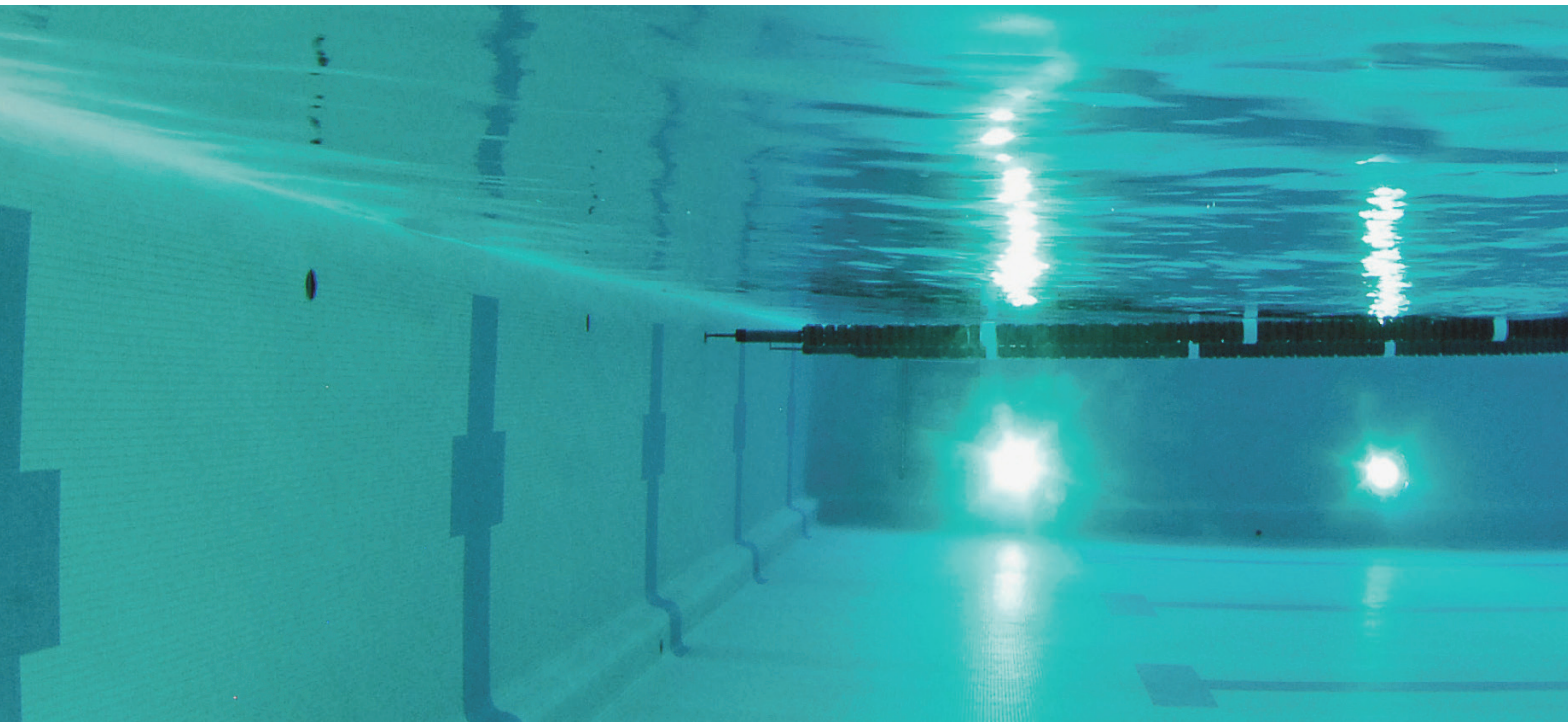


Leitfaden

Energie in Hallen- und Freibädern



Verband Hallen- und Freibäder
WWW.VHF.CH

SVG

Schweizerische Vereinigung für
Gesundheitsschutz und Umwelttechnik



Kannewischer



HUNZIKER BETATECH
EINFACH. MEHR. IDEEN.

 **InfraWatt**



beck
schwimmbadbau
ihr planer.

Impressum

Die Realisierung des Leitfadens wurde durch das Programm Energie Schweiz ermöglicht.

Besucheradresse:

Bundesamt für Energie
Mühlestrasse 4
CH-3063 Ittigen
www.bfe.admin.ch

Postadresse:

Bundesamt für Energie
3003 Bern
+41 (0) 58 462 56 11
www.bfe.admin.ch

Sponsoren

VHF

Verband Hallen- und Freibäder
Schneggenackerstrasse 163
4634 Wisen
www.vhf.ch

**SVG Schweizerische Vereinigung für
Gesundheitsschutz und Umwelttechnik**

Blumenbergstrasse 47
8633 Wolfhausen
www.svg-umwelt.ch

Redaktion/Autoren:**Kannewischer Ingenieurbüro AG (HK&T)**

Gewerbestrasse 5
CH-6330 Cham/Zug
Tel. +41 (0) 41 725 30 50
E-Mail: info@kannewischer.ch
www.kannewischer.ch

Beck Schwimmbadbau AG (BSB)

Bürglistrasse 29
CH-8400 Winterthur
Tel. +41 (0) 52 224 00 88
E-Mail: mail@beck-schwimmbadbau.ch
www.beck-schwimmbadbau.ch

Hunziker Betatech AG

Pflanzschulstrasse 17
Postfach 83
CH-8411 Winterthur
Tel. +41 (0) 52 234 50 50
E-Mail: info@hunziker-betatech.ch
www.hunziker-betatech.ch

InfraWatt

Geschäftsstelle
Kirchhofplatz 12
CH-8200 Schaffhausen
Tel. +41 (0) 52 238 34 34
E-Mail: mueller@infrawatt.ch
www.infrawatt.ch

Gestaltung:

Leu's Home Art GmbH
Architektur und Grafik
Schneggenackerstrasse 163
CH-4634 Wisen
Tel. +41 (0) 61 599 53 85
E-Mail: info@leupi.com

Druck:

Jordi AG
Aemmenmattstr. 22
3123 Belp
Tel.: +41 (0) 31 818 01 11
E-Mail: martin.schaer@jordibelp.ch
www.jordibelp.ch

Inhaltsverzeichnis

1

Einleitung

1.1	Energieoptimierung: Chance für Hallen- und Freibäder	14
1.2	Abgrenzung/Leitsatz	18
1.3	Übersicht der relevanten Gesetze und Normen	18
1.4	Hallen- und Freibäder als Energieverbraucher	19
1.4.1	Hallenbäder	19
1.4.2	Freibäder	19
1.5	Wasserver- und -entsorgung	20
1.5.1	Wasserversorgung	20
1.5.2	Wassersparen	21
1.5.3	Mehrfachnutzung, Grauwassernutzung	22
1.5.4	Abwasserentsorgung	22
1.6	Systemgrenze	23

2

Energieversorgung (Nutzung erneuerbarer Energien und Abwärme)

////////////////////////////////////		
2.1	Wärmebedarf	29
2.1.1	Jahresverlauf Wärme	29
2.1.2	Konventionelle Heizsysteme (Öl, Gas)	29
////////////////////////////////////		
2.2	Wärmerückgewinnung intern (auch Minergie)	30
2.2.1	Lüftung	30
2.2.2	Sanitär	30
2.2.3	Badewasser	30
////////////////////////////////////		
2.3	Externe Abwärme aus Abwasser, Kehrrechtverbrennungsanlagen und Industriebetrieben	31
2.3.1	Fernwärme	32
2.3.2	Abwärme aus Abwasser	32
2.3.3	Abwärme aus Kehrrechtverbrennungsanlagen (KVA)	34
2.3.4	Abwärme aus Industrie	34
2.3.5	Abwärme Kunsteisbahnen	34
2.3.6	Abwärme Kunstrasenfelder	35
////////////////////////////////////		
2.4	Erneuerbare Energie und Energierichtpläne	36
2.4.1	Energierichtpläne	36
2.4.2	Sonne	36
2.4.3	Wind	42
2.4.4	Biomasse und Holz	42
2.4.5	Umweltwärme	43
////////////////////////////////////		

3

Energieeffizienz im Baukörper

3.1	Allgemeines	51
3.2	Behaglichkeit und Wohlbefinden stehen im Mittelpunkt, nicht die Technik	52
3.3	Nutzung bewusst planen	53
3.4	Planung des Hallenbades	54
3.4.1	Grundstück und Lage	54
3.4.2	„Klimazonen“ schaffen und optimal anordnen	55
3.4.3	Klimatische Bereiche im Hallenbad	56
3.4.4	Disposition der Klimabereiche im Gebäude	57
3.4.5	Technikräume und Leitungsführung	58
3.4.6	Licht und Schatten – Beleuchtung und Lichtlenkung	58
3.4.7	Gestaltung durch Licht und Farbe	61
3.5	Energieeffizienz in der Gebäudehülle	62
3.5.1	Bauphysikalische Betrachtungen	63
3.5.2	Durchdringungen	66
3.5.3	Die Dachflächen	67
3.5.4	Bodenplatte Dämmung im Erdreich	68
3.6	Fassade und Elemente der Gebäudehülle	70
3.6.1	Gebäudezutritt Eingangsbereiche	70
3.6.2	Fenster und Glasfassaden	72
3.6.3	Pfosten-Riegelkonstruktion von Glasfassaden	73
3.7	Aussenbecken bzw. Aussenbäder	77
3.8	Rutschbahnen	78
3.9	Rücklaufrinnen	78

4

Steigerung der Energieeffizienz in den einzelnen Gewerken

4.1	Sanitäreinrichtungen	85
4.1.1	Wassersparen	85
4.2	Elektrotechnik	86
4.2.1	Energieeffizienzklassen	86
4.2.2	Netzqualität	87
4.2.3	Blindstromkompensation	87
4.2.4	Beleuchtung	88
4.2.5	Antriebsanlaufverhalten	97
4.3	Badewasseraufbereitung	98
4.3.1	Volumenstrom	98
4.3.2	Beckenhydraulik	102
4.3.3	Teillastbetrieb	103
4.3.4	Filtersysteme	104
4.3.5	Betriebskosten	109
4.4	Umwälzpumpen	113
4.4.1	Pumpenarten	113
4.4.2	Systeme	115
4.4.3	Hinweise zur Auslegung	116
4.4.4	Rechtliche Hinweise	119
4.4.5	Hinweise zum Betrieb	120
4.5	Ventilatoren	123
4.5.1	Bedeutung	123
4.5.2	Effiziente Luftförderung	123
4.6	Fensterfassadenbelüftung im Schwimmbadbau	130
4.7	Lastmanagement (Planung und Betrieb)	131
4.7.1	Elektro	131
4.7.2	Wärme	132
4.7.3	Wärmeerkraftkoppelung	133
4.8	Gebäudeautomation	134
4.8.1	Energiemanagementsystem (EMS)	135

5

Betriebliche Massnahmen

5.1	Nachtabenkung der Raumtemperatur	141
5.2	Tag-, Nachtbetrieb Beckenwasserumwälzung	142
5.3	Bewirtschaftung der Attraktionen	143

6

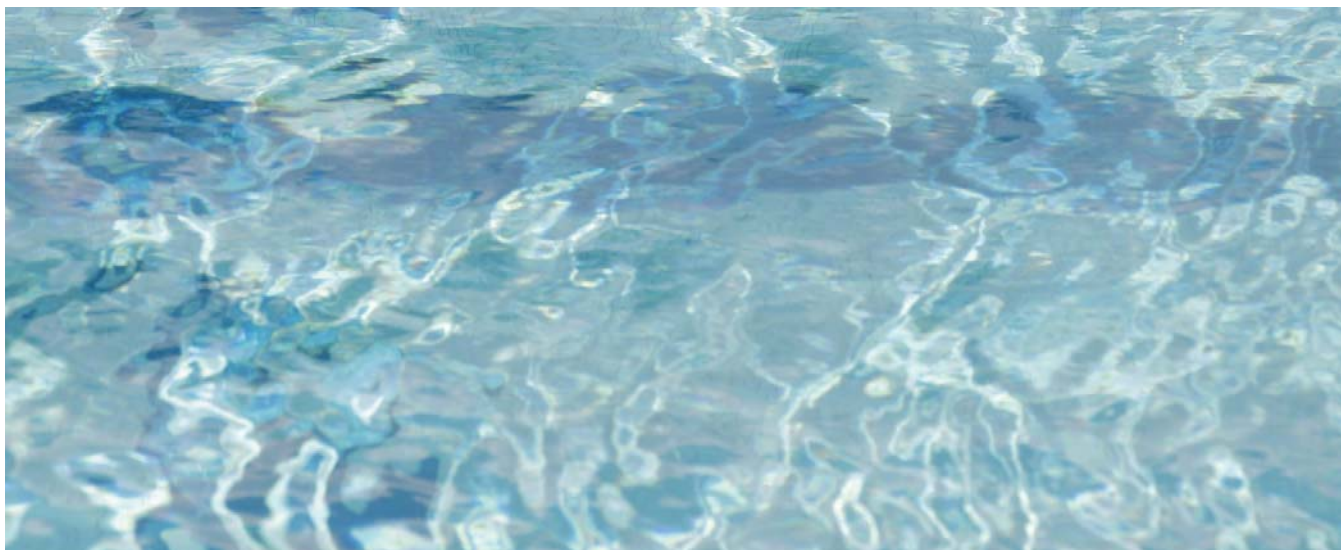
Umsetzung

6.1	Postulieren von Kennzahlen	149
6.1.1	Systemgrenzen	149
6.1.2	Bädereinteilung	150
6.1.3	Energiekennzahlen Hallenbäder	151
6.1.4	Warm aussenbecken	155
6.1.5	Freibäder	155
6.2	Vorgehen	157
6.2.1	Grobanalyse	157
6.2.2	Feinanalyse	162
6.3	Förderbeiträge	188
6.3.1	Landesweite Fördermittel	188
6.3.2	Förderung durch die Kantone	190
6.3.3	Förderung in einzelnen Gemeinden	190

Quellenverzeichnis

192





1

EINLEITUNG



1 Einleitung

////////////////////////////////////		
1.1	Energieoptimierung: Chance für Hallen- und Freibäder	14
////////////////////////////////////		
1.2	Abgrenzung/Leitsatz	18
////////////////////////////////////		
1.3	Übersicht der relevanten Gesetze und Normen	18
////////////////////////////////////		
1.4	Hallen- und Freibäder als Energieverbraucher	19
1.4.1	Hallenbäder	19
1.4.2	Freibäder	19
////////////////////////////////////		
1.5	Wasserver- und -entsorgung	20
1.5.1	Wasserversorgung	20
1.5.2	Wassersparen	21
1.5.3	Mehrfachnutzung, Grauwassernutzung	22
1.5.4	Abwasserentsorgung	22
////////////////////////////////////		
1.6	Systemgrenze	23
////////////////////////////////////		



1. Einleitung

In den letzten Jahren, insbesondere seit dem Reaktorunfall in Fukushima wird in allen industrialisierten Gesellschaften immer intensiver über den Einsatz von Energie, die Energiewende diskutiert. Das bedeutet, dass grosse Teile der Gesellschaft eingesehen haben, dass eine zukunftsfähige Energiepolitik ohne Atomenergie sowie ein auf das absolute Minimum begrenzter Einsatz von fossiler Energie anzustreben ist. Diese Ziele sind im Rahmen der Diskussionen zur 2000-Watt-Gesellschaft in der Energiepolitik formuliert.

Unsere Hallen- und Freibäder müssen sich zunehmend in einer vielseitigen Umwelt als eigenständige Unternehmen behaupten. Die Aspekte dieser Umwelt können in nachfolgender Grafik dargestellt werden.

