ist in den Wintermonaten nahezu keine Energie zur Entfeuchtung notwendig. In den Sommermonaten steigt diese auf bis zu ca. 38.000 kWh/Monat an. Der Energieverbrauch zur Entfeuchtung und zur Beheizung des Innenbeckens wurde mit der Simulationssoftware AHH der Firma Zeller Consulting KG berechnet. Dabei wurden die spezifischen Standortdaten für das Badehaus Millstatt berücksichtigt. Der Gesamtenergiebedarf eines Gebäudes mit Außenbecken setzt sich aus dem Energieverbrauch infolge der Raumheizung, der Warmwasserbereitung und aus der dem Schwimmbecken zugeführten Energie zusammen. Wie in der Simulation gezeigt werden konnte, steigt der Energieverbrauch des Außenbeckens zusammen mit dem Energieverbrauch für die Raumheizung im Winter an. Da das Schwimmbecken konstant auf ca. 35°C gehalten werden soll, ist auch im Sommer eine Energiezufuhr notwendig. Wird der Gesamtenergiebedarf beider Simulationsmodelle miteinander verglichen, so ist klar ersichtlich, dass dieser konträr zueinander verläuft. Dabei steigt vor allem der Energiebedarf für das Gebäude mit einem Innenbecken im Sommer so stark an, dass die Energieeinsparung im Winter übertroffen wird. Im Jahresvergleich benötigt das Innenbecken um 54.000 kWh/a (ca. 15 Prozent) mehr Energie als das Außenbecken. Für eine betriebswirtschaftliche Berechnung muss hier noch der unterschiedliche Preis für die Wärme- und Kälteenergie berücksichtigt werden.

Die hohen Betriebskosten für die Lüftungsanlage entstehen vor allem aufgrund der hohen Entfeuchtungsleistung welche notwendig ist um während der Betriebszeiten die Behaglichkeitskriterien zu erreichen. Außerhalb der Betriebszeiten kann die relative Luftfeuchtigkeit auf über 70% steigen.

Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass eine externe Nachheizung nach dem Entfeuchten nicht notwendig ist. Die Abwärme aus der Entfeuchtung, also aus der Kühlung der Zuluft, wird für das Nachheizen der Zuluft verwendet. Dies entspricht dem Stand der Technik und daraus ergeben sich keine zusätzlichen Kosten für den Nachheizbetrieb. Der solare Deckungsgrad bei einem Gebäude mit Außenbecken sinkt aufgrund des höheren Heizwärmebedarfs.

Neue Energien 2020 - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

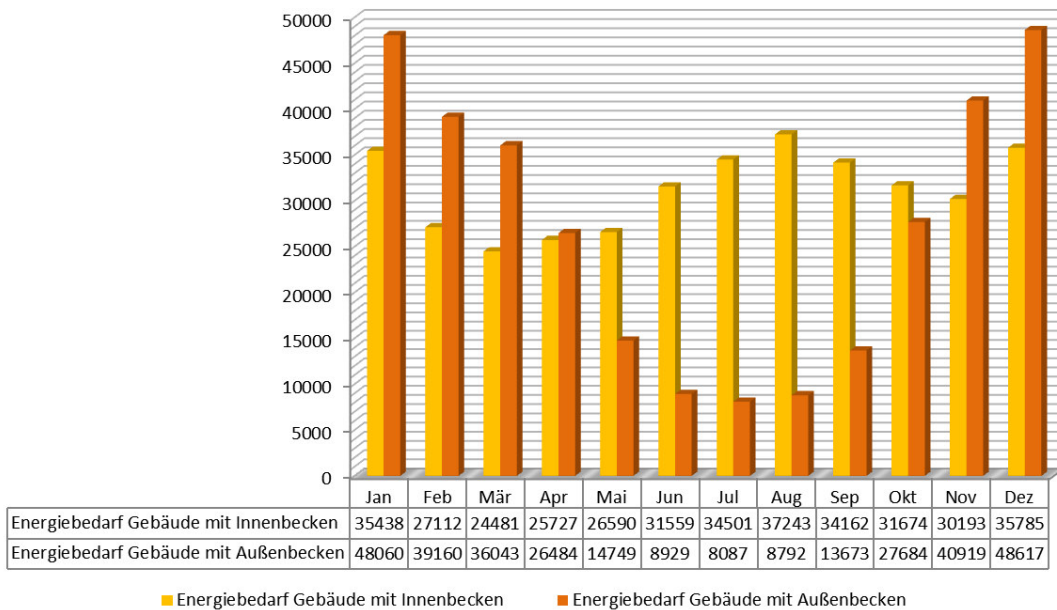


Abbildung 54: Vergleich des Gesamtenergiebedarfs der Varianten mit Außen- und Innenbecken [kWh]