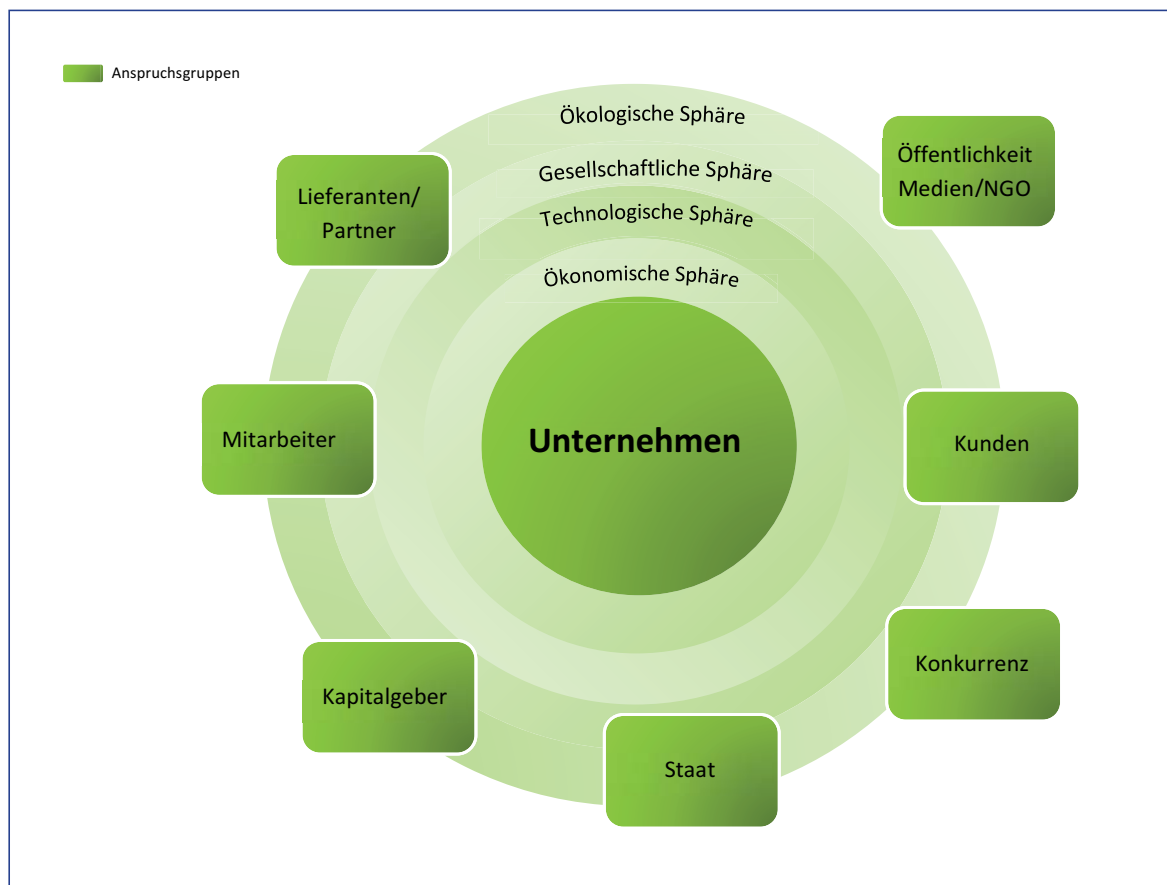


Abb. 1: Umwelt – aus Sicht der Unternehmenswelt

Die Hallen- und Freibäder stehen als intensive Energieverbraucher zunehmend im Fokus der Öffentlichkeit. Ebenso steigt der Druck auf die Wirtschaftlichkeit.

1.1 Energieoptimierung: Chance für Hallen- und Freibäder

Dieser Leitfaden soll den Hallen- und Freibadbetreibern helfen, ihre Energie- und Ressourcenverbräuche strukturiert zu analysieren und zielorientiert Massnahmen zu entwickeln, die eine Optimierung des Ressourceneinsatzes zur Folge haben, mit positiven Auswirkungen auf die Kostensituation. Wichtig bei all diesen Betrachtungen ist aber, dass der Kundenkomfort und die Hygiene, die manchmal einem minimalen Energie- und Ressourceneinsatz zuwiderlaufen, immer zu beachten sind.

Die Energie- und Wasserkosten sind ein beträchtlicher Teil der Betriebskosten. Beobachtungen in der Praxis zeigen, dass Betriebe, die ihren Energie- und Ressourceneinsatz im Griff haben, auch sonst gut geführte Betriebe sind. In diesem Sinne kann man zusammenfassend sagen, dass ein optimaler Ressourceneinsatz eine zentrale Führungsaufgabe in den Bäderbetrieben ist.

Die Zielsetzungen bezüglich des Energieverbrauchs sind in den verschiedenen Normen, Richtlinien und Energiegesetzen formuliert und laufend weiterentwickelt worden.

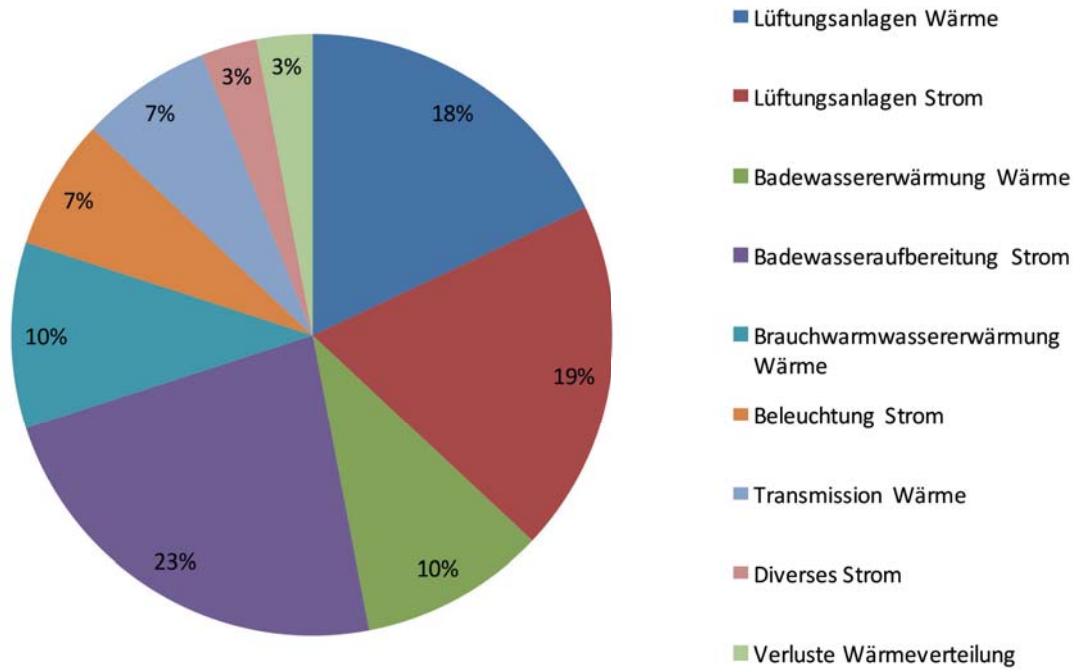
Der Fokus lag vor allem auf gängigen Gebäudearten wie Wohn- und Bürogebäude, Gewerbebauten, Hotels usw.

Bei komplexen Bauten, wie öffentlichen Hallenbädern, hat man sich damit begnügt, Anforderungen an die Gebäudehülle zu definieren, obwohl der Transmissionswärmeverlust in einem Hallenbad lediglich ca. 1/10 des Gesamtwärmeverbrauches ausmacht.

Nachstehendes Diagramm zeigt, dass Energiekennwerte, die sich lediglich auf die Gebäudehülle begrenzen, zu wenig greifen, da die grossen Wärmeverbraucher wie Lüftungsanlagen, Brauchwassererwärmung und Badewassererwärmung nicht berücksichtigt werden.

1

Energieverbrauch eines Hallenbades





Wie geht man es also an?

Energiekennwerte für verschiedene Hallenbadtypen pro m² Nutzfläche oder pro m² Wasserfläche, pro m³ umbauten Raum? Alle Bäder sind sehr individuell bezüglich Angebot, Ausstattung und Rahmenbedingungen. Thermalbäder z. B. haben oft warmes Wasser. Dies soll aber natürlich nicht dazu führen, dass in den Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär- und Badewasseraufbereitungsanlagen Energie unnötig verbraucht wird.

Ein Lösungsansatz soll also einfach umsetzbar, in der Praxis aber auch einfach zu kontrollieren sein. Seit gut 5 Jahren ist man sich einig, dass Hallenbäder, die z. B. ein Minergie-Zertifikat erhalten wollen, eine Liste von technischen Massnahmen erfüllen müssen. Diese Massnahmen müssen effizient sein. Die Prüfbarkeit und Verifizierbarkeit muss gewährleistet sein. Die Verhältnismässigkeit muss gegeben sein. Dabei fokussieren sich die Vorgaben von Minergie auf:

- Tiefen Endenergieverbrauch (Wärme/Kälte/Strom)
- Wenig Wärmeverlust über die Gebäudehülle (Wärmeemissionen)
- Wärmerückgewinnung aller überschüssigen Wärme
- Effiziente Energieerzeugungsanlagen mit guter CO₂-Bilanz
- Ressourcenschonung von Energie und Wasser

Für den Bau von Schwimmhallen aller Art bedeutet dies:

- Tiefen Endenergieverbrauch (Wärme/Kälte/Strom)
- Optimale Wärmeisolation des Gebäudes
- Wärmeerzeugung möglichst mit alternativen, CO₂-armen (freien) Energieträgern
- Wärmerückgewinnung für alle Gewerke
- Weitere technische Massnahmen gegen Wärmeverluste
- Einsatz von energieoptimierten Anlageteilen wie Pumpenmotoren etc.
- Anbindung an öffentlichen Verkehr

Für die technischen Anlagen in einem Schwimmbad bedeutet dies konkret:

- Optimierte Wärmeerzeugungs- und Verteilungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (Heizung/Lüftung)
- Wärmerückgewinnung aus der Badewasseraufbereitung sowie Mehrfachnutzung des Badewassers
- Duschen Abwasserwärmerückgewinnung für die Brauchwarmwasserbereitung
- Energieeffiziente Anlagenteile, z. B. Pumpen und Motoren
- Gebäudeleitsystem, um den Betrieb anforderungsgerecht und energieoptimiert führen zu können

Bei der Wahl der Bereitstellungssysteme Wärme und Strom ist vermehrt zu prüfen, welche Energien aus der Umwelt direkt zur Verfügung stehen oder mittels Wärmepumpen und Blockheizkraftwerken nutzbar gemacht werden können. Alle Wärmeverbraucher ausser der Brauchwarmwasserbereitung können mit relativ niedrigen Temperaturen betrieben werden, was optimale Voraussetzungen ergibt für den Betrieb von Wärmepumpenanlagen. Zunehmend werden in Gemeinden und Kantonen Energiekatasterpläne erstellt, die gute Informationen geben über mögliche Umweltenergiequellen. Die Nutzung von Abwärmen aus Industrie- und Gewerbegebieten, EDV-Zentralen oder Kehrlichtverbrennungsanlagen bieten ebenfalls noch sehr viel Potenzial. In diesem Sinne gibt es noch viele Möglichkeiten, energieeffiziente sowie ressourcenschonende Anlagen zu planen, um die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen.

Ein besonders wichtiger Aspekt ist natürlich, dass die Anlagen, wenn sie einmal gebaut sind, auch korrekt betrieben werden. Hier stehen viele Hilfsmittel zur Verfügung, mit denen diese im Rahmen der Gebäudeleittechnik optimal betrieben werden können.

1.2 Abgrenzung/Leitsatz

Abgrenzung

Die Betrachtung der grauen Energie in den Herstellungsprozessen für alle Materialien, die im Schwimmbad zum Einsatz kommen, wird hier ausgeklammert, da dies zu weit führen würde und thematisch kein bäderspezifisches Problem darstellt.

Als graue Energie wird die Energiemenge bezeichnet, die für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes benötigt wird. Dabei werden auch alle Vorprodukte bis zur Rohstoffgewinnung berücksichtigt und der Energieeinsatz aller angewandten Produktionsprozesse addiert.

Leitsatz: Einfache Technik verwenden

Die Technik muss in erster Linie den Zweck erfüllen können. Wenn durch komplizierte Steuerung die Bedienbarkeit für das Personal nicht mehr verständlich ist, so sind Fehler vorprogrammiert. Manchmal bleibt sogar über Jahre hinweg eine falsche Einstellung unbemerkt. Deshalb lohnt es sich auch, alle zwei bis drei Jahre die Steuerung auf betriebliche und umfassendere Energiesparmöglichkeiten zu prüfen.

1.3 Übersicht der relevanten Gesetze und Normen

- Energiegesetz des Bundes
 - Energiegesetz der Kantone (z. B. Grossverbrauchermodell)
 - Mustervorschriften der Kantone MuKEn
 - SIA 380 Grundlagen für energetische Berechnung von Gebäuden
 - SIA 380/1 Thermische Energie im Hochbau
 - SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau
 - SIA 382/1 Lüftungs- und Klimaanlage allgemeine Grundlagen und Anforderungen
 - SIA 385/1 Anlagen für Trinkwasser in Gebäuden Grundlagen und Anforderungen
 - SIA 385/9 Wasser und Wasseraufbereitungsanlagen in Gemeinschaftsbädern
 - Anforderungen und ergänzende Bestimmungen für Bau und Betrieb
 - SWKI 2004-1 Raumluftechnische Anlagen in Hallenbädern
- (Diese Auflistung ist nicht abschliessend)



1.4 Hallen- und Freibäder als Energieverbraucher

1.4.1 Hallenbäder

Viele der heutigen Hallenbäder in der Schweiz wurden in den 1970er Jahren gebaut. Dabei handelt es sich vor allem um klassische öffentliche Hallenbäder ohne Attraktionsangebot oder um Schullehrschwimmbecken.

In der Schweiz gibt es heute ca. 470 öffentliche Hallenbäder und ca. 350 Schulschwimmbäder sowie zusätzlich 1000 Bäder in Hotels, Spitälern etc.

Einige dieser Hallenbäder wurden bereits in den letzten Jahren saniert, andere sind stark sanierungsbedürftig.

Bei den klassischen, nichtsaniierten Hallenbädern kann man davon ausgehen, dass der Wärmeenergieverbrauch ca. 60 % beträgt, der Stromenergieverbrauch ca. 40 %. Bei sanierten, klassischen Hallenbädern kann der Wärmeenergieverbrauch stärker gesenkt werden als der Stromenergieverbrauch. Die Aufteilung beträgt danach ca. 50 zu 50 %.

Bei neueren Freizeitbädern oder bei sanierten Hallenbädern mit zusätzlichem Freizeitangebot hat sich der Energieverbrauch eher auf Seite Stromverbrauch verschoben, d. h. der Anteil beträgt ca. 40 % Wärme und ca. 60 % Strom.

Diese Verschiebung hat ihren Ursprung im vermehrten Einbau von Attraktionen (Rutschen, Sprudelanlagen etc.) sowie Wellnessanlagen. Andererseits ist der Wärmebedarf durch die verbesserte Gebäudedämmung sowie bessere Wärmerückgewinnung (WRG) gesunken, der Stromverbrauch durch den Wärmepumpeneinsatz gestiegen.

1.4.2 Freibäder

Bei den Freibädern sieht die Situation ähnlich aus wie bei den Hallenbädern. Die meisten Freibäder wurden in den 1970-er Jahren gebaut und weisen einen grossen, allgemeinen und energetischen Sanierungsbedarf auf. In der Schweiz gibt es heute ca. 600 Freibäder. Bei den Freibädern liegt der Wärmeanteil bei ca. 50 % (Beckenwassererwärmung), der Stromanteil ebenfalls bei 50 %. Der Wärmeanteil ist gestiegen, weil die Freibadsaison in den letzten Jahren immer früher gestartet und das Wasser künstlich erwärmt wurde.

Eine Beheizung der Freibäder ist nur zulässig, wenn diese ausschliesslich mit erneuerbaren Energien oder mit nicht anders nutzbarer Abwärme erfolgt. Elektrische Wärmepumpen dürfen eingesetzt werden, wenn eine Abdeckung vorhanden ist (vgl. MuEn).



1.5 Wasserver- und -entsorgung

Im Wasser steckt Energie in Form von Wärme, Bewegungs-, Lage- oder Druckenergie.

Bäder benötigen grosse Mengen an Füllwasser. Der allergrösste Teil dieses Wassers verlässt das Bad schlussendlich in Form von Abwasser. Sowohl die Herstellung von Trinkwasser als auch die Behandlung von Abwasser benötigt viel Energie. So beeinflusst der Wasserverbrauch den Energieverbrauch nicht nur innerhalb des Bades sehr stark, sondern auch ausserhalb des Bades, insbesondere bei der Wasserversorgung und bei der Kläranlage.

Die Energie, welche die Wasserversorgung benötigt, um das Wasser dem Kunden bereitzustellen, wird vor allem für dessen Förderung und allenfalls für die Aufbereitung benötigt. Beide Male in Form von Strom. Im Schweizer Durchschnitt liegt der spezifische Stromverbrauch pro Kubikmeter Trinkwasserabgabe bei rund 0.4 kWh/m³ bei der Wasserversorgung und bei 0.2 kWh/m³ Abwasser bei der Kläranlage.

1.5.1 Wasserversorgung

Bäder sind grosse Wasserbezüger. Meist werden sie von der kommunalen Wasserversorgung versorgt. Es gibt zahlreiche Bäder, welche zusätzlich oder ausschliesslich anderes Wasser nutzen, beispielsweise Thermal-, Grund- oder Quellwasser.