Bei der Betrachtung der fiktiven Gesamtkostenentwicklung im Zeitraum von 30 Jahren ergibt sich eine wirtschaftliche Amortisation des Innenbeckens in 21 Jahren. Gegenüber dem Außenbecken mit Abdeckung ist das Innenbecken aufgrund der hohen Betriebskosten der Lüftungsanlage zur Entfeuchtung der Raumluft nicht wirtschaftlich. Dabei spielt jedoch der Energiepreis pro kWh eine sehr große Rolle. Ist die Heizenergie teurer, ergibt sich evtl. auch eine Amortisation des Innenbeckens gegenüber dem Außenbecken mit Abdeckung. Eine genaue Amortisationsrechnung kann demnach nur projektspezifisch erfolgen. Die Mehrkosten für ein Außenbecken mit Abdecken amortisieren sich im Vergleich zum Außenbecken ohne Abdeckung innerhalb von ca. 4 Jahren.

ÖNORM M7140 Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme
Fiktive Gesamtkostenentwicklung im Betrachtungszeitraum

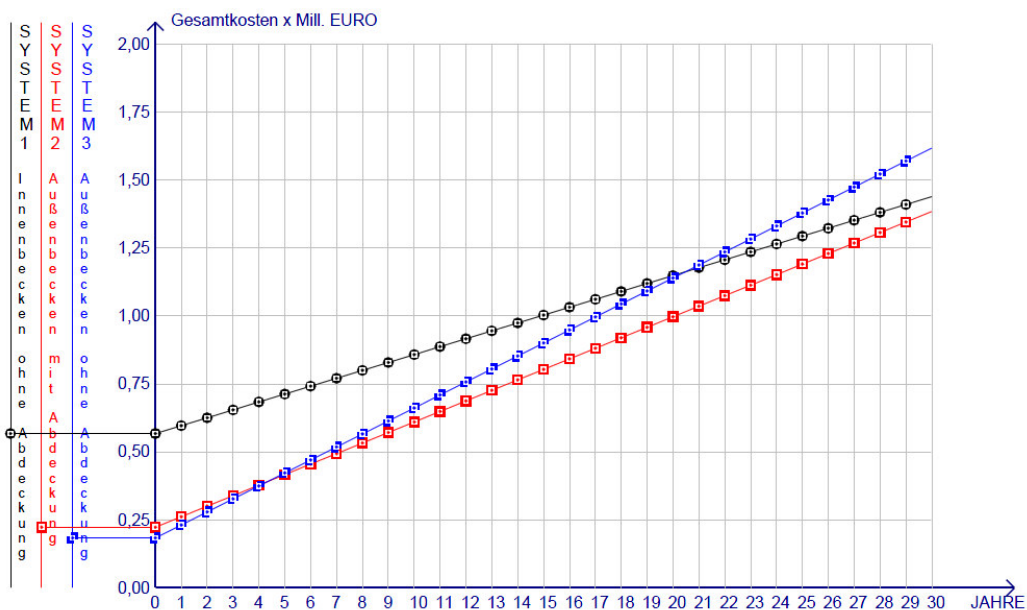


Abbildung 55: Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme lt. ÖNORM M7140

3.4 Arbeitspaket 6 - Entwicklung und Implementierung innovativer Anlagentechnik

Das Arbeitspaket 6 beinhaltet die Ausarbeitung von Konzepten und die Entwicklung neuer innovativer Verfahren und Techniken für den Betrieb von Schwimmbädern. Der Schwerpunkt liegt darauf, durch den Einsatz moderner Technologie einen dauerhaften, energieeffizienten Betrieb zu ermöglichen und dabei auch die Qualität zu steigern. Hierbei wurden bestehende Verfahren betrachtet und überarbeitet, sowie neue innovative und hauptsächlich energetisch vorteilhafte Techniken entwickelt.

3.4.1 Entfeuchtung, Beheizung und Belüftung

Beim Anlagenkonzept zur Entfeuchtung, Belüftung und Beheizung einer Schwimmhalle steht man vor der Entscheidung, ob man die Beheizung komplett mit der Lüftungsanlage abdecken soll, oder zusätzliche statische Heizflächen besser und/oder erforderlich sind. Die Entfeuchtung wird immer in der Lüftungsanlage integriert sein. Wenn eine Entfeuchtungswärmepumpe eingesetzt wird, so sollten jedenfalls zusätzliche Heizflächen vermieden werden. Die Entfeuchtungswärmepumpe ist nur dann effizient, wenn die zurückgewonnene thermische Energie auch wieder an die Schwimmhalle abgegeben werden kann. Wird die Schwimmhalle aber zusätzlich über ein weiteres System beheizt, ist das nicht gut möglich und die Wärmerückgewinnung über die Entfeuchtungswärmepumpe macht wenig Sinn. Wenn keine Entfeuchtungswärmepumpe eingesetzt wird und nur über die Außenluft entfeuchtet wird, kann man über ein zusätzliches Heizsystem mit statischen Heizflächen nachdenken.