Beim Bezug von kaltem Trinkwasser aus dem kommunalen Netz sind bei einem Hallen- oder Freibad keine nennenswerten Energieeinsparungen möglich. Der Netzdruck ermöglicht den Transport des Wassers zu den Verbrauchsstellen im Bad. Die Erstfüllung der Becken muss mit der Wasserversorgung abgesprochen werden, um deren Produktionskapazität zu berücksichtigen und Rohrleitungsbruch-Fehlalarme zu vermeiden.

Bei der eigenen Erschliessung von Thermal-, Grund- oder Quellwasser gilt es den Energieverbrauch für die Förderung des Wassers zu beachten.

Literaturhinweis:

Bundesamt für Energie BFE, Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW), Energie in der Wasserversorgung. Ratgeber zur Energiekosten- und Betriebsoptimierung, Bern/Zürich 2004.

Thermalwasser

Wasser weist eine hohe Wärmespeicherkapazität auf. Insbesondere im Thermalwasser stecken angesichts der hohen Temperaturen grosse Wärmemengen, welche nach dem Gebrauch noch zu Heizzwecken genutzt werden können. Beim Transport von Thermalwasser ist deshalb darauf zu achten, dass die Wärmeverluste gering sind.

1.5.2 Wassersparen

Durch die Reduktion des Wasserkonsums wird bei der Wasserversorgung und der Kläranlage Strom und Wärme gespart. Eingespartes Wasser muss nicht mehr gefördert und nicht mehr erwärmt werden. Auch im Bad selbst sind damit grössere Energieeinsparungen bei den Pumpen und der Wassererwärmung verbunden.

1.5.2.1 Sanitärinstallationen WC und Duschen

Im Vergleich zur Badewasseraufbereitung verbrauchen die Sanitärinstallationen deutlich weniger Wasser, dafür zum Teil wesentlich wärmeres. Mit der Reduktion von Brauchwarmwasser kann also auch viel Heizenergie gespart werden. Der Komfort für Duschende und die Schwemmkraft in den Abwasserleitungen dürfen jedoch wegen des Wassersparens nicht vernachlässigt werden.

1.5.2.2 Badewasseraufbereitung

Die Badewasseraufbereitung braucht in einem Hallenbad sehr viel Strom und Wärme, weshalb den Einsparungen an Wasser besondere Beachtung geschenkt werden muss. Dabei darf aber die notwendige Wasserqualität nicht vergessen werden.

Der Wasserverbrauch der Badewasseraufbereitung wird im Wesentlichen von der gewählten Verfahrenskombination und dem Betrieb bestimmt. Sandfilter benötigen deutlich mehr Spülwasser als Anschwemmfilter bei gleicher Filtrationsleistung. Mit einem Spülwasserbecken kann sowohl Wasser wie auch Wärme eingespart werden. Das abgebadete und abgekühlte Wasser wird im Spülwasserbecken für die Rückspülung des Filters vorgehalten. Es gelangt als kaltes Schlammwasser in die Kanalisation, wodurch Wärmeenergie eingespart wird. Im Weiteren ist darauf zu achten, dass beispielsweise Kühlwasser für Ozongeneratoren in den Badewasserkreislauf eingespeist wird. Auch die Rückführung von warmem Messwasser ist wichtig, um Wärmeenergie zu sparen.

1.5.2.3 Reinigung

Bei der Reinigung der Schwimmhalle und der Garderoben und Duschen kann durch den Einsatz von effizienten Reinigungstechniken Wasser gespart werden. Verglichen mit dem Verbrauch an Badewasser ist dieser Anteil jedoch relativ gering.

1.5.3 Mehrfachnutzung, Grauwassernutzung

Im Schwimmbad bieten sich diverse Möglichkeiten der Mehrfachnutzung von Wasser an. Dafür ist jedoch ein separates Leitungsnetz zu erstellen, was entsprechende Investitionen bedingt und im Bestand nicht immer möglich ist. Sparmöglichkeiten bestehen durch die Nutzung des Regenwassers oder des Stetsablaufs für die Flächenreinigung, die WC-Spülungen, die Rasenbewässerung oder die Kühlung von Kunstrasenfeldern.

Die Aufbereitung von Schlamm- zu wiederverwendbarem Betriebswasser mit einer Ultrafiltration und Umkehrosmose ist recht energie- und chemikalienintensiv. Ihr Einsatz muss deshalb im Detail geprüft werden.

1.5.4 Abwasserentsorgung

Im Abwasser stecken grosse Mengen an Wärmeenergie. Diese kann über Wärmerückgewinnungssysteme im Bad zurückgewonnen werden, statt sie ungenutzt der Kanalisation zu übergeben. Es bieten sich rekuperative Wärmetauscher an, welche ohne Hilfsenergie auskommen. Mittels Wärmepumpe kann dem Abwasser zusätzlich Wärme entzogen werden.

Bei der Abwasserentsorgung sollte darauf geachtet werden, dass nicht verschmutztes Abwasser möglichst in die Regenwasserkanalisation eingeleitet wird. Beispielsweise kann der Stetsablauf entchlort und so der Regenwasserkanalisation zugeführt werden. Damit werden die Kläranlagen von der Zufuhr von unverschmutztem Abwasser befreit, wodurch diese effizienter arbeiten und auch Energie sparen. Des Weiteren ist die Ableitung so zu planen, dass das Abwasser möglichst im Freispiegel abfliessen kann und Abwasserhebeanlagen bzw. Pumpenstrom vermieden werden.

1.5.4.1 Schmutzabwasser

Bei der Wärmerückgewinnung aus Abwasser sind die Wärmetauscher vor Verstopfung zu schützen. Das wird durch eine unterhaltsfreundliche Konstruktion oder vorgeschaltete Filter erreicht. Im Notfall muss der Wärmetauscher umgangen werden können.

1.5.4.2 Regenabwasser

Die eidgenössische Gewässerschutzgesetzgebung und die Norm SN 592000 schreiben die Entwässerung von Liegenschaften detailliert vor. Die Entsorgung von nicht verschmutztem Abwasser, wie Regenabwasser von Dächern und Plätzen, soll über eine Versickerung oder in ein Oberflächengewässer erfolgen und nicht der Kläranlage zugeführt werden. Durch eine Vorbehandlung im Bad kann die Verschmutzung von Abwasser so reduziert werden, dass es als nicht verschmutzt gilt und als Regenabwasser entsorgt werden kann. Dies hat den Vorteil, dass allenfalls auch Abwassergebühren gespart werden können.



1.5.4.3 Badewasseraufbereitung

Die typischen Abwässer aus der Badewasseraufbereitung sind das Schlammwasser aus der Rückspülung der Filter, die jährliche Beckenentleerung und vor allem der Stetsablauf (Badabwasser, abgedetes Wasser). Ihre Entsorgung erfolgt grundsätzlich in die Schmutzabwasserkanalisation, ausser sie werden vorbehandelt.

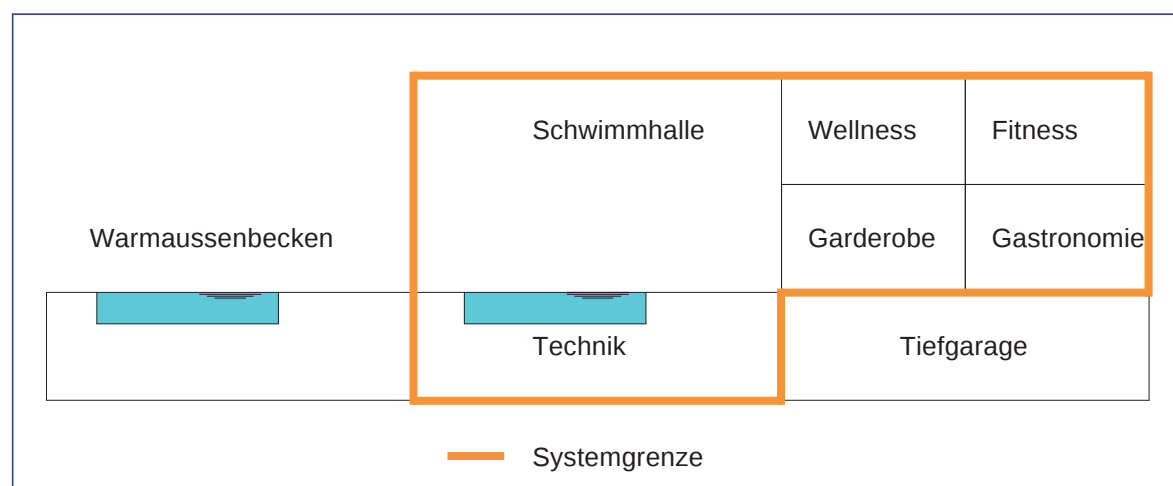
Die Wärmerückgewinnungssysteme für den Stetsablauf und Spülwasser, welches bei der Rückspülung zu Schlammwasser wird, können gut gekoppelt werden und reduzieren die Wärmeverluste über den Abwasserstrom in grossem Masse.

1.6 Systemgrenze

Heutige Hallenbäder lassen sich nicht so leicht untereinander vergleichen. Die einzelnen Angebote, welche den Energieverbrauch massgebend beeinflussen, sind zu unterschiedlich. Deshalb wird eine Systemgrenze definiert.

Neben dem klassischen Hallenbadbereich (mit oder ohne umfangreiche Attraktionen) kann das Bad ein Restaurant aufweisen oder kein Gastronomieangebot anbieten. Ein integrierter Fitnessbereich, welcher meist klimatisiert ist, oder ein umfangreicher Sauna- und Wellnessbereich mit diversen Angeboten wie auch ein Warmaussenbecken beeinflussen den Energieverbrauch ebenfalls stark.

Will man die einzelnen Hallenbäder miteinander vergleichen, müssen die verschiedenen Angebote berücksichtigt werden. Tiefgaragen liegen immer ausserhalb der Systemgrenzen.







2

ENERGIEVERSORGUNG (NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN UND ABWÄRME)



2 Energieversorgung (Nutzung erneuerbarer Energien und Abwärme)

2.1	Wärmebedarf	29
2.1.1	Jahresverlauf Wärme	29
2.1.2	Konventionelle Heizsysteme (Öl, Gas)	29
2.2	Wärmerückgewinnung intern (auch Minergie)	30
2.2.1	Lüftung	30
2.2.2	Sanitär	30
2.2.3	Badewasser	30
2.3	Externe Abwärme aus Abwasser, Kehrlichtverbrennungsanlagen und Industriebetrieben	31
2.3.1	Fernwärme	32
2.3.2	Abwärme aus Abwasser	32
2.3.3	Abwärme aus Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA)	34
2.3.4	Abwärme aus Industrie	34
2.3.5	Abwärme Kunsteisbahnen	34
2.3.6	Abwärme Kunstrasenfelder	35
2.4	Erneuerbare Energie und Energierichtpläne	36
2.4.1	Energierichtpläne	36
2.4.2	Sonne	36
2.4.3	Wind	42
2.4.4	Biomasse und Holz	42
2.4.5	Umweltwärme	43



2.1 Wärmebedarf

2.1.1 Jahresverlauf Wärme

Der maximale Wärmeleistungsbedarf wird für den Winter bei tiefsten Aussentemperaturen ausgelegt. Dieser maximale Wärmeleistungsbedarf fällt jedoch nur an wenigen Tagen pro Jahr an. Für die Auslegung der Energiesysteme ist es wichtig, auch den jahreszeitlichen Verlauf des Wärmebedarfs zu kennen. Dabei ist auch zu berücksichtigen, wann das Bad geöffnet bzw. belegt ist oder wann Revisionen durchgeführt werden (Schulbäder).

Der Jahresverlauf soll für die einzelnen Wärmeverbraucher ermittelt und über das Jahr aufgezeigt werden. Dabei soll auch die Erstaufheizung des Badewassers berücksichtigt werden.

In nachstehender Grafik ist ein typischer Jahresverlauf dargestellt.

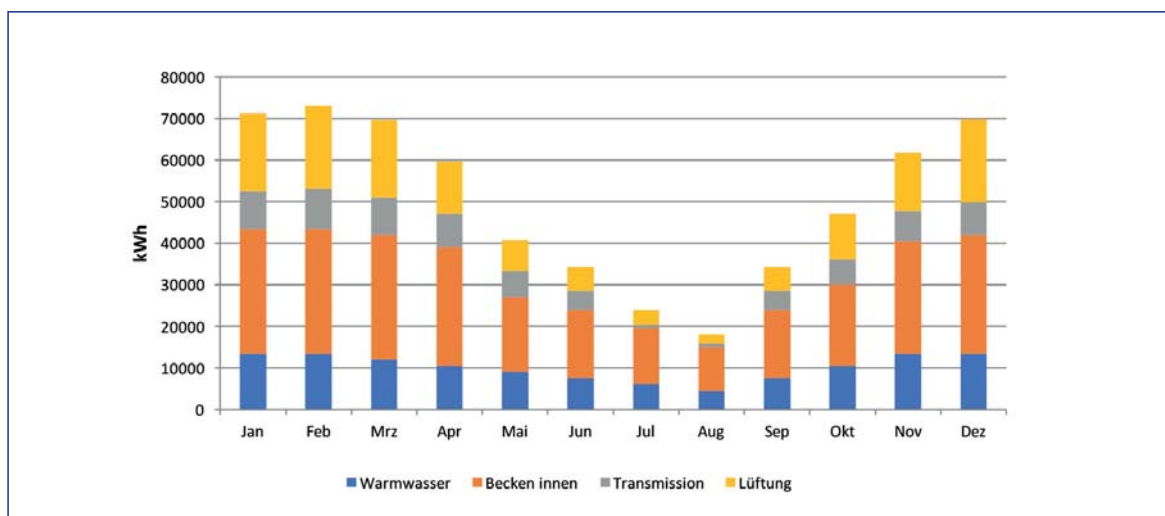


Abb. 1: Jahresverlauf Wärmebedarf vom typischen Hallenbad

Es zeigt sich, dass der Transmissionsverlust aufgrund der heutigen U-Werte nur einen minimalen Anteil am Gesamtbedarf aufweist.

2.1.2 Konventionelle Heizsysteme

Konventionelle Heizsysteme wie Öl- oder Gasheizungen werden heutzutage meist nur noch als Spitzenlastabdeckung eingesetzt. Für die Grundlastheizung werden in erster Linie andere Wärmequellen bevorzugt (Abwärme, Solarenergie, Erdwärme oder Holzenergie). Das Ziel soll sein, auf Ölheizungen generell zu verzichten und nur erneuerbare oder CO₂-neutrale Energien einzusetzen.

2.2 Wärmerückgewinnung intern (auch Minergie)

2.2.1 Lüftung

Bei allen Lüftungsanlagen sind Wärmerückgewinnungen (WRG) sinnvoll und müssen eingebaut werden (vgl. MuKE, SIA 380/1: Lüftungs- und Klimaanlage und Minergieanforderungen).

Für die Auswahl der WRG-Anlagen ist der gesamte jährliche Nettoenergiegewinn ausschlaggebend, d. h. vom jährlichen Energiegewinn ist der Mehraufwand an elektrischer Energie zu subtrahieren (Vergleiche auch SWKI VA 300-01: Wärmerückgewinnung in raumluftechnischen Anlagen).

Bei Lüftungsanlagen von Schwimmhallen soll eine 2-stufige Wärmerückgewinnung eingebaut werden. Die erste Stufe ist meist eine rekuperative WRG. Als zweite Stufe soll eine Entfeuchtungswärmepumpe oder eine energetisch gleichwertige Alternative (z. B. Kaltwassersatz) vorgesehen werden. Die Entfeuchtungswärmepumpe muss einen Beckenwasserkondensator aufweisen.

Auf die Entfeuchtungswärmepumpe kann verzichtet werden, wenn der Plattenwärmetauscher (WRG) einen Temperaturänderungsgrad von mind. 85 % aufweist (ohne Kondensation gemäss SIA 382/1 und SWKI VA 300-01).

2.2.2 Sanitär

Eine Duschenabwasser-WRG soll eingebaut werden. Dabei wird das Duschenabwasser auf mind. 2 Kelvin über der Frischwassertemperatur abgekühlt. Bei der Planung muss insbesondere auf die Verschmutzungsgefahr des Systems geachtet werden. Zudem muss zwischen Schmutzwasser und Frischwasser ein tertiärer Kreislauf oder eine gleichwertige Trennung eingebaut werden. Das Duschenabwasser-WRG System „Joulia“ wird eher nur im privaten Bereich eingesetzt. Als Maximallösung wird das gesamte Abwasser über eine Wärmepumpe abgekühlt und die Wärme zurückgewonnen.

2.2.3 Badewasser

Für die Wärmerückgewinnung zwischen Stetsablauf und Stetszulauf muss ein Plattenwärmetauscher vorgesehen werden. Die Temperaturdifferenz zwischen Stetsablauf-Eintritt und Stetszulauf-Austritt soll gemäss Minergie maximal 1 Kelvin betragen.

2.3 Externe Abwärme aus Abwasser, Kehrrechtverbrennungsanlagen und Industriebetrieben

Bei der Abwärmenutzung wird die bei einem Prozess anfallende Abwärme an andere Prozesse weitergeführt. Für eine Abwärmenutzung müssen folgende Kriterien erfüllt werden: Abwärmequelle, Wärmesenke, Wärmetransfer und eventuell ein Wärmespeicher. Für den Wärmetransfer dienen meist Fernwärmeleitungen zwischen der Abwärmequelle und dem Bad als Wärmesenke.

Die Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Nutzung von Abwärme.

Temperatur Abwärmequelle	Abwärmequelle	Wärmesenke, Nutzung
bis 40 °C	Abwasser Kunsteisbahnen Gewerbliche Kälte	Heizung über Wärmepumpen Vorheizen von Warmwasser Erwärmung von Badewasser, insbesondere Freibäder
bis 80 °C	Druckluftanlagen, Trocknungsanlagen	Heizung Warmwasseraufbereitung
Über 80 °C	Industriebetriebe Kehrrechtverbrennungsanlagen	Heizen Warmwasseraufbereitung

Abb. 2: Zusammenstellung Nutzung von Abwärme

Für Hallen- und Freibäder ergeben sich somit interessante Synergiepotenziale. Bei jedem Neubau eines Hallenbades oder der Sanierung der Heizanlage ist neben der internen Wärmerückgewinnung der Einsatz von externer Abwärme oder erneuerbaren Energien zu prüfen. In den Kantonen wird dies durch die Mustervorschriften der Konferenz der Energiedirektoren (MuKE), z. B. für das Beheizen von Freiluftbädern, und in gewissen Gemeinden im Rahmen der Energierichtplanung verlangt.

Dabei ist auch zu überlegen, ob sich der Aufbau eines Wärmeverbundes mit weiteren benachbarten Gebäuden lohnt, dazu werden für die Planung und die Finanzierung heute oft Contractoren beigezogen. Auskünfte über die Energierichtpläne erteilen die Gemeinden. Weitere Informationen über Fördermöglichkeiten, mögliche Energiequellen für den Aufbau von Wärmeverbünden können bei www.infrawatt.ch abgefragt werden.



2.3.1 Fernwärme

Der Begriff Fernwärme umfasst zwei Kategorien:

Kalte Fernwärme: Die gewonnene Wärme wird auf eine „Kaltwasserleitung“ übertragen, welche mit kalter Fernwärme in unisolierten Leitungen zu den Verbrauchern transportiert wird. Ein Hallenbad entnimmt dieser „Kaltwasserleitung vor Ort mittels Wärmetauscher die notwendige Wärmemenge und bringt diese mittels Wärmepumpe auf ein für Heizzwecke notwendiges Temperaturniveau. Die Wärmeverluste sind bei kalten Fernwärmeleitungen klein und die Wärmepumpen erreichen hohe Jahresarbeitszahlen (JAZ).

Warme Fernwärme: Wärme wird in einer externen Energiezentrale bereitgestellt und mittels warmer Fernwärme in isolierten Leitungen zum Hallenbad geleitet, wo diese direkt für Heizzwecke verwendet werden kann.

Durch die wirtschaftliche Betrachtung kann festgestellt werden, dass mit kalter Fernwärme weite Distanzen überwunden und ein grösseres Gebiet erschlossen werden kann. Grund dafür sind die kostengünstigeren Leitungen. Ein weiteres Merkmal für beide Fernwärmetypen ist, dass je mehr Wärme die Fernwärme abgeben bzw. verkaufen kann, desto günstiger werden die Gestehungskosten und desto grössere Distanzen können wirtschaftlich erschlossen werden. Wird ein Wärmeliefervertrag mit dem Wärmelieferanten z. B. einem Energiecontractor abgeschlossen, so steht der Contractor in der Pflicht, die bestellte Energiemenge an den Kunden zu einem vereinbarten Preis zu liefern. Bei Ausfällen der Wärmeerzeugungsanlage muss der Contractor für einen Ersatz der benötigten Energie innert nützlicher Frist besorgt sein.

Freibäder dürfen in den meisten Kantonen gemäss MuKE nur mit erneuerbarer Energie oder nicht anderweitig nutzbarer Abwärme beheizt werden. Für einen Wärmelieferanten können Freibäder interessant sein, da hier die Abwärme vor allem ausserhalb der Heizperiode, also im Sommer, bezogen wird.

2.3.2 Abwärme aus Abwasser

Eine weitere Energiequelle ausserhalb des Bades steht in Form von häuslichem oder industriellem Abwasser zur Verfügung. Auch hier gibt es grundsätzlich zwei Unterscheidungsmerkmale zu erwähnen, nach oder vor der Abwasserreinigungsanlage (ARA):

Abwasser nach der ARA: Die Wärmegewinnung aus dem Abwasser, das nach der Kläranlage genutzt wird, verfügt über ein sehr grosses Energiepotenzial. Die biologische Reinigung, insbesondere die Nitrifikation, wird nicht durch den Wärmeentzug eingeschränkt. Die Wärmeentnahme nach der Kläranlage hat zudem einen positiven Effekt auf die Gewässerökologie des Vorfluters. Da Kläranlagen ursprünglich oft am Siedlungsrand gebaut wurden, ist die Distanz zu potenziellen Wärmeabnehmern häufig recht gross. Je nach Höhe der Wärmeabgabe und in unüberbauten Gebieten können mit kalter Fernwärme Distanzen von ein, zwei oder sogar mehr Kilometern überwunden werden. Bei kleinen Abnehmern und in überbauten Gebieten viel weniger.

Für die Wärmegewinnung nach der ARA braucht es die Zustimmung der Kläranlage. Zudem muss das Eidg. Gewässerschutzgesetz (GSchG) eingehalten und die Temperatur im Fließgewässer nicht zu stark erwärmt oder abgekühlt werden.

Abwasser vor der ARA: Bei der Nutzung des Wärmepotenzials aus dem Schmutzwasser braucht es einen Kanal, der in der Nähe liegt und eine minimale Abwassermenge von 10-15 Liter pro Sekunde bei Trockenwetter aufweist. Die technische Machbarkeit erfolgt mit Wärmetauschern, die in bestehende oder neue Kanäle eingebaut werden (ein Beispiel davon ist in Abbildung 3 dargestellt). Es besteht auch eine technische Variante, das Abwasser aus dem Kanal zu einem eigenen Bauwerk des Hallenbades mit Wärmetauschern zu führen, was recht hohe technische und betriebliche Anforderungen an die Anlage stellt. Zudem braucht es eine Bewilligung des Kanal- und Kläranlagenbetreibers bzw. des Kantons. Dabei wird sichergestellt, dass der Kanalbetrieb sowie die biologischen Prozesse auf der Kläranlage nicht beeinträchtigt werden.

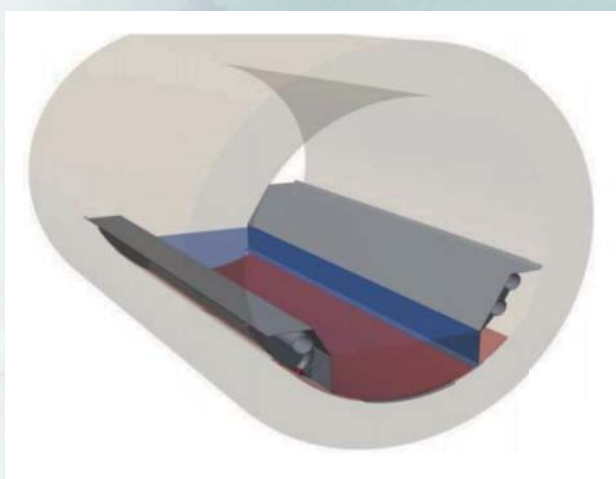


Abb. 3: Rinnenwärmetauscher in Kanalisation

Anmerkung: Da in der Nacht der Abwasseranfall oder bei Schneeschmelze die Temperatur absinken und dabei zu wenig thermische Energie vorhanden sein kann, ist es unerlässlich, ein bivalentes Heizsystem einzusetzen; in diesem Fall mit einer Wärmepumpe für die Grundlast und einem konventionellen Heizkessel (Erdgas, Erdöl) für die Spitzenlastabdeckung.



Abb. 4: Externer Wärmetauscher für die Abwärmenutzung aus Abwasser

2.3.3 Abwärme aus Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA)

Eine Kehrlichtverbrennungsanlage (KVA) kann aus dem Energiegehalt im Abfall elektrische Energie und gleichzeitig Wärme für die Fernwärmenetze bereitstellen. Die 30 schweizerischen KVA vermögen den Strombedarf von rund 250000 Haushaltungen zu decken und mit der Fernwärme werden jährlich etwa 215000 Tonnen Erdöl substituiert (Quelle: BAFU, 2015). Die Abwärme aus KVA ist gestützt auf die Energieverordnung CO₂-neutral und den erneuerbaren Energien gleichgestellt. Die Abwärme fällt auf einem hohen Temperaturniveau an und weist eine hervorragende Ökobilanz auf.

Die Wärmeverteilung der Abwärme aus KVAs geschieht über Fernwärmeleitungen, welche z. T. weite Gebiete in der Stadt versorgen. Informationen zum möglichen Wärmebezug erteilt die örtliche KVA oder der Fernwärmebetreiber.

2.3.4 Abwärme aus Industrie

Bei diversen Industriebetrieben entstehen grössere Abwärmemengen meist auf hohem Temperaturniveau, welche ungenutzt der Luft oder dem Abwasser übergeben werden. Liegen der Industriebetrieb und das Schwimmbad innerhalb weniger hundert Meter, soll die Abwärmennutzung geprüft werden. Mit pragmatischen Verträgen profitieren beide Partner davon: Der Abwärmelieferant geht jedoch in der Regel keine unterbrechungsfreie Lieferverpflichtung ein, gibt dafür die Abwärme gratis ans Hallenbad ab. Für den Bau und die Finanzierung kann auch ein Contractor beigezogen werden.

2.3.5 Abwärme Kunsteisbahnen

Mit der Erzeugung von Kunsteis für Sportzwecke fallen grosse Mengen an Abwärme an. Diese Wärme kann entweder in einem Wärmespeicher gespeichert und mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht werden oder die Wärme wird direkt über einen Zwischenkreislauf für die Badewassererwärmung genutzt. Kunsteisbahnen produzieren kontinuierlich eine Abwärmeleistung in der Grössenordnung von 150 bis 200 kW, abhängig von ihrer Grösse und Einhausung. In einem Freibad kann diese Wärme gut genutzt werden, weil die Badewassertemperaturen verhältnismässig tief, meist unter 26°C sind. In einem Hallenbad mit höheren Beckenwassertemperaturen, meist über 28°C, ist die direkte Abwärmennutzung kaum möglich, es werden Wärmepumpen eingesetzt.



Damit die Kältemaschinen (Ammoniak oder CO_2) einen hohen Wirkungsgrad erzielen können, soll die Temperaturspreizung auf der Sekundärseite des Kondensators möglichst gross sein, idealerweise 8 bis 12 Kelvin. Primärseitig beträgt die Austrittstemperatur des Kondensators maximal 34°C . Es eignen sich also in erster Linie Freibäder mit Wassertemperaturen von 22°C bis maximal 26°C zur Aufnahme der Abwärme von Kunsteisbahnen. Steigt die Badewassertemperatur über 26°C , ist die Erfrischung für die Badegäste ungenügend und die Abwärme der Kunsteisbahn unerwünscht.

Soll die Erstaufheizung eines Freibades mit der Abwärme aus einer Kunsteisbahn erfolgen, muss die Kunsteisbahn zu Beginn der Freibadsaison im April und Mai in Betrieb sein. Kunsteisbahnen, welche nicht ganzjährig betrieben werden, beginnen aufgrund der Eissportsaison meist im August mit dem Aufeisen, wobei dann an wenigen Tagen grosse Abwärmemengen anfallen. Diese können meist gut von einem Freibad abgenommen werden, was vor allem im September für die Saisonverlängerung dient.

Sind die Installationen, u. a. eine Wärmepumpe, für die Nutzung der Abwärme aus der Kunsteisbahn in einem Hallenbad vorhanden, ist ihre zeitliche Koppelung an die Erstaufheizung des Badewassers nach der Revisionsphase wirtschaftlich. Es muss geprüft werden, ob diese beiden Prozesse aus betrieblicher Sicht gleichzeitig stattfinden können.

2.3.6 Abwärme Kunstrasenfelder

Kunstrasenfelder bieten ein grosses Potenzial als Sonnenkollektor. Bei kurzen Distanzen zwischen Kunstrasenfeld und Freibad bietet sich eine Nutzung dieser Sonnenwärme an. Sie hat den positiven Doppeleffekt, dass das Kunstrasenfeld gekühlt wird und allenfalls weniger bewässert werden muss.



2.4 Erneuerbare Energie und Energierichtpläne

2.4.1 Energierichtpläne

Gewisse Kantone verpflichten mittlere und grössere Gemeinden, eine Energierichtplanung zu erstellen und auch umzusetzen.

Der Energierichtplan zeigt eine Übersicht über die aktuell genutzten und ungenutzten Potenziale an erneuerbaren Energien und Abwärme und über potenzielle Abnehmer. Insbesondere werden auch Gebiete ausgeschieden, in welchen Prioritäten für die Nutzung bestimmter Energiequellen festgelegt werden. Hallenbäder sind davon betroffen, wenn diese neu gebaut oder die Heizungen saniert bzw. ersetzt werden müssen. Dann muss die Nutzung dieser vorgegebenen Energiequellen geprüft und entsprechend umgesetzt werden. (Quelle: Schweizer Gemeinde 4/12).

Aber auch in Gemeinden, welche keinen Energierichtplan haben, kann InfraWatt für ein Hallenbad eine GIS-Karte erstellen. Diese GIS-Karte gibt Hinweise, ob sich in der Umgebung weitere Abwärme- und Energiequellen für die Nutzung im Hallenbad befinden und ob in der Nähe Gebäude mit grösserer Wärmenachfrage liegen, um einen Wärmeverbund aufzubauen.

2.4.2 Sonne

Die Sonne strahlt in einer Stunde so viel Energie auf die Erde, wie die gesamte Menschheit in einem Jahr verbraucht. Es gibt verschiedene Formen zur Nutzung der Sonnenenergie. Grundsätzlich unterscheidet man aktive und passive Formen der Sonnenenergienutzung. Unter passiver Nutzung versteht man vorwiegend architektonische Lösungen zum Wärmegegewinn, vor allem durch die Einstrahlung durch die Fenster. Die aktive Sonnenenergienutzung kann wiederum in thermische und elektrische Sonnenenergie unterteilt werden.

Das Sonnenlicht setzt sich auf der Erdoberfläche aus einem direkten und einem diffusen Anteil zusammen. Je nach Bewölkungszustand und Tageszeit kann sowohl die Strahlungsleistung als auch der Anteil an direkter und diffuser Strahlung stark variieren. Die Sonnenbahnen verändern sich sehr stark während eines Jahres (Abbildung 5).

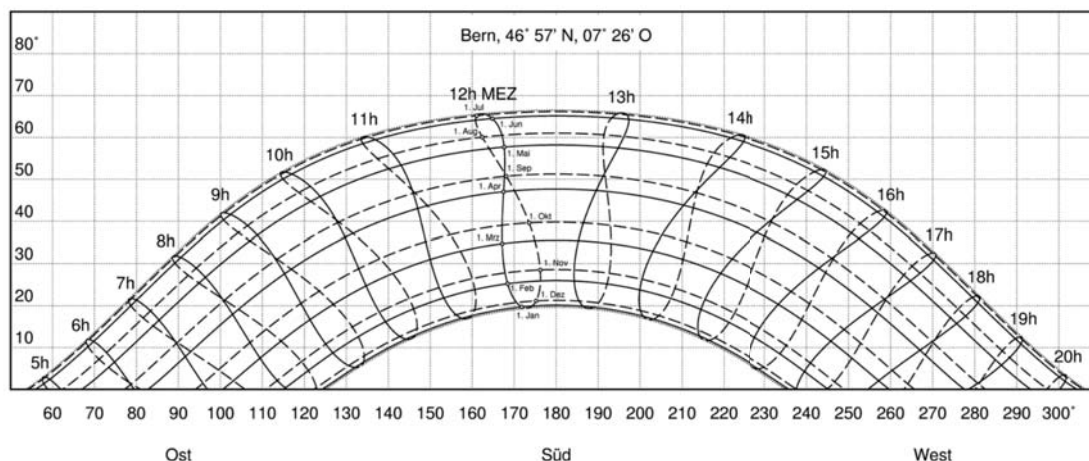


Abb. 5: Sonnenstanddiagramm

Die Umwandlung der Sonneneinstrahlung in Wärme erfolgt mit einem hohen Wirkungsgrad von über 45-70 %. Wird diese Wärme jedoch nicht genutzt, überhitzen die gedämmten Sonnenkollektoren und die Lebensdauer, insbesondere von Dichtungsmaterialien, wird verkürzt. Diesen Nachteil haben Photovoltaikanlagen nicht. Überschüssiger Strom wird einfach ins Netz gespeist, was jedoch zu bestimmten Zeiten eine geringere Vergütung ergeben kann. Dafür erfolgt die Umwandlung der Sonneneinstrahlung in elektrischen Strom mit einem bescheidenen Wirkungsgrad von unter 20 %.