3.4.2 Flächenheizungen in der Schwimmhalle:

Diese können nur als Wand- oder Deckenheizungen ausgeführt werden. Fußbodenheizungen funktionieren bei einer Raumtemperatur von 30-34°C nicht, da der Fußboden, um Wärme abgeben zu können, eine noch höhere Temperatur haben müsste als die 30-34°C, was aber eine viel zu hohe Oberflächentemperaturen ergeben würde. Wand und Deckenheizungen haben den generellen Nachteil, dass ihr Regelverhalten ungleich träger ist als das einer (Um-)Luftheizung der Lüftungsanlage. Dadurch können solare Gewinne über die großen Glasflächen nicht so gut genutzt werden und die Raumtemperatur kann nicht so gut auf einen möglichst konstanten Wert gehalten werden.

3.4.3 Umluftheizung:

Der einzige Nachteil dieser Art der Wärmeeinbringung ist, dass mehr Luft umgewälzt werden muss und dadurch auch der damit verbundene Stromverbrauch der Ventilatoren steigt. Das wird aber durch die nachfolgenden Vorteile dieser Variante mehr als ausgeglichen.

- Optimale Nutzung der zurückgewonnen thermischen Energie der Entfeuchtungswärmepumpe.
- Schnelle Reaktionszeit u. damit konstante Raumtemperatur, optimale Nutzung solarer Gewinne
- Bessere Durchlüftung der Schwimmhalle durch die größeren Volumenströme, wodurch es eher möglich ist, höhere Feuchten und geringere Außenluftanteile zu fahren.
- Einfachere Anlagentechnik, da es nur ein Gerät mit der dazugehörigen Regelung für die Entfeuchtung, Belüftung und Beheizung der Schwimmhalle gibt.
- Dadurch dass die Zuluft wärmer als die Raumluft eingeblasen wird, gibt es keine Zugerscheinungen.

Dem Nachteil des höheren Stromverbrauchs der Ventilatoren bei dieser Variante kann man durch Verringerung der Druckverluste, d.h. entsprechende Gerätekonstruktionen und ein optimal dimensioniertes Luftverteilsystem, entgegenwirken.

3.4.4 Entfeuchtung

Grundsätzlich kann thermisch, d.h. mit Außenluft oder mechanisch (Wärmepumpe, Sorption) entfeuchtet werden. Der Einsatz der thermischen Entfeuchtung ist durch den Energieinhalt der Außenluft begrenzt. Voraussetzung für den Einsatz einer Entfeuchtungswärmepumpe ist eine ausreichende Möglichkeit, die zurückgewonnene Wärme abzuführen. Um eine Systementscheidung zu treffen betrachtet man die Entfeuchtungswärmepumpe am einfachsten so, als wäre diese ein Wärmeerzeuger. Wenn man dann mit Hilfe des Wirkungsgrades der Wärmepumpe die Kosten und den Primärenergiebedarf für eine kWh zurückgewonnener thermischer Energie ermittelt, und mit den für das Gebäude vorgesehenen Wärmeerzeuger vergleicht, sieht man schnell ob es Sinn macht eine Entfeuchtungswärmepumpe einzusetzen. Die Entfeuchtungswärmepumpen haben ideale Voraussetzungen um hohe Wirkungsgrade zu erreichen. Die Fortluft als Wärmequelle hat sehr hohe Temperaturen, meistens um die 20°C. Wenn die Wärmesenke das Beckenwasser ist, sind dort die Temperaturen wiederum gering. Das führt zu einem kleinen Temperaturhub und damit zu einem hohen COP. Gute Geräte erreichen bei Einsatz eines Beckenwasserwärmetauschers und Unterkühlers einen COP von über 6. Hier können dann die meisten Wärmeerzeuger nicht mehr mithalten, weswegen der Einsatz eines Geräts mit Entfeuchtungswärmepumpen in den meisten Fällen energetisch die bessere Wahl sein wird. Schwimmhallenentfeuchtungsgeräte ohne Entfeuchtungswärmepumpe sollten nur dann eingesetzt werden, wenn die Heizwärmeerzeugung einen sehr geringen Primärenergiebedarf hat. Das sind vor allem Biomasseheizungen und thermische Solaranlagen, am Besten eine Kombination daraus. Bei mehrachsigen Anlagen (mehrere Geräte die in einem Luftraum arbeiten) bietet sich eine Kombination von Geräten mit bzw. ohne Entfeuchtungspumpe als eine wirtschaftliche und betriebstechnisch sinnvolle Lösung an. Ein Vorteil der Schwimmhallenlüftungsgeräte ohne Entfeuchtungswärmepumpe sind die einfachere Technik und die damit verbundenen geringeren Investitions- und Wartungskosten.