Für die Erträge von Sonnenkollektoren und Photovoltaikanlagen können annäherungsweise folgende Faktoren genommen werden:

Wärmeerzeugung: 500 kWh/m²a
 Stromerzeugung: 180 kWh/m²a



Abb. 6: Jährliche Sonneneinstrahlung auf Dach und Fassadenflächen

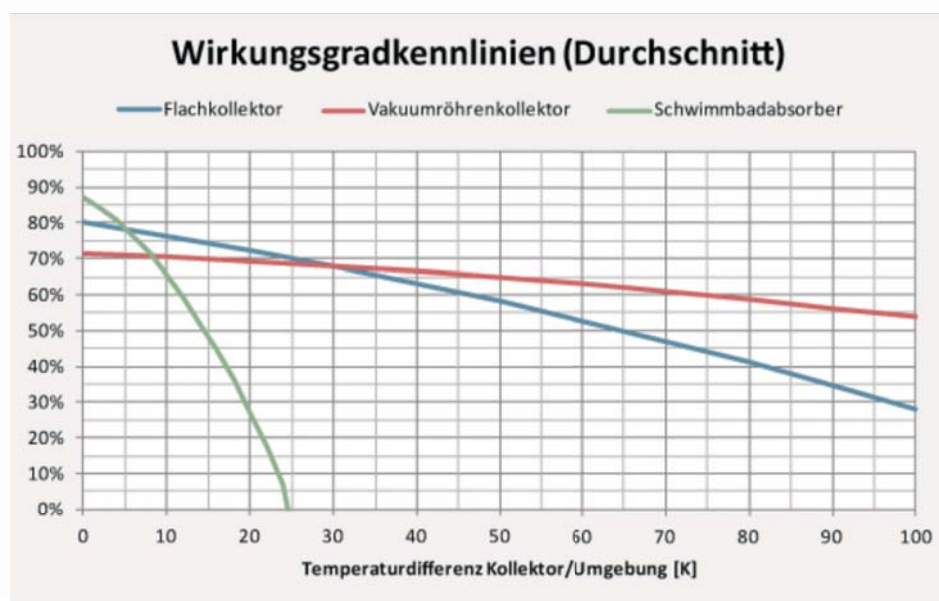
2.4.2.1 Solarthermie

Der Sonnenkollektor wandelt die Energie des Sonnenlichts in Wärme um und leitet sie meist über ein Wasser-Glykol-Gemisch an einen Speicher weiter. Solarthermie eignet sich gut, wenn sich der Wärmebedarf zeitlich mit der solaren Wärmeproduktion deckt und Wärme auf möglichst geringem Temperaturniveau genutzt werden kann. In unseren gemässigten Breiten ist der grösste Ertrag bei einer Ausrichtung nach Süden mit einer Neigung von 30° zu erwarten.



Auf die Erdoberfläche strahlen bei klarem Himmel rund 1 000 W/m² ein. Die mittlere Leistung für die Solarthermie mit einem Standardmodul liegt tagsüber bei etwa 550 bis 760 Watt pro m² Kollektorfläche. Der jährliche Wärmeertrag kann in unseren Breitengraden mit rund 500 kWh/m²a angenommen werden.

Die verschiedenen Bauweisen der Solarkollektoren weisen einen unterschiedlichen Wirkungsgrad auf in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Umgebung.





Absorber

Als Absorber werden unverglaste und ungedämmte Sonnenkollektoren aus Kunststoff oder Metall bezeichnet. Sie sind gut für die Wassererwärmung auf 10 bis 40°C über Aussentemperatur geeignet, insbesondere für die Erwärmung von Freibädern.

Eine einfache und wirtschaftliche Lösung für Freibäder sind Absorbermatten aus EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk, synthetischer Kautschuk, Gummi), welche direkt mit Badewasser oder einem Zwischenmedium beschickt werden und nicht gedämmt sind. Im Winter können diese entleert werden. Ist das Beckenwasser genügend warm, wird die Zirkulation durch die Absorbermatten unterbunden, wodurch sich diese stark aufheizen und sich ihre Lebensdauer verkürzt. Die Kälte im Winter macht die Absorbermatten ebenso spröde und verkürzt ihre Lebensdauer.

Ungedämmte Edelstahl-Absorbermatten altern deutlich langsamer als EPDM-Matten, sind jedoch teurer bei der Anschaffung.



Abb. 9: Absorbermatten aus EPDM auf dem Dach zur Erwärmung des Badewassers

Flachkollektoren

Verglaste Flachkollektoren weisen bei geringer Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Umgebung einen tieferen Wirkungsgrad als Absorbermatten auf, verlieren aber aufgrund ihrer Dämmung weniger Wärme an die Umgebung. Sie sind langlebiger, jedoch teurer in der Anschaffung als Absorber. Flachkollektoren sind recht robust und wirtschaftlich für die Brauchwarmwasser-Erwärmung von 35 bis 60°C. Flachkollektoren haben ihren grössten Vorteil bei Frost und direkter Sonneneinstrahlung, da die Erwärmung des schwarzen Rahmenprofils den Raureif auf dem Dämmglas rasch abtaut und sie somit an sonnigen Tagen schnell einsatzbereit sind.

Röhrenkollektoren

Vakuumröhrenkollektoren haben durch das Vakuum eine noch bessere Isolierung als Flachkollektoren. Sie sind für mittlere bis hohe Vorlauftemperaturen von 100°C geeignet. Bei nebliger und diffuser Sonneneinstrahlung weisen sie gegenüber den anderen Kollektortypen Vorteile auf.

Überhitzung

Die gedämmten Sonnenkollektoren sind mit der Problematik des Überhitzens konfrontiert, sobald die produzierte Wärme nicht aus dem Kollektor abgeführt und genutzt wird. Die Sole kann sich zersetzen, wird zäh und verklebt die Kollektoren.

Drain-Back-Systeme erlauben eine Entleerung der Kollektorflüssigkeit in einen dafür vorgesehenen Behälter, so dass die Kollektoren vor Überhitzung und Zerstörung durch die sich zersetzende Sole-Flüssigkeit geschützt werden. Die Kollektor- und Sole-Lebensdauer wird dadurch verlängert.



Hallenbad

In einem ganzjährig betriebenen Hallenbad soll die Solarthermie für die Grundlastabdeckung der Erwärmung des Brauchwarmwassers und des Beckenwassers dienen. Die Kollektorfläche soll so gewählt werden, dass sie lediglich die dauernd benötigte Grundlast abdecken kann. Somit wird ein Überhitzen der Kollektoren vermieden.

Freibäder

Freibäder sind gut geeignet, um die Sonnenwärme zu nutzen. Zu Beginn der Freibadsaison im Mai kann das Badewasser mit Sonnenkollektoren schneller erwärmt werden als durch die alleinige Einstrahlung auf die Wasseroberfläche, im Herbst kann die Saison verlängert werden. Dazu können die Dachflächen von Garderobe oder Betriebsgebäuden genutzt werden. Die Investitionen sind im Verhältnis zur nutzbaren Energiemenge relativ hoch.

Solarduschen

In Freibädern sind solarbeheizte Aussenduschen am Beckenrand energetisch eine sinnvolle Sache. Die Energieproduktion und der Bedarf an warmem Duschwasser verlaufen gleichzeitig, entsprechend dem schönen Wetter. Werden die Duschen nicht benutzt, und scheint dennoch ab und zu die Sonne, wird das Wasser zeitweise in der Solardusche auf über 60°C erhitzt und tötet die Legionellen ab. Bei regem Gebrauch liegt die Temperatur der Aussenduschen kaum über 25°C und das Wachstum der Legionellen ist sehr eingeschränkt. Dennoch herrschen zeitweise Temperaturen, bei welchen sich die Legionellen vermehren können.

2.4.2.2 Photovoltaik

Das Solarmodul oder die Solarzelle wandelt Sonnenlicht in elektrischen Gleichstrom um. Eine Photovoltaikanlage (PV-Anlage) besteht im Wesentlichen aus dem Solarmodul und dem Wechselrichter. Der Wechselrichter wandelt den Gleichstrom in den im Stromnetz üblichen Wechselstrom um. Der elektrische Strom wird ins Netz eingespeist oder lokal verbraucht oder gespeichert.



Abb. 10: Solarzelle wandelt Sonnenlicht in elektrischen Strom um

Um eine erste Potenzialabschätzung zu tätigen, kann im ersten Schritt die vorgesehene Dachfläche überschlagsmässig erfasst werden. Da ein Dach meist Flächen enthält, die nicht mit einem Modul bedeckt werden können (Dachfenster, Kamin etc.), soll mit einem Korrekturfaktor zwischen 0,5 (viele nicht nutzbare Flächen) und 0,8 (wenig nicht nutzbare Flächen) gerechnet werden. Im zweiten Schritt kann diese Fläche mit Mittelwerten der möglichen Energieproduktion in unseren Regionen multipliziert werden. Für die Energieproduktion von Photovoltaikanlagen kann annäherungsweise folgender Faktor genommen werden:

Stromerzeugung: **180 kWh/m²a**

Solarzellen weisen bei tiefen Temperaturen den höchsten Wirkungsgrad auf. So werden sie meist etwas steiler aufgestellt als Sonnenkollektoren zu Wärmeerzeugung und erzeugen im Winter, bei flacher Sonneneinstrahlung, eine hohe elektrische Leistung. Nach Osten ausgerichtete Photovoltaikmodule werden von der Morgensonne bestrahlt, solange sie selber noch kalt sind und einen höheren Wirkungsgrad ausweisen als Module im Westen in der nachmittäglichen Wärme.

Da die Stromerzeugung aus Sonnenenergie wetterbedingten Schwankungen ausgesetzt ist, tritt die Produktion und der Bedarf meist zeitlich verschoben auf. Somit muss der erzeugte Strom lokal gespeichert oder ins Stromnetz zurückgespielt werden.

2.4.2.3 Hybrid-Sonnenkollektoren: Photovoltaik und Solarthermie

Der Hybridkollektor vereint Solarthermie und Photovoltaik in einem. Diese Kombination bezeichnet man als Photothermie oder Thermovoltaik.

Die Wärmenutzung kühlt die Solarzellen, wodurch deren Wirkungsgrad zur Stromproduktion hoch gehalten wird. Dafür ist ein sehr grosser Wärmespeicher nötig. Der Einsatz von Hybrid-Sonnenkollektoren ist im Einzelfall sehr sorgfältig zu prüfen.

2.4.3 Wind

Massgebend für den Einsatz von Windkraftanlagen ist ein ausgewiesenes Potenzial an genügend Wind. Zudem sind die notwendigen Unterlagen für ein Baugesuch einer Windkraftanlage mit viel Aufwand verbunden. Hallen- und Freibäder befinden sich naturgemäss im Siedlungsraum, in welchem Windkraftanlagen von den Bewohnern meist als störend empfunden werden und durch Einsprachen Probleme bei der Bewilligung entstehen können.

Windkraftanlagen sind für Schwimmbäder deshalb weniger geeignet.

2.4.4 Biomasse und Holz

2.4.4.1 Biomasse

Die Nutzung von biogenen Abfällen wie Gülle, Klärschlamm, Tierabfälle und Speisereste ist für Schwimmbäder kaum geeignet. Die Anforderungen an Gesundheits- und Explosionsschutz sind hoch. Zudem können bei unsachgemässer Handhabung störende Geruchsemissionen entstehen.

Biomasse bietet sich an, über einen Wärmeverbund genutzt zu werden.

2.4.4.2 Holz

Holzfeuerungen bieten an allen Orten eine Alternative zu herkömmlichen Öl- und Gasheizungen, da der Energieträger Holz gut transportiert werden kann und in der Schweiz nachwächst. Das erreichbare Temperaturniveau ist für Heizungen wie auch Prozesswärme ausreichend.

Vielfach kann erst bei grösseren Um- oder Neubauten eines Bades eine Holzfeuerung in der Praxis realisiert werden. Holzfeuerungen brauchen viel Platz. So sind folgende Anlageteile notwendig:

- Bunker für Späne, Schnitzel, Pellets o.ä. (der bestehende Öltankraum ist meist zu klein, um für die Holzvariante umgenutzt werden zu können)
- Thermische Wärmespeicher, je nach Leistung variiert die Dimension
- Feuerung
- Bei grösseren Anlagen ein zusätzlicher Elektrofilter
- Neue Kaminanlage

Es empfiehlt sich, bei der Projektierung von grösseren Holzfeuerungen den Bedarf von weiteren Verbrauchern in der Umgebung abzuklären. Dadurch können grössere Investitionen weiter aufgeteilt und mit einer kürzeren Amortisationszeit gerechnet werden. Es wird ein lokaler Wärmeverbund erstellt, wozu meist ein Contractor beigezogen wird. Holzfeuerungen werden von vielen Kantonen oder Kllik gefördert. Siehe Kapitel Förderbeiträge.



2.4.5 Umweltwärme

Eine Alternative zur Wärmeerzeugung besteht in der Nutzung von Umweltwärme. Als Wärmequellen kommen die Erde, Wasser oder Luft in Frage. Mit Wärmepumpen kann diese Wärme nutzbar gemacht werden. Mit einer Wärmepumpe wird die Wärme der Quelle entzogen und auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben. Pro kWh Strom kann eine Wärmepumpe je nach Energiequelle eine Wärmemenge zwischen 3 und 5 erzeugen, mit Luft aber weniger.

Je höher die Temperatur und die Wärmespeicherkapazität/Wärmeleitfähigkeit der Wärmequelle und je tiefer das geforderte Temperaturniveau des Wärmeverbrauchers ist, desto effizienter lässt sich eine Wärmepumpe betreiben.

Auf die Wirtschaftlichkeit haben die Verfügbarkeit und die Temperatur der Wärmequelle einen entscheidenden Einfluss. Wärmepumpen werden zum Teil von Kantonen oder anderen Körperschaften gefördert.

2.4.5.1 Erdwärmesonden

In geeigneten Gebieten kann die Nutzung von Erdwärme vorgenommen werden. Zulässige Erdwärmefelder sind in der Regel im kantonalen WebGIS aufgeführt.

Erdkollektoren: Erdkollektoren sind erdverlegte Kunststoffrohre, welche 1 bis 1,8 Meter tief im Erdreich verlegt werden. Dazu muss eine genügend grosse unbebaute Fläche zur Verfügung stehen, etwa die doppelte Grundfläche des zu beheizenden Gebäudes. Bei Rohrabständen von ca. 25 cm kann dem Erdreich eine Leistung von 15 bis 20 W/m² entzogen werden. Bei grösseren Leistungen besteht die Gefahr der Bildung von Permafrost.

Erdsonden: Unter Erdsonden versteht man soledurchströmte, U-förmige Doppelrohre oder Koaxialrohre, die senkrecht oder schräg bis in eine Tiefe von 200 Meter in das Erdreich getrieben werden. In einer Tiefe von 200 Meter sind Temperaturen von ca. 15°C vorzufinden. Pro 100 Meter Tiefe nimmt die Temperatur um ca. 3°C zu. Der Einsatz von Erdsonden setzt Folgendes voraus:

- Genaue geologische Kenntnisse des Untergrundes
- Genaue Definition von Anzahl und Tiefe der Erdsonden
- Es muss eine Betriebserlaubnis der zuständigen Behörden vorliegen

Energiepfähle: Bedingt der Baugrund, dass ein Gebäude auf Pfählen abgestützt werden muss, können diese wirtschaftlich als Wärmetauscher genutzt werden, um dem Untergrund Wärme zu entziehen oder zuzuführen. Vor dem Betonieren der Pfähle werden die Mediumsleitungen eingelegt. Diese Variante führt nur zu kleinen zusätzlichen Kosten und ist entsprechend wirtschaftlich.



2.4.5.2 Luft

Luft ist überall vorhanden und damit das am leichtesten zugängliche Energiepotenzial. Wenn aber die in ihr enthaltene Wärme zu Heizzwecken genutzt werden soll, muss gerade deshalb ihr Temperaturniveau und ihre Reinheit beachtet werden.

Umgebungsluft: Die Luft unterliegt jahreszeitlichen Temperaturschwankungen. Dabei nimmt mit sinkender Umgebungstemperatur die Heizleistung einer Wärmepumpe ab. Gleichzeitig steigt der Wärmebedarf für das Gebäude.

Für grosse Verbraucher mit ganzjährigem Heizenergiebedarf, wie einem Hallenbad, ist Umgebungsluft als Wärmequelle nur zur Abdeckung der sommerlichen Grundlasten geeignet, weil der Wirkungsgrad der Wärmepumpe im Vergleich mit anderen Wärmequellen im Winter deutlich tiefer ist.

In einem Freibad kommt die Umgebungsluft als Wärmequelle in Frage. Eine Abdeckung des Beckens ausserhalb der Öffnungszeiten ist gemäss MuKE n zwingend.

Aussenluft: Das Nutzen der Aussenluft als Wärmequelle und deren gleichzeitige Entfeuchtung in einer Lüftungsanlage mittels einer Wärmepumpe kann den Vorteil bieten, dass zusätzlich der Volumenstrom für die Entfeuchtung der Schwimmhalle klein gehalten werden kann und somit der Stromverbrauch der Ventilatoren geringer ausfällt.

Abluft: Bei Abluft ist die zeitliche und mengenmässige Übereinstimmung von Abwärmeanfall und Nutzwärmebedarf abzuklären.

Fortluft: Fortluft wird in der Regel über Kanäle dem Verdampfer einer Wärmepumpe zugeführt. Verschmutzte Fortluft muss über Filter gereinigt werden. Fortluft hat gegenüber Umgebungsluft meist den Vorteil einer höheren und konstanteren Temperatur, so dass diese sich für die Wärmenutzung über eine Wärmepumpe besser eignet.

2.4.5.3 Thermalwasser

Thermalwasser bietet ein grosses Wärmepotenzial.

Thermalwasser wird meist direkt als Badewasser genutzt. Je nach Temperaturniveau kann es abgekühlt, mit unverändertem Temperaturniveau genutzt oder es muss nachgeheizt werden. Bei grossen Volumenströmen ist eine Nutzung der Wärme des Thermalwassers auch ausserhalb der Wasseraufbereitung denkbar, zum Beispiel für die Erwärmung von Brauchwarmwasser oder die Raumheizung. Der Entzug und die Aufbereitung der Wärme geschieht über eine Wärmepumpe.

Konzessionen: Häufig lässt die Konzession durch den Kanton die energetische Nutzung jener Wassermenge zu, welche für den Badebetrieb benötigt wird.

2.4.5.4 Fluss-, See- oder Grundwasser

Eine sehr effiziente Methode ist die Nutzung von Wasser für Wärmepumpen, also Fluss-, See- und Grundwasser. Wasser kommt im schweizerischen Mittelland häufig vor und steht über das ganze Jahr zuverlässig zur Verfügung. Je nach Standort kann die Ergiebigkeit dieser Gewässer sehr hoch sein. Jüngste Untersuchungen haben ergeben, dass das Potenzial vor allem von Seewasser bisher unterschätzt wurde und derart gross ist, dass vom Angebot her theoretisch der grösste Teil aller Gebäude in der Schweiz beheizt werden könnte.

Jegliche Nutzung von Wasser für Wärmezwecke ist in der Schweiz konzessionspflichtig. In dieser Konzession wird unter anderem festgehalten, wie hoch die Temperaturspreizung (Entnahme/Rückgabe) des Wassers und wie gross der geförderte Volumenstrom sein darf, wo genau und wie das Wasser entnommen und wieder zurückgeführt wird. Die Konzession wird durch das jeweilige Amt für Umwelt des zuständigen Kantons geregelt und erteilt. Konzessionsgesuche benötigen in der Regel eine Bearbeitungszeit von 1 bis 3 Monate.

Dimensionierung, Abklärungen, Pumpversuche, Geologie

Grundwasser: Für Wärmepumpen ist Grundwasser eine interessante Energiequelle, die Temperaturen sind auch im Winter relativ hoch. Es braucht aber in der Nähe eine ausreichende Wassermenge, die genutzt werden kann und darf. Für eine Erstbeurteilung gibt es entsprechende Karten von den Kantonen. Für eine genauere Ermittlung der Ergiebigkeit des Grundwasserstromes muss vorgängig eine Sondierbohrung mit anschliessendem Pumpversuch durchgeführt werden. Pumpversuche sind in jedem Fall kantonal geregelt und bewilligungspflichtig. Zusätzlich zum Pumpversuch muss auch die Versickerungsleistung des Bodens ermittelt werden, um die Sickergalerie und/oder Rückgabebrunnen dimensionieren zu können.

See- und Flusswasser: Die Ergiebigkeit von See- und auch Flusswasser sind offensichtlicher als jene von Grundwasser. Für die Wärmenutzung aus Fluss- und Seewasser ist kein hydrogeologisches Gutachten notwendig. Es gilt aber auch hier, die Einleitbestimmungen des Gewässerschutzes einzuhalten.







3

ENERGIEEFFIZIENZ IM BAUKÖRPER

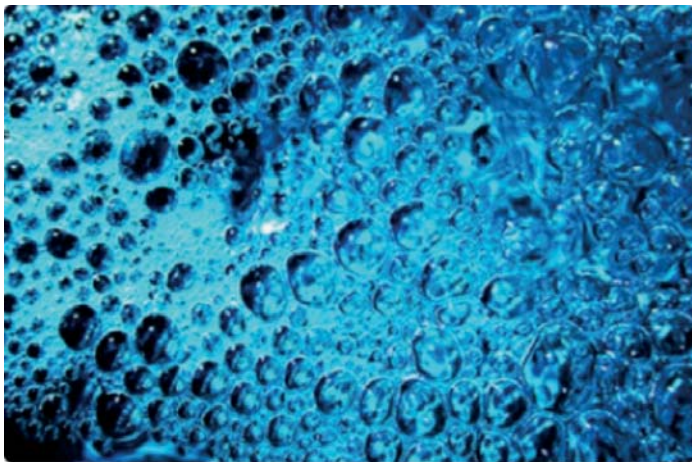


3 Energieeffizienz im Baukörper

3.1	Allgemeines	51
3.2	Behaglichkeit und Wohlbefinden stehen im Mittelpunkt, nicht die Technik	52
3.3	Nutzung bewusst planen	53
3.4	Planung des Hallenbades	54
3.4.1	Grundstück und Lage	54
3.4.2	„Klimazonen“ schaffen und optimal anordnen	55
3.4.3	Klimatische Bereiche im Hallenbad	56
3.4.4	Disposition der Klimabereiche im Gebäude	57
3.4.5	Technikräume und Leitungsführung	58
3.4.6	Licht und Schatten – Beleuchtung und Lichtlenkung	58
3.4.7	Gestaltung durch Licht und Farbe	61
3.5	Energieeffizienz in der Gebäudehülle	62
3.5.1	Bauphysikalische Betrachtungen	63
3.5.2	Durchdringungen	66
3.5.3	Die Dachflächen	67
3.5.4	Bodenplatte Dämmung im Erdreich	68
3.6	Fassade und Elemente der Gebäudehülle	70
3.6.1	Gebäudezutritt Eingangsbereiche	70
3.6.2	Fenster und Glasfassaden	72
3.6.3	Pfosten-Riegel-Konstruktion von Glasfassaden	73
3.7	Aussenbecken bzw. Aussenbäder	77
3.8	Rutschbahnen	78
3.9	Rücklaufrinnen	78



3.1 Allgemeines



Das Hallenbad ist ein Schwimmbad mit mindestens einem Becken, welches sich im Inneren einer geschlossenen Gebäudehülle befindet. Grundsätzlich erfüllt die Gebäudehülle des Hallenbades dieselben Funktionen, die diese bei allen beheizten Gebäudetypen erfüllt – die physikalische Trennung von (beheiztem) Innerem und der äusseren Umgebung (Umwelt).

Die Planung der Gebäudehülle des Hallenbades wird massgeblich von den Bedingungen im Inneren bestimmt, denn diese sind in ihrer Kombination bei diesem Gebäudetypus einzigartig. Der Temperaturgradient zur Umgebung ist hoch, teilweise herrschen auch zwischen den Bereichen innerhalb der Hülle grosse Temperaturunterschiede sowie Feuchte, vom Badebereich bis zur Eingangszone – von den wassergefüllten Becken bis zur Kühlkammer der Gastronomie. Es werden unterschiedlichste klimatische Zonen in ein und demselben Baukörper realisiert.

Die Raumluft im Innenbereich wird durch die Verdunstung des Bade- und Duschwassers ständig mit Feuchte sowie korrosionsfördernden und aggressiven Stoffen angereichert.

Die Becken, als Teil der Gebäudehülle, dienen der Trennung des mit korrosionsfördernden Stoffen angereicherten Badewassers von der Umgebung, aber auch von den übrigen Bereichen des Hallenbades.

Die Bedingungen im Gebäudeinnern sowie die meist intensive Nutzung sind die Ursachen für den beschleunigten Alterungsprozess gegenüber anderen Gebäudetypen und dem hohen Energiebedarf eines Bades. Versäumnisse in der Planung werden dadurch schnell und mit hoher Schadensintensität offengelegt.

Der Verlangsamung dieser Alterungsprozesse und dem hohen Energiebedarf wird in einer optimalen Planung Rechnung getragen, ein sorgfältiger Betrieb wirkt der Alterung entgegen und vermindert zusätzlich den Energiebedarf des Bades.

3.2 Behaglichkeit und Wohlbefinden stehen im Mittelpunkt, nicht die Technik

Energieeffizienz ist ein Gebot der heutigen Zeit. Das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen sowie die Hygiene und der sichere Betrieb der Anlage stehen bei der Planung von Hallenbädern an erster Stelle. Die ganzheitliche Betrachtung von planerischen, konstruktiven und betrieblichen Massnahmen erreicht den erforderlichen Komfort mit möglichst wenig Energie und Aufwand. Zentrale Kriterien sind die klimatische Region, in der das Hallenbad steht, die Exposition des Gebäudes, wie viel umbauter Raum benötigt wird und für welche Zielgruppe gebaut wird. Ein Hallenbad in den Sommermonaten zu betreiben, bringt andere Voraussetzungen mit sich, als das Bad nur im Winter oder ganzjährig zu betreiben.

Die Technik soll dabei so verwendet werden, dass sie für den Benutzer möglichst nicht in Erscheinung tritt – sie arbeitet im Hintergrund.

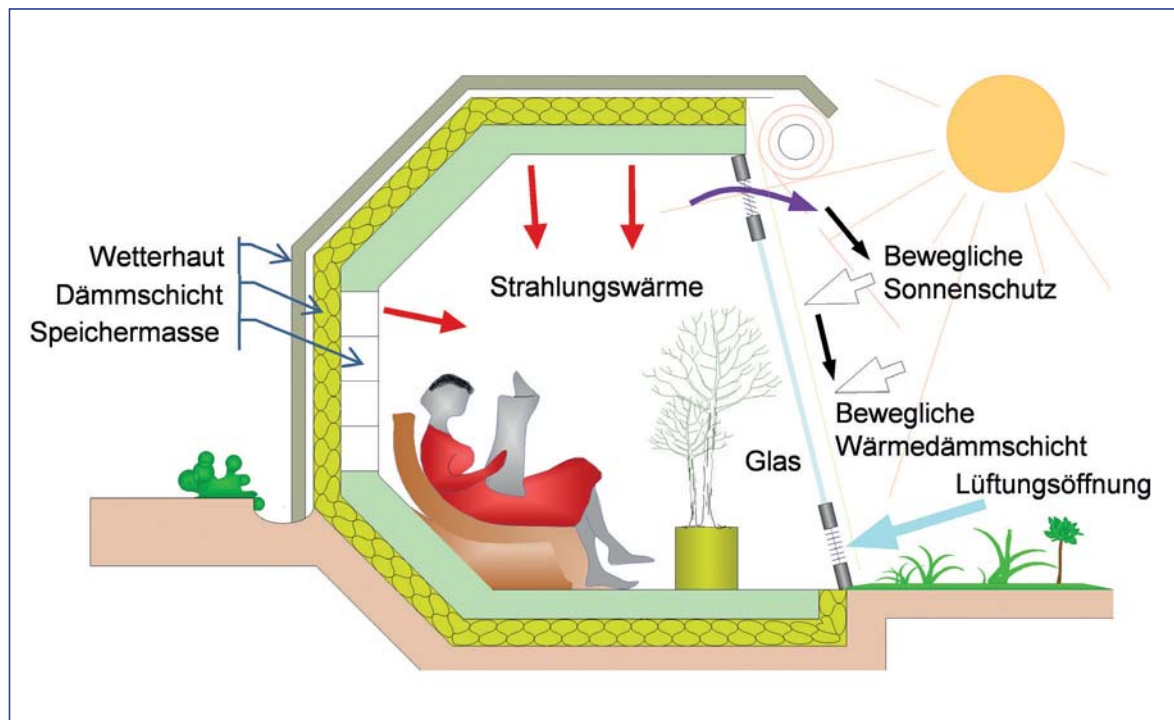


Abb. 1: Alles für den Komfort mit möglichst wenig Energieverbrauch



3.3 Nutzung bewusst planen

Ein Gebäude kann vereinfacht wie ein Würfel mit sechs Oberflächen betrachtet werden. Eine Energieoptimierung betrachtet die Hülle als Ganzes, alle Flächen – Boden, Dach und Wände. Eine kompakte, vollständig geschlossene und vernünftig gedämmte Gebäudehülle zur Umgebung ist essenziell für einen energieeffizienten Betrieb, energetisch ebenso wichtig ist die Anordnung der unterschiedlichen Klimazonen innerhalb der Hülle.

Einmal dem Gebäude zugeführte Energie verbleibt zunächst in diesem, bis Energie entweder über die Gebäudehülle übertragen oder über Luft, Wasser in die Umgebung abgegeben wird. Bei geschickter Anordnung kann Wärme für einen angrenzenden Bereich von energetischem Nutzen sein (ein warmer Technikraum ersetzt die Fussbodenheizung der Barfußbereiche) – andererseits ist eine Aufheizung von Nebenräumen durch die Wand der Schwimmhalle unerwünscht.

Eine günstige Anordnung der verschiedenen Nutzungsbereiche vermindert die Notwendigkeit einer internen Dämmung zwischen diesen und reduziert Platzbedarf, Baukosten und das Risiko von Bau-schäden durch falsche Dämmung.

Die Gestaltung der Aussenwand eines Gebäudes ist wesentlich für dessen Energiebilanz. Ein Gebäude ist dann energieeffizient gestaltet, wenn die Hülle im Verhältnis zum inneren Volumen klein ist. Die Kugel stellt in dieser Hinsicht das Ideal dar – ihr Verhältnis zwischen Volumen und Oberfläche ist minimal. Kompakte Aussenflächen benötigen weniger Material, ermöglichen eine einfachere Dämmung und verlieren weniger Energie als zerklüftete Gebäudehüllen mit vielen Vor- und Rücksprüngen.

Abb. 2



Abbildung 2: Alle sechs Seiten des Würfels sind den Einflüssen der Natur ausgeliefert

Abbildung 3: Die Abwärme von benachbarten Räumen nutzen

Abbildung 4: Gegenüberstellung vom Verhältnis der Oberfläche (A) zum Volumen (V) bei drei Körpern

Abb. 3

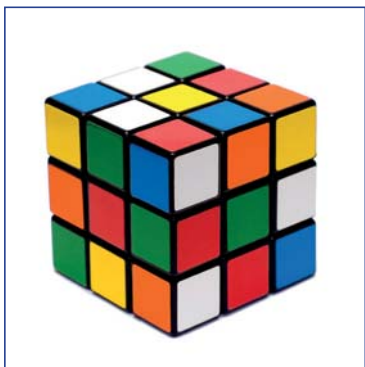
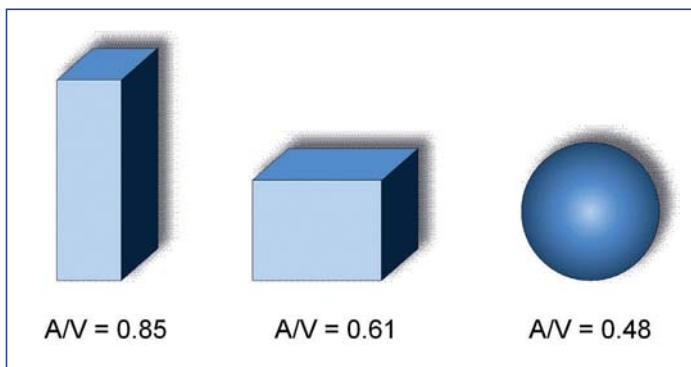


Abb. 4





3.4 Planung des Hallenbades

3.4.1 Grundstück und Lage

Das Grundstück beeinflusst über verschiedene Parameter, wie Besonnung, Windexposition, Baugrund und Grundwasserspiegel, den potenziellen Energiebedarf eines Gebäudes beziehungsweise den Aufwand, der zur Errichtung einer dichten Gebäudehülle notwendig ist. Die Besonnung/Beschattung im Verlauf der Jahreszeiten beeinflusst den Bedarf an Energie zur Heizung und Kühlung, aber auch den baulichen Aufwand für die Schaffung einer behaglichen Atmosphäre im Raum (Sonnenschutz). Der Baugrund, das Oberflächen- und Grundwasser sowie die Lage innerhalb des Grundstücks legen nicht nur den zur Erstellung notwendigen Aufwand fest, sondern beeinflussen direkt und indirekt auch die Exposition des Gebäudes gegenüber Naturgefahren. Weitere Umweltfaktoren des Grundstücks wie Altlasten, Elektromog, Lärm- und Erschütterungsimmissionen müssen bei der Planung berücksichtigt werden. Die zur Beurteilung notwendigen Informationen sind teilweise digitalisiert und öffentlich zugänglich (siehe gis.zh.ch). Die Qualität der Angaben genügt meist für eine anfängliche Abschätzung – sie ersetzen aber meist nicht weitere Untersuchungen und Studien im Laufe der Projektierung.