3.4.5 Schwimmhallenlüftungsgerät ohne Entfeuchtungswärmepumpe

Die wesentlichen Kriterien für einen geringen Energieverbrauch bei diesen Geräten sind eine gute Wärmerückgewinnung und effiziente Ventilatoren, sowie auch ein Geräteaufbau mit geringen Druckverlusten. Die Geräte sollen so konzipiert sein, dass sie die komplette Beheizung, Belüftung und Entfeuchtung der Schwimmhalle übernehmen, inklusive dazugehöriger Regelung. Am Markt sind inzwischen Geräte mit Gegenstromwärmetauschern verfügbar, welche einen Temperaturwirkungsgrad von 95 % bei 150 Pa Druckverlust haben und für Volumenströme bis über 30.000 m³/h geeignet sind.

3.4.6 Schwimmhallenlüftungsgerät mit sorptiver Entfeuchtung

Beim Sorptionsprozess wird die Luft an der Oberfläche des Sorbents entlanggeführt und dabei getrocknet. Voraussetzung für einen wirtschaftlich optimierten Betrieb ist es, dass einerseits die entstehende Sorptionswärme bestmöglich abgeführt wird (z. B. an ein Freibecken) und, dass für die an sich energieintensive Regeneration des Sorbents günstige Energie (z. B. BHKW-Abwärme, Solar, etc.) zur Verfügung steht. Flüssige Sorbentien (z. B. Lithiumchlorid) haben den großen Vorteil, dass die Regeneration nicht notwendigerweise kontinuierlich, sondern auch zeitversetzt erfolgen kann. Der

energetische Vorteil liegt darin, dass sich die Luft direkt, d. h. ohne Nacherwärmung auf die gewünschte Feuchte konditionieren lässt.

3.4.7 Steuer- und Regelungstechnik

Um einen, in Bezug auf die Behaglichkeit und den Energieverbrauch optimalen Betrieb der Schwimmhalle zu ermöglichen, sollte die Regelung von Schwimmhallenlüftungsanlagen folgende Regelungsfunktionen beinhalten:

- Konstantvolumenstromregelung
- Automatische Umschaltung zwischen Badebetrieb und Ruhebetrieb
- Automatische Anpassung des Außenluftvolumenstroms auf Basis einer automatischen Erfassung der Badegäste
- Feuchteschiebung im Ruhebetrieb in Abhängigkeit der Außentemperatur
- Raumtemperaturregelung in Abhängigkeit der Beckenwassertemperatur
- Volumenstromregelung in Abhängigkeit der Raumfeuchte, Raumtemperatur und notwendigem Außenluftvolumenstrom.
- Regelungsfunktionen zur Vermeidung von Übertemperatur in der Schwimmhalle durch zu hohen Energieeintrag über die Glasflächen.
- Regelungsfunktion für einen Sommerbetrieb mit offener Schwimmhalle.

3.4.8 Wärmerückgewinnung aus Dusch-, Becken-, Wannen- und Rückspülabwässer

Aufgabe ist es, kaltes Frischwasser energieeffizient auf Brauchwassertemperatur zu erwärmen. Als Wärmequelle dient Energie aus warmem Abwasser. Die Wärmeübertragung erfolgt durch die Kombination eines rekuperativen Wärmeübertragers mit einer Wärmepumpe.

Das warme Abwasser durchfließt im ersten Schritt den Rekuperator und anschließend den Verdampfer der Wärmepumpe. In Gegenrichtung und stofflich getrennt strömt die gleiche Menge Frischwasser zuerst durch den Rekuperator, anschließend durch den Kondensator der Wärmepumpe. Im Rekuperator wird ein Großteil der im Abwasser enthaltenen Wärme auf das kalte Frischwasser übertragen. Dieser Prozess erfolgt im effizienten Gegenstromverfahren und benötigt keinerlei Energieaufwand. Im Verdampfer der Wärmepumpe wird dem Abwasser ein weiterer Teil der Wärme entzogen und im Kondensator der Wärmepumpe an das bereits vorerwärmte Frischwasser abgegeben. Durch die optimale Abstimmung der einzelnen Komponenten wird eine Gesamtleistungszahl von 11 erreicht.

Gleichbleibende Rohrquerschnitte im Abwasserweg garantieren gleichmäßig hohe Strömungsgeschwindigkeiten. Dies mindert eine Schmutzablagerung in den Wärmeüberträgerrohren und dadurch eine Verschlechterung des Wärmeüberträger-Wirkungsgrades bereits durch die Konstruktion. Trotz der gleichmäßigen Strömung besteht die Möglichkeit, dass sich im warmen Abwasser gelöste Seifen, Fette und andere Stoffe in der Phase der Abkühlung an den Überträgeroberflächen absetzen. Bei organischer Belastung des Abwassers kann es zudem zu Bakterienbewuchs und Faulschlambildung an den Überträgeroberflächen kommen. Um dies zu verhindern, werden durch die automatische Wärmeüberträgerreinigung in regelmäßigen Intervallen Reinigungskörper durch die Abwasserwege geleitet. Die Reinigungskörper lösen die Ablagerungen von den Rohren und vermeiden eine Schichtbildung an den Oberflächen. Die Ablagerungen werden ausgespült.

3.4.9 Maßnahmen der Badewassertechnik

Um den Betrieb so effizient wie möglich zu gestalten gilt es die Bädertechnik mit entsprechender Technik auszustatten bzw. auf entsprechende Technologien und Verfahren zurückzugreifen. Bei Neuanlagen kann dies bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden. Bei bestehenden Anlagen ist es möglich, den Betrieb auch nachträglich noch effizienter zu gestalten. Es können verschiedene Maßnahmen Einsparungsmaßnahmen nachgerüstet bzw. adaptiert oder umgebaut werden.

Die Auswahl und richtige Kombination dieser Geräte und Maßnahmen bildet einen ausschlaggebenden Faktor über den Effizienzgrad und erfordert einschlägiges Hintergrundwissen und Erfahrung.

Pumpentechnik

Im Wasserkreislauf bzw. dessen Rohrsystem sind viele Armaturen, Formstücke und Geräte montiert, die einen durchflussabhängigen Widerstand erzeugen, der in Form der Anlagenkennlinie beschrieben wird. Diese Verluste müssen in Kombination mit dem geodätische Höhenunterschied von den jeweiligen Förderpumpen (Umwälzpumpen, Rohwasserpumpen, Filtratpumpen,...) erbracht werden.

Der Betriebspunkt der Pumpen bildet sich im Schnittpunkt der Q/H Kennlinie mit der verlustabhängigen Anlagenkennlinie.

Förderstromoptimierung / Drehzahloptimierung

Förderpumpen werden nach Bedarf anhand Ihrer Q/H Kennlinie ausgelegt. Dabei muss der benötigte Betriebspunkt eingestellt werden. Die Drosselregelung ist hierfür die am häufigsten eingesetzte Form, da diese am einfachsten umzusetzen ist. Dabei wird eine druckseitig installierte Armatur so eingestellt, dass die Pumpe die erforderliche Fördermenge erreicht. Da das Filtersystem bedingt durch eine zunehmende Verschmutzung einen variablen Druckverlust aufweist, wird der Betriebspunkt bei mittlerem Filterwiderstand abgeglichen. Durch die Drosselung folgt die Pumpe ihrer Q/H Charakteristik bei 50Hz (Netzfrequenz) und liefert im Betriebspunkt meist eine größere Förderhöhe als für das dahinterliegende System benötigt wird. Eine energieeffiziente Möglichkeit den Betriebspunkt bedarfsgerecht zu erreichen bzw. einzustellen ist es, die Pumpenmotoren mit Drehzahlregelung zu betreiben. Dabei werden die Ansteuerungen mit Frequenzumrichtern aufgerüstet.

PM Motoren und wassergekühlte Motoren

Zum Antrieb von Pumpen in der Bädertechnik werden üblicherweise bzw. als Standard Asynchronmotoren verwendet.

Alternativ zu den Asynchronmotoren können die Pumpen mit Synchronmotoren ausgestattet werden. Bedingt durch den Läuferschlupf hat der Asynchronmotor gegenüber dem Synchronmotor einen schlechteren Wirkungsgrad.

Elektromotoren werden anhand ihres Wirkungsgrads nach einem IEC Code in Klassen eingeteilt. Seit 2011 wird die Effizienzklasse IE2 gefordert. PM Motoren erreichen die Effizienzklasse IE3 oder höher.

3.4.10 LED UWS

Speziell im Hotelbereich werden Pools oftmals durch Unterwasserbeleuchtung optisch hervorgehoben. Moderne LED Scheinwerfer benötigen nur einen Bruchteil des Energiebedarfs von z.B. Halogen - Leuchtmittel und erzielen dabei gute Lichtausbeuten. Weiters haben LED Leuchtmittel eine weitaus höhere Lebensdauer als andere und bilden daher eine effiziente Variante der Unterwasserbeleuchtung.