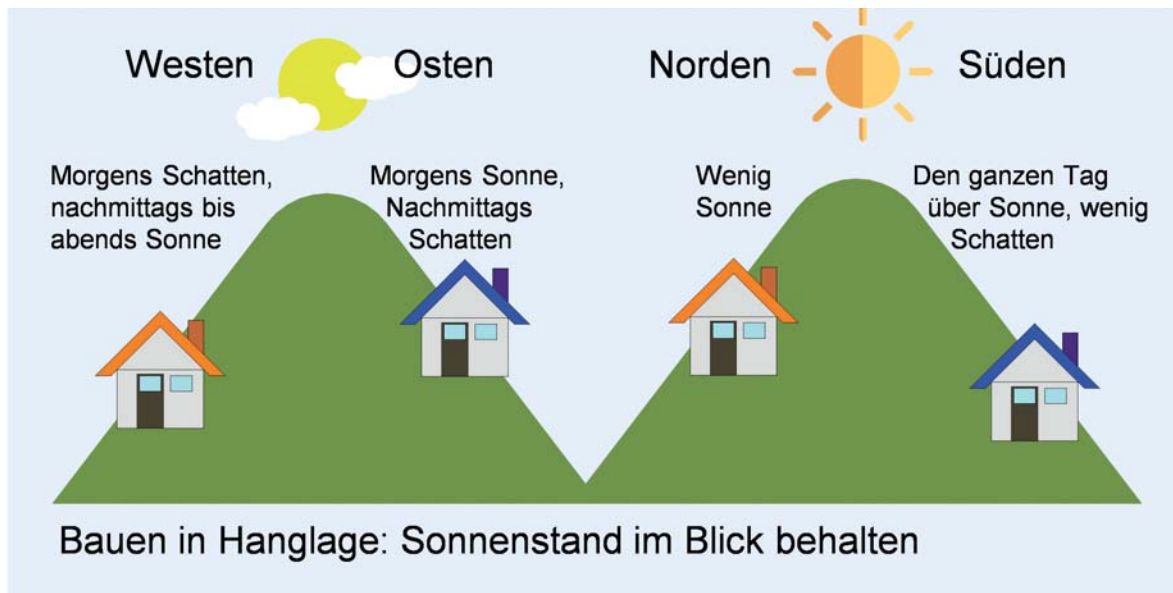


Abb. 5: Einfluss der Hanglage auf die Energiebilanz von Gebäuden

Im Weiteren sollte bei der Grundstückswahl und der Lage eines Hallenbadneubaues darauf geachtet werden, ob Synergien in den Funktionen (Sportkomplex, Freibad), Verkehrsanbindung oder Energie (Abwärme einer Eisporthele, eines Industriebetriebs oder einer Kehrlichtverbrennungsanlage) genutzt werden können.

3.4.2 „Klimazonen“ schaffen und optimal anordnen

Bereiche innerhalb der Gebäudehülle mit unterschiedlichen Nutzungsanforderungen bedingen auch unterschiedliche optimale Konditionen. Sie unterscheiden sich in Feuchtegehalt der Raumluft, Temperatur, aber auch in natürlicher und künstlicher Belichtung und in den Oberflächen. Ziel ist es, mit möglichst wenigen und einfachen inneren Klimabereichen, ein Optimum an Behaglichkeit für eine maximale Zahl an Nutzern zu erreichen.

In einer Bedarfsanalyse werden die für die jeweiligen Nutzungen in den Bereichen optimalen Konditionen ermittelt. Die Anzahl der so ermittelten Bereiche ist meist gross, im Anschluss werden Bereiche mit sehr ähnlichen Konditionen – was nicht zwangsläufig auch ähnliche Nutzungen bedeutet – zusammengefasst. Dieser Prozess wird wiederholt, bis eine zwischen Wirtschaftlichkeit und Nutzungsbedürfnissen ausgewogene Anzahl an unterschiedlichen Bereichen erreicht wird.

Ziel ist es, mit einer minimalen Anzahl möglichst einfacher innerer Grenzen, bei minimalem Energieeinsatz in der Haustechnik und mit möglichst kleinen Investitionskosten, die erforderlichen Konditionen für die jeweilige Nutzung zu erreichen.

Ein weiterer bei der Platzierung der ermittelten Systeme oder Bereiche zu berücksichtigender Aspekt ist die „Richtung“ der Feuchte- und Temperaturgefälle. In unseren Breitengraden ist es das Ziel, die Bereiche mit hoher Temperatur und hoher Feuchte in der „Mitte“ zu platzieren, die Bereiche mit niedriger Temperatur und Feuchte an der Gebäudehülle, um das meist vorherrschende Temperaturgefälle zur Umwelt möglichst klein zu halten und zudem die feuchtebedingten Probleme an der Dämmung der Hülle zu minimieren.

Grundsätzlich ist es energetisch betrachtet sinnvoller, die äussere Gebäudehülle besser zu dämmen, als innen zwischen den Zonen Massnahmen zu treffen. Zusätzlich spielen Überlegungen zur städtebaulichen Disposition, der betrieblichen Abläufe, der Architektur, der Ästhetik, der Attraktivität und der Aussicht eine massgebende Rolle, was zu Zielkonflikten mit einer Energie- und Kostenoptimierten Bauweise führen wird.

3.4.3 Klimatische Bereiche im Hallenbad

Im Folgenden sind beispielhaft klimatische Bereiche eines Hallenbades sowie die zu ihrem Betrieb üblicherweise notwendigen haustechnischen Anlagen genannt.

- Windfang nicht beheizt. Überströmen der Restwärme aus den beheizten Zonen
- Eingangsbereich, Büros, Restaurant 21°C
- Garderobenzone 24°C
- Duschen 26°C
- Schwimmhalle Sport- und Bewegungsbecken 30°C
- Schwimmhalle Warmbecken 32°C
- Saunabereich 90°C
- Technikräume Haustechnik
- Technikräume Badewasseraufbereitung

Tabelle: Energievorkehrungen bei unterschiedlichen Raumanforderungen

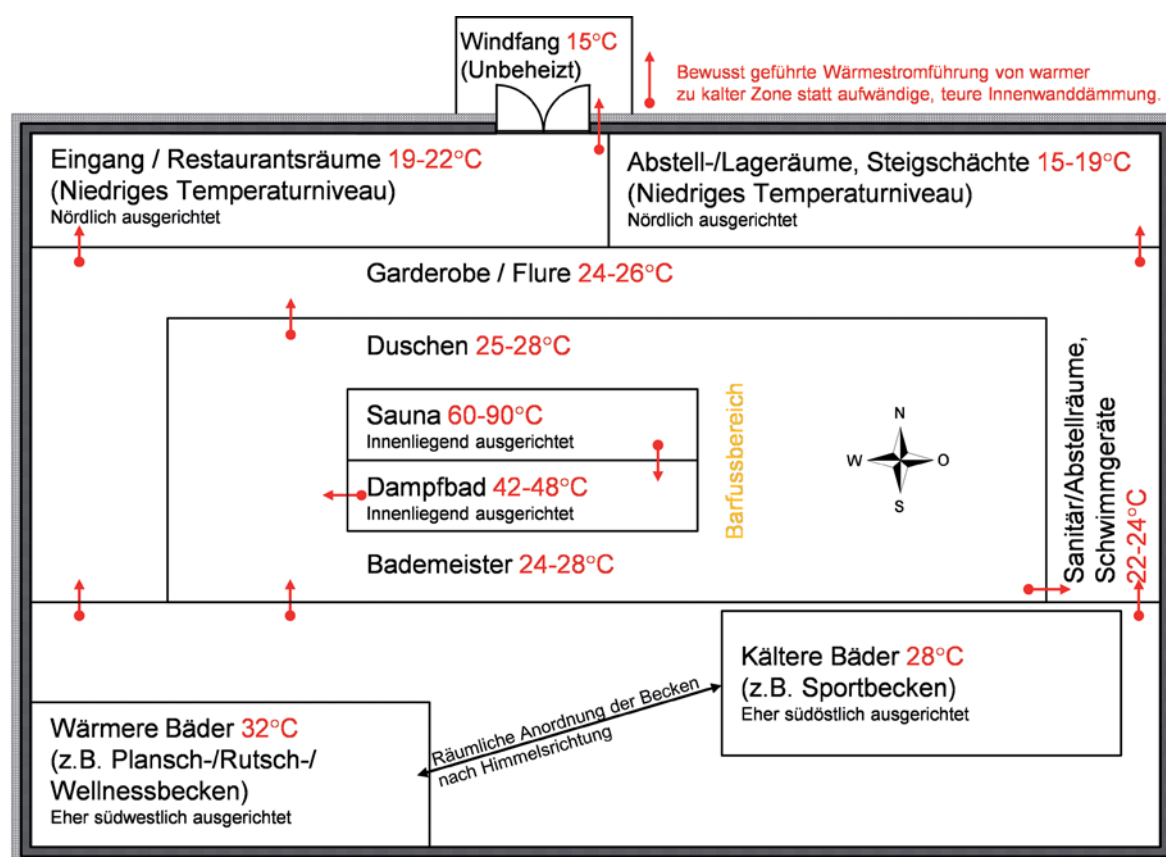
Nutzung	Temperatur	Feuchtigkeit	Lüftung & Heizung	Kommentar
Windfang	Unbeheizt	60 – 65%	Restwärme aus Eingangsbereich	Keine Heizkörper Türen selbstschliessend
Nebenräume	19 – 22°C	55 – 60%	Abluft absaugen	Möglichst an Aussenwand
Eingang	18 – 21°C	55 – 60%	Möglichst keine Heizkörper. Nur Luftschleier	Lufttrennung mittels Luftschleier
Küche	18 – 21°C	55 – 60%	Separate Abluft-Lüftungsanlage (Fett)	Herd und Ofen geben Wärme ab
Büros, Shop, Fitness, Restaurant	19 – 22°C	55 – 60%	Lüftungsheizung	Computer und Personen geben Wärme ab
Technikraum	18 – 25°C	55 – 60%	Abluft absaugen	Keine Heizkörper Erwärmung durch Abwärme
Garderobe Flure	24 – 26°C	50%	Zuluft zuführen	Überströmen zu Duschen
Technikraum Badewasseraufbereitung	25 – 30°C	60 – 80%	Abluft absaugen	Keine Heizkörper Erwärmung durch Abwärme
Duschen	25 – 28°C	55%	Abluft absaugen	Ev. Fussbodenheizung
Schwimmhalle	30 – 32°C	Maximale absolute Feuchte 14.3g/kg Luft	Zuluft Fensterbereich Abluft an entgegengesetzter Raumseite absaugen	Möglichst über die RLT-Anlage heizen
Sauna	60 – 90°C	6 – 30%		Nicht an Aussenwand



3.4.4 Disposition der Klimabereiche im Gebäude

In Abhängigkeit vom betrieblichen Ablauf sollten Abstellräume, die nicht oder wenig beheizt werden müssen, in Gebäudeecken in nördlicher Disposition geplant werden, kühlere Becken mit Disposition Nordwest bis Nordost, wärmere Becken mit Disposition Südost bis Südwest. Die Anordnung weiterer Räume ergibt sich meist durch die inneren Abläufe des Besuchers bzw. Einschränkungen des Grundstücks.

Insbesondere wenn bestehende Bäder saniert oder erweitert werden, werden bei einer Optimierung der Nutzungsbereiche auch die energetischen Gesichtspunkte soweit möglich berücksichtigt. Bei Hallenfreibädern werden dabei mögliche Synergien von Freibad und Hallenbad für Sommer- und den Winterbetrieb beachtet.



- **Wärmere Räume** innenliegend oder **südseitig** angeordnet
- **Kältere Räume** **nördlich** oder **nordöstlich** angeordnet
- Klimagrenzen-Dämmung mindestens ($> 0,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) besser bei konventionellen Gebäuden aufgrund des im Schwimmbad **hohen Temperaturniveaus**

Abb. 6: Beispiel einer Nutzungsdisposition innerhalb des Gebäudes



3.4.5 Technikräume und Leitungsführung

Eine möglichst kurze und somit energieeffiziente Leitungsführung für die verschiedenen Medien der Haustechnik bedingt günstig und somit meist zentral gelegene Technikräume. Die Bereiche der Haus- und Badewasser-Aufbereitungstechnik werden durch die darin enthaltene Technik bzw. die darin geführten Leitungen und Behälter meist auf ein unerwünschtes Temperaturniveau, in manchen Fällen auch auf ein unerwünschtes Feuchteniveau gebracht. Trotzdem ist eine aktive Klimatisierung für diese Bereiche meist unwirtschaftlich. Umso wichtiger ist es, eine Temperatur- und Feuchteabgabe an zu erwärmende Bereiche oder Medien zu ermöglichen.

Die Leitungsführung der Medien ist durch sinnvolle Bereiche zu führen. Bevorzugt werden kalte Medien (Frischluff, Frischwasser...) durch unbeheizte, kalte Bereiche und Steigzonen, gegebenenfalls sogar ausserhalb der Gebäudehülle (z. B. im Erdreich) geführt. Warme Medien möglichst in beheizten oder zu beheizenden warmen Bereichen und Steigzonen des Gebäudes. Dies reduziert oder eliminiert die Notwendigkeit einer Dämmung dieser Leitungen.

Insbesondere den Durchdringungen der Bereichsgrenzen, der Wände zwischen den Nutzungszonen oder der Gebäudehülle ist bei der Leitungsplanung Beachtung zu schenken – hier sind energetische, brandschutztechnische und bauphysikalische Herausforderungen zu lösen.

3.4.6 Licht und Schatten – Beleuchtung und Lichtlenkung

Die Nutzung eines Bereichs bestimmt die Notwendigkeit und Intensität der Belichtung. Aus energetischer Sicht und für die Behaglichkeit der Nutzer wünschenswert ist eine natürliche Belichtung möglichst vieler Bereiche. Dem stehen häufig die örtlichen Gegebenheiten entgegen (Abschattungen, Bereiche im Souterrain) sowie der Wunsch nach einer kompakten, energieeffizienten Gebäudehülle, die soweit möglich auf Fensterflächen mit ihren naturbedingt schlechten Isolationswerten verzichtet. Intensive Nutzung der natürlichen Sonneneinstrahlung (Fensterflächen) bedingt die Beachtung des Sonnen- und Blendschutzes. Insbesondere die Aufheizung (und Abkühlung) von Fensterzonen innerhalb eines klimatischen Bereichs ist in der Planung aus bauphysikalischer- und Nutzersicht zu beachten. Die Eigenschaften der unterschiedlichen Glasqualitäten beeinflussen nicht nur den Energieverlust der Fassaden, sondern auch die Beleuchtungsstärke und die Erwärmung durch natürliches Licht.

Ein Anteil des einfallenden Lichts wird am Glas reflektiert, ein weiterer wandelt sich durch Absorption im Glas in Wärme um, das übrige Licht beleuchtet das Gebäudeinnere oder gibt seine Energie als Wärme an innenliegende Bauteile ab.

Der Energiedurchlassgrad (auch g-Wert) ist ein Mass für die Durchlässigkeit von transparenten Bauteilen für Energie. Dieser gibt an, welcher Anteil der Energie z. B. durch Sonneneinstrahlung durch das Bauteil gelangen kann und ggf. zur Beleuchtung und Erwärmung beiträgt.

Die Wärmebilanz von Verglasungen in Hallenbädern ist in unseren Breitengraden übers Jahr betrachtet negativ – gegenüber einer gedämmten Fassade wird über die derzeitigen Verglasungen mehr Energie verloren als gewonnen. Eine Lichtumlenkung bringt natürliches Licht in tiefe Gebäude. Diese „aktive“ Nutzung des natürlichen Lichts fordert vom Planer die Einbeziehung der betrieblichen und der Nutzerbelange.

Eine Lichtumlenkung wird deshalb idealerweise durch eine regelbare Abschattung oder als aktive Komponente an die täglichen und die jahreszeitlichen Gegebenheiten anpassbar sein. Die Steuerung der natürlichen Belichtung muss vorausschauend agieren. Eine entsprechende Beschattung ist frühzeitig zu aktivieren, damit das Gebäudeinnere sowie die Hülle sich nicht übermäßig aufheizen.

Ein passiver Sonnenschutz kann mit fest stehenden Lamellen (Brise-soleil) oder über einen Dachüberstand realisiert werden. Dieser schirmt die hoch stehende Sommersonne ab, das Gebäudeinnere wird vor Aufheizung geschützt im Winter wird die gewünschte Belichtung bei tieferem Sonnenstand trotzdem erreicht. In dieser Jahreszeit ist ein hoher Energiegewinn über eine günstig platzierte und gestaltete Gebäudehülle erwünscht.

Abb. 7: Lichtumlenkung

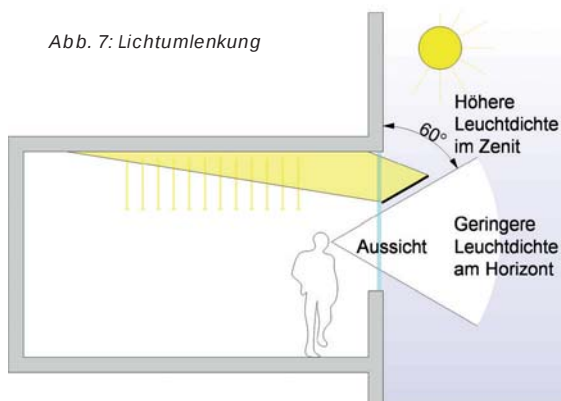


Abb. 8: Tageslichtnutzung

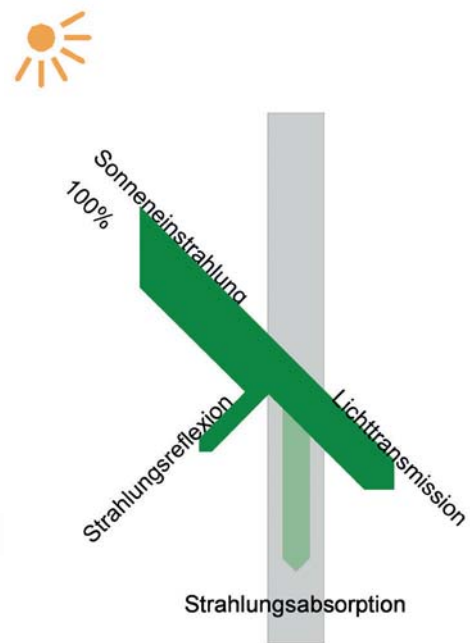
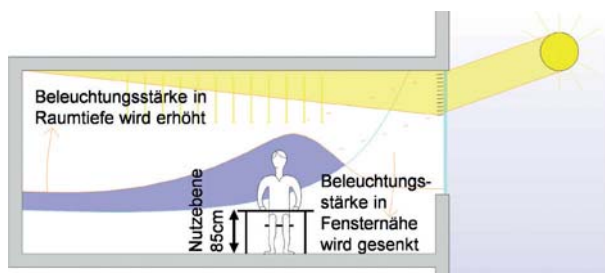


Abb. 9:
Aufspaltung des Lichteinfalls bei Fenstern



Abb. 10:
Gewinn an Licht und Strom



Abb. 11:
Photovoltaik Elemente integriert in Glasdach



Abb. 12:
Sonnenschutz zur Beschattung



3.4.7 Gestaltung durch Licht und Farbe

Farbe hat nicht nur einen Einfluss auf das Raumempfinden, sondern auch auf den Bedarf an künstlicher Beleuchtung und somit auch auf die notwendige Energie. Hier sind sowohl gestalterische wie energetische Aspekte zu beachten. Ein Bad kann durch schöne Beleuchtung über und unter Wasser an Attraktivität gewinnen, wobei die Beleuchtung immer energieeffizient zu planen und sparsam zu betreiben ist.

Die Beleuchtung, Anzahl und Art sowie die Platzierung der Lichtquellen haben einen massgeblichen Einfluss auf die Sicherheit und Hygiene im Hallenbad. Eine Unterwasserbeleuchtung und die reflexionsarme Positionierung der Hallenbeleuchtung erhöhen die Einblicktiefe ins Becken und somit die Sicherheit der Gäste, eine ausreichende und gezielte Ausleuchtung der Laufwege vermindert Unfallgefahren und lenkt die Besucherströme gezielt in die gewünschten Bereiche.

Für die Reinigung und deren Kontrolle ist eine gute Ausleuchtung aller Bereiche essenziell, zusätzlich zur Behaglichkeitsbeleuchtung ist eine helle Zusatzbeleuchtung für die Zeiten der Reinigung und Revisionen vorzusehen.

Abb. 13

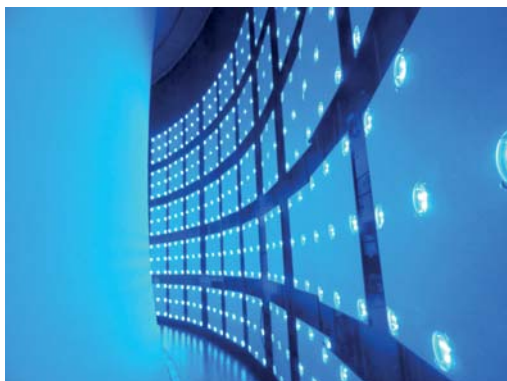


Abbildung 13:
Hintergrundbeleuchtung

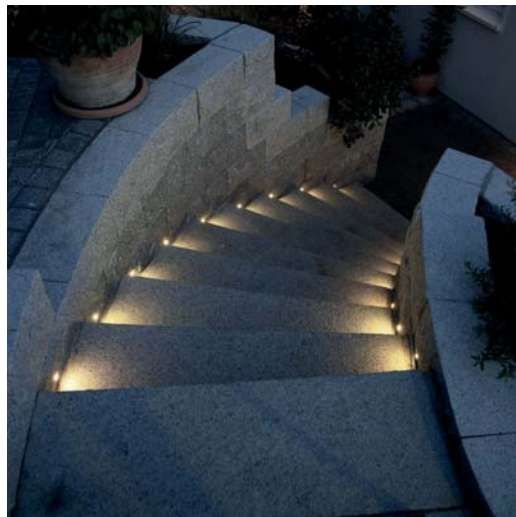
Abbildung 14:
Unterwasserbeleuchtung mit Wasserspielen

Abbildung 15:
Treppenabgang mit effizienter Nachtbeleuchtung

Abb. 14



Abb. 15

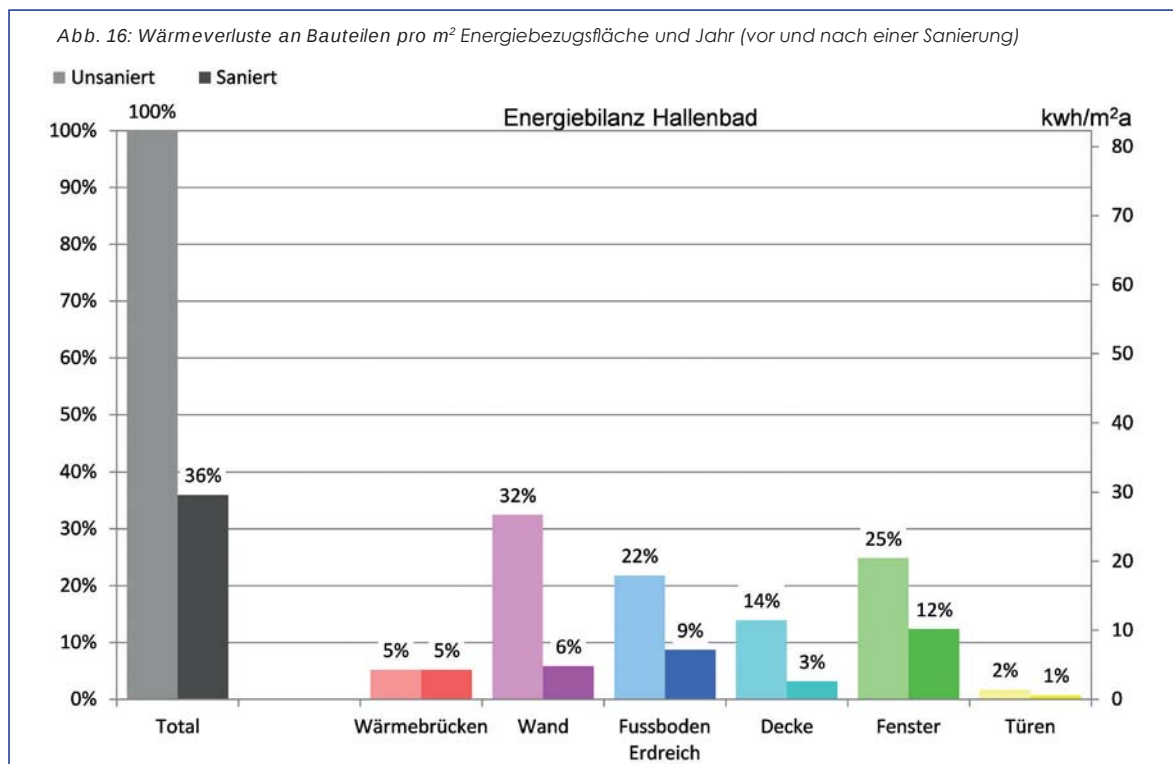




3.5 Energieeffizienz in der Gebäudehülle

Vergleicht man die Energiebilanzen von bestehenden unsanierten Hallenbädern mit neuen oder energetisch vollsanierten, so werden die grossen Verbesserungspotenziale erkennbar. Bei der Gegenüberstellung von Energiebilanzen ist auf die Vergleichbarkeit über Kenngrössen zu achten – wird über die Energiebezugsfläche nach SIA, über die Kubatur oder über die Wasserfläche verglichen, sind die Gebäude in ihrer Lage, Nutzung und Grösse vergleichbar?

Hohe prozentuale Einsparmöglichkeiten durch Sanierung oder Neubau sind in der gesamten Haustechnik und der Gebäudehülle gegeben, jeder Teilbereich muss für eine Sanierung betrachtet und bewertet werden. Das absolute Einsparpotenzial ist bei den grössten Energieverbrauchern naturgemäss am höchsten, diese müssen vor allem im Falle einer Teilsanierung vorrangig beachtet werden. Vergleicht man die absoluten Transmissionswärmeverluste pro Fläche an den Bauteilen der Gebäudehülle in Hallenbädern von unsanierten Altbauten und Neubauten, so ist an nahezu allen Bauteilen eine Verringerung der Verluste um 50% (Fenster, Türen) auf bis zu 80% (Wände) möglich (siehe Grafik). Die Verringerung der Wärmeverluste durch eine Dämmung der Aussenwände ist am effektivsten und im Sanierungsfall auch am effizientesten, sie ist meist mit vergleichsweise geringem Aufwand realisierbar. Die Verbesserung der Dachdämmung sowie der Fensterflächen in Material und Aufbau bietet sowohl im Neubau als auch bei der Sanierung grosses Potenzial. Die Dämmung der Bodenplatte ist im Neubau zwingend, als Aussendämmung bei Sanierungen im Bestand jedoch meist nicht oder zumindest nicht vollflächig realisierbar. Generell ist der Energieverlust über die Transmission der Gebäudehülle im Vergleich zum Gesamtenergiebedarf eines Hallenbades eher als klein zu betrachten.



3.5.1 Bauphysikalische Betrachtungen

Ab etwa 65% relativer Luftfeuchte (rLF) ist bei Stahl die Korrosionsgrenze erreicht, bei 80% rLF die Schimmelpilzgrenze.

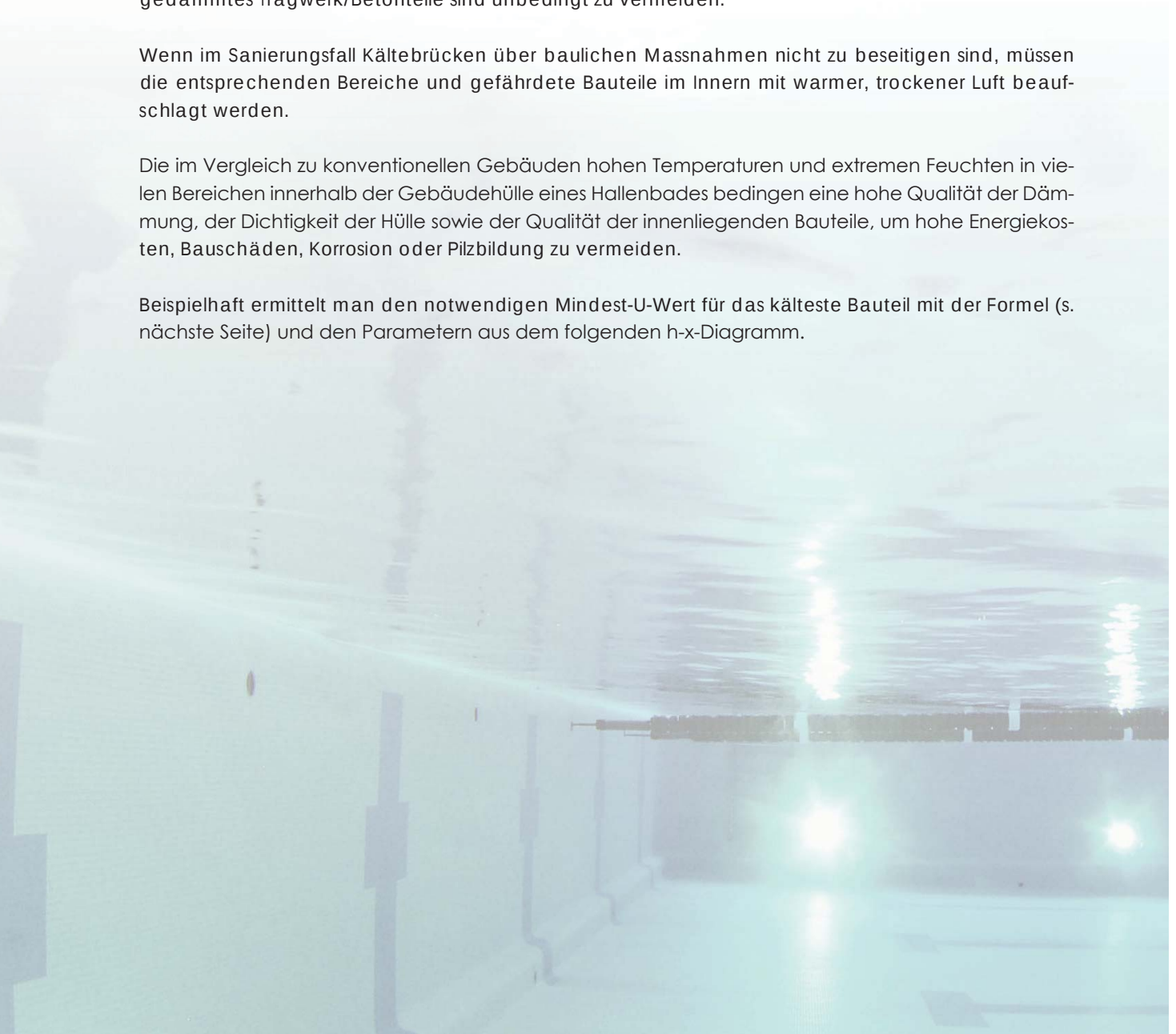
Sehr kalte Aussentemperaturen, schlechte Dämmung und Wärmebrücken sorgen für kalte innere Oberflächen im Bereich der Gebäudehülle, hier kondensiert die Luftfeuchtigkeit bereits weit vor diesen Grenzen (siehe h-x-Diagramm), es entstehen entsprechende Schäden. Je besser ein Bauteil gegenüber der Umgebung gedämmt ist, umso geringer ist die Wahrscheinlichkeit der Oberflächenkondensation und der Korrosion am Bauteil; je schlechter ein Bauteil gedämmt ist, umso eher bildet sich daran Kondensat.

Besonderes Augenmerk ist deshalb auf die bauartbedingt schlecht zu dämmenden Bauteile zu richten, meist Fenster und deren Rahmen sowie Befestigungselemente. Fassaden durchdringendes, nicht gedämmtes Tragwerk/Betonteile sind unbedingt zu vermeiden.

Wenn im Sanierungsfall Kältebrücken über baulichen Massnahmen nicht zu beseitigen sind, müssen die entsprechenden Bereiche und gefährdete Bauteile im Innern mit warmer, trockener Luft beaufschlagt werden.