3.4.11 Wärmenutzung des Rückspülwassers

Wärmerückgewinnung

Eine Wärmerückgewinnung wird zwischen Rückhalte/Schlammwasserbecken und Kanal geschaltet und kühlt das Wasser in kleinen Mengen ab bevor es in den Kanal geleitet wird. Zu beachten ist dabei immer das Rückspülintervall, die Abklingzeiten und das es sich um Wasser aus dem Filterspülprozess, also verschmutztes Wasser, handelt. Entsprechende Verfahrenstechniken zum Schutz der Wärmeentzugsvorrichtung sind unumgänglich. Die rückgewonnene Wärmeenergie steht an den Anschlüssen der Anlage zur Verfügung und kann weiter beispielsweise zur Erwärmung des Füllwasseres genutzt werden.

Spülwasservorlage

Bei der Spülwasservorlage wird ein zusätzlicher Behälter vorgesehen, dessen Volumen die benötigte Rückspülwassermenge der Filter abdeckt. Dem Reinwasserstrom wird permanent Badewasser entnommen (Stichleitung) und dessen Wärmeenergie über einen geeigneten Wärmeübertrager entzogen. Das gekühlte Wasser wird zum Befüllen des Vorlagebehälters in diesem eingeleitet. Die Rückspülungen der Filter werden mit gekühltem Wasser aus dem Vorlagebehälter durchgeführt. Die entzogene Wärmeenergie wird im Gegenlauf zur Erwärmung des kalten Füllwassers der Beckennachspeisung genutzt.

3.4.12 Schlammwasseraufbereitung

Eine weitere Möglichkeit und Einsparungsquelle ist das Rückgewinnen der beim Rückspülprozess verworfenen Wasser. Aufbereitungsleistung und Bauart machen ein Rückhalte/Schlammwasserbecken erforderlich. Über den Bau und die Ausführung einer Schlammwasseraufbereitungsanlage beinhaltet die DIN 19645 „Aufbereitung von Spülabwässern aus Anlagen zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“ entsprechende Vorgaben.

3.4.13 Mess-, Regelungs- (MSR) und Dosiertechnik

Jeder Badegast trägt Viren, organische Substanzen (Belastungsstoffe) und Mikroorganismen u.a. über Schweiß, Haut und Nasenrachen in das Badewasser ein. Durch Zugabe von oxidierend wirkenden Stoffen werden diese abgetötet bzw. inaktiviert. Damit diese Zusatzstoffe ihre volle Wirkung entfalten können, müssen die Beckendurchströmung, Flockung, Filtration und der pH-Wert optimal eingestellt sein.

Mess-Regelgerät

Für die Regelung und Überwachung der Badewasserhilfsparameter, sowie zur Steuerung der Dosiereinheiten werden Becken mit Mess-Regelungsanlagen ausgestattet. Der Einsatz einer hochwertigen, automatischen Mess-Regelungsanlage bringt Vorteile hinsichtlich Bedieneraufwand mit sich und stellt einen effizienten, bedarfsgerechten Verbrauch an Badewasserchemikalien sicher. Betriebsverhalten und Messgenauigkeit tragen unmittelbar zur Einhaltung der Wasserhygiene und Betriebssicherheit der gesamten Badewasseranlage bei.

Messwasserpumpe

Meist ist zur Förderung des Messwasserstromes eine eigene Pumpe, die Messwasserpumpe erforderlich, welche aufgrund Ihrer Laufzeit einen nicht vernachlässigbaren Energiebedarf aufweist. Eine richtige Produktwahl kann auch bei dieser, im Verhältnis kleineren Pumpe, elektrische Energie einsparen.

Dosiertechnik

pH Mittel, Flockungsmittel und das Desinfektionsmittel werden zur Aufrechterhaltung der Wasserhygiene dem Badewasserkreislauf beigelegt bzw. zu dosiert. Die Wahl des Desinfektionsmittels bzw. der Dosieranlage spielen hinsichtlich der Bildung von Desinfektionsnebenprodukten und Lagerbarkeit der Gebinde eine wichtige Rolle. Innovative Dosieranlagen bringen eine Vielzahl an Vorteilen mit sich. Das Hauptaugenmerk sollte auf Bedienerfreundlichkeit sowie Gebindewechselintervalle mit Hintergrund des entstehenden Personalaufwands berücksichtigt werden. Weiters sollte die Anlage eine wartungsarme Technik hinsichtlich laufender Betriebskosten besitzen.

Steuerungstechnik

Die Schaltanlage ist eine zentrale Einheit, welche sämtliche Abläufe der Aufbereitungsanlage steuert und regelt. Messsignale und Daten werden abgerufen, Parameter ausgewertet und Geräte mit Spannung versorgt und geschaltet. In einer qualitativ hohen Ausführung sowie in der guten Bedienbarkeit der Anlage liegt, hinsichtlich Personalaufwand und störungsfreien Betrieb, großes Potential. Grundlage für einen energieeffizienten Betrieb und eine optimale Steuerung der Prozessabläufe ist eine entsprechend geplante und ausgeführte Schaltanlage.

3.4.14 Regelungs- und Überwachungsanlage

Um im laufenden Betrieb Energiesparpotentiale zu optimieren bzw. um Grenzwerte auszuloten ist eine zentrale Gebäudeleittechnik unerlässlich. Durch diese können alle Betriebszustände aufgezeichnet, kontinuierlich überwacht und hinsichtlich des Energieverbrauchs und der Betriebszeiten optimiert werden.

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die zwei Hauptaspekte dieses Forschungsauftrages liegen einerseits in der Darstellung einer energieeffizienten Architektur und Gebäudehülle mit dem Schwerpunkt des Baustoffs Holz. Für diesen Bereich sollte in Wort und Bild aufgezeichnet werden, welche attraktiven Möglichkeiten der Baustoff Holz für diese Bauaufgaben einerseits bietet und wie groß die Energieeinsparungsmöglichkeit durch die Anwendung der Passivhausgebäudetechnik sowie der Solararchitektur gegeben ist. Insofern sollte dieses Werk Anreiz für Planer und Bauherren sein, ebenso auf die Möglichkeiten dieser Bauweise zurückzugreifen.

Zum zweiten wurde versucht, das breite Spektrum einer energieeffizienten Haus- und Schwimmbadtechnik sowie Entwicklungsmöglichkeiten innovativer Anlagetechnik darzustellen. Hier ist noch ein weites Betätigungsfeld für nachfolgende Forschungen und Planungen gegeben.

Die hohen Anforderungen bezüglich der Raumlufttemperatur, der Wassertemperatur und der Raumluftfeuchte in einem Hallenbad stellen höchste Ansprüche an die Klimatechnik. Sicherlich kann man mit den einfachsten technischen Mitteln ein einigermaßen annehmbares Raumklima schaffen, erkauft sich dies aber mit einem in der heutigen Zeit, unverantwortbar hohen energetischen Aufwand. Das vernünftige Zusammenspiel der verschiedensten Komponenten ist sowohl hinsichtlich der Behaglichkeitsanforderungen, als auch der rationellen Energieverwendung, besonders wichtig. In der Schwimmhallenklimatisierung haben sich deshalb „steckerfertige“ Systeme bewährt, da hier sämtliche Bauteile, inkl. der kompletten Regelung, integriert sind. Selbstverständlich stellen auch die diversen Nebenräume (Sauna, Wellness, etc.), aufgrund der im Vergleich zu allgemeinen Aufenthaltsräumen höheren Energiedichte, erhöhte Anforderungen.

5 Ausblick

Die Messungen und Auswertungen des Leuchtturmprojektes „1. Kärntner Badehaus“ werden laufend vom Projektpartner, Herrn Ing. Max Meisslitzer, durchgeführt. Das Monitoring für die Energieverbräuche der einzelnen Bereiche, wird weitergeführt und bietet für die Zukunft die Möglichkeit ständiger Nachbesserungen bzw. Korrekturen zur Optimierung der Energieeffizienz.

Die Idee einer Solarsauna wurde mit diesem Projekt als Konzept vorgestellt. Eine Umsetzung für ein konkretes Projekt ist vorgesehen.

Durch die Verbreitung der Ergebnisse dieses Forschungsauftrages über die Projektpartner im allgemeinen und durch die Übermittlung der Ergebnisse an die mehr als 2000 ausgewählten Hoteladressen (welche für die Grundlagenforschung befragt wurden), sowie durch die Verbreitung der Ergebnisse durch pro Holz Kärnten, erwarten sich die Projektpartner dieses Forschungsauftrages die Aktivierung eines Bewusstwerdungs-Prozesses über die Möglichkeiten der Planung und Errichtung energieeffizienter Schwimmbäder und Wellnessanlagen.

6 Literaturverzeichnis

- TRIER, Hochschule, Gutachten zur Nutzung und Anwendbarkeit des Passivhausstandards zur Beurteilung der Effizienz von Raumluftechnischen Anlagen in Nicht-Wohngebäuden Umwelt-Campus Birkenfeld, 2013
- Universitätslehrgang Solararchitektur Donau-Universität Krems
- Intergrale Planung für die Realisierung eines öffentlichen Hallenbades mit Konzepten der Passivhaustechnologie, Endbericht Lünen, Passivhausinstitut Darmstadt, Dezember 2011
- RUHNAU, Ralf, Schäden an Schwimmbädern, Verlag Newen Arndt
- Wolff, Lars, Dr. Ing., RAUPACH, Michael, Dr. Ing., Typische Schadensbilder bei Schwimmbädern – Ursachen und Lösungsansätze, Esslingen 2011
- RONACHER, Herwig, Arch. DI Dr., Architektur und Zeitgeist, Verlag Johannes Heyn, 1998
- NATTERER, Julius, Holzbau Atlas Zwei, München 1992
- ISOPP, Anne, Zuschnitt 47, pro Holz Austria, Ausgabe 47, September 2012
- TEIBINGER, Martin, Zuschnitt 47, pro Holz Austria, Ausgabe 47, September 2012
- KÖNIGSTEIN, Thomas, Ratgeber energieeinsparendes Bauen
- Grundlagenuntersuchung der bauphysikalischen und technischen Bedingungen zur Umsetzung des Passivhauskonzepts im öffentlichen Hallenbad, Passivhausinstitut Darmstadt, 2009
- ÖNORM M 6219-1 und ÖNORM M 6219-2
- STERNAD, Bruno, Dr., Zivilingenieur für technische Chemie Auskünfte zu den Themen Eignung vom Edelstahl und verzinkten Stahl, Eignung abgehängter Decken, Sockelausbildung bei Glasfassaden, etc.
- Industrieverband und Institut Feuerverzinken,
URL: <http://www.feuverzinken.com/presse/detailseite/article/korrosion-und-korrosionsschutz-in-hallenschwimmbaedern>, [letzter Zugriff am 11.02.2013]
- Sauter Controls, Raumlufqualität
- ÖNORM H 6035, Lüftungstechnische Anlagen – Planung, Ausführung und Betrieb von raumluftechnischen Anlagen für Hallenbäder
- ÖNORM B 8110, Wärmeschutz im Hochbau, Teile 1 bis 6
- OIB-Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz
- ÖNORM M 6216 österreichisches Bäderhygienegesetz
- [VDI 2089] Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern, Hallenbädern
- [DIN EN 13053] Lüftung von Gebäuden – zentrale raumluftechnische Geräte - Leistungskennndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten
- [ASHRAE 2005] American society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE): ASHRAE 2005 Fundamentals.
- [Gagge 1986] A standard predictive index of human response to the thermal environment, Gagge, A.P., A.P.Fobelets, L.G.Berglund ASHRAE Transactins, Vol. 92:2B (1986), 709-731
- [Stichel 1986] Korrosion und Korrosionsschutz von Metallen in Schwimmhallen, Stichel, Wolfgang Forschungsbericht 126, S.41, Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin 08/1986
- [Schneiders 2009] Passive Houses in South West Europe. A quantitative investigation of some passive and active space conditioning techniques for highly energy efficient dwellings in the South West European region. 2nd, corrected edition. Schneiders, Jürgen. Darmstadt, Passivhausinstitut, 2009

7 Kontaktdaten

Projektleiter	Architekten Ronacher ZT GmbH Herr Arch. DI Dr. Herwig RONACHER
Adresse des Projektleiters	Khünburg 86 9620 Hermagor Telefon: +43 (0) 4282 / 35 85 Fax: +43 (0) 4282 / 35 85 - 35 E-Mail: office@architekten-ronacher.at Web: www.architekten-ronacher.at

Name des Subvertragsnehmers	Pabinger & Partner ZT-GmbH Herr DI Peter Pabinger
Adresse des Subvertragnehmers	Hallegger Straße 80 9201 Krumpendorf Telefon: +43 (0) 4229 / 37 71-0 E-Mail: office@pabinger.co.at Web: www.pabinger.co.at

Name des Subvertragsnehmers	TB Ing. Meisslitzer KEG Herr Ing. Maximilian MEISSLITZER
Adresse des Subvertragnehmers	Afritschstr. 2 9020 Klagenfurt Telefon: +43 (0) 463 / 56 771 E-Mail: office@tbmeisslitzer.com Web: www.tbmeisslitzer.com

Name des Subvertragsnehmers	BWT Austria GmbH Herr Ing. Johannes Brühwasser
Adresse des Subvertragnehmers	Industriezeile 34 5280 Braunau Telefon: +43 (0) 77227 / 63 264 - 0 E-Mail: office@bwt.at Web: www.bwt.at

Name des Subvertragsnehmers	Menerga Energie-Systeme GesmbH Herr DI Peter Weissengruber
Adresse des Subvertragnehmers	Bräuhausstraße 4 5020 Salzburg Telefon: +43 (0) 662 / 83 27 44 E-Mail: office@menerga.at Web: www.menerga.at

IMPRESSUM

Verfasser

Architekten Ronacher ZT GmbH
Arch. DI Dr. Herwig RONACHER
Khünburg 86, 9620 Hermagor
Tel: +43 (0) 4282 / 35 85
Fax: +43 (0) 4282 / 35 85 - 35
E-Mail: office@architekten-ronacher.at
Web: www.architekten-ronacher.at

AutorInnen

Herwig Ronacher
Peter Pabinger
Maximilian Meisslitzer
Johannes Brühwasser
Peter Weissengruber

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
E-Mail: office@klimafonds.gv.at
Web: www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Weder der Klima- und Energiefonds noch die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH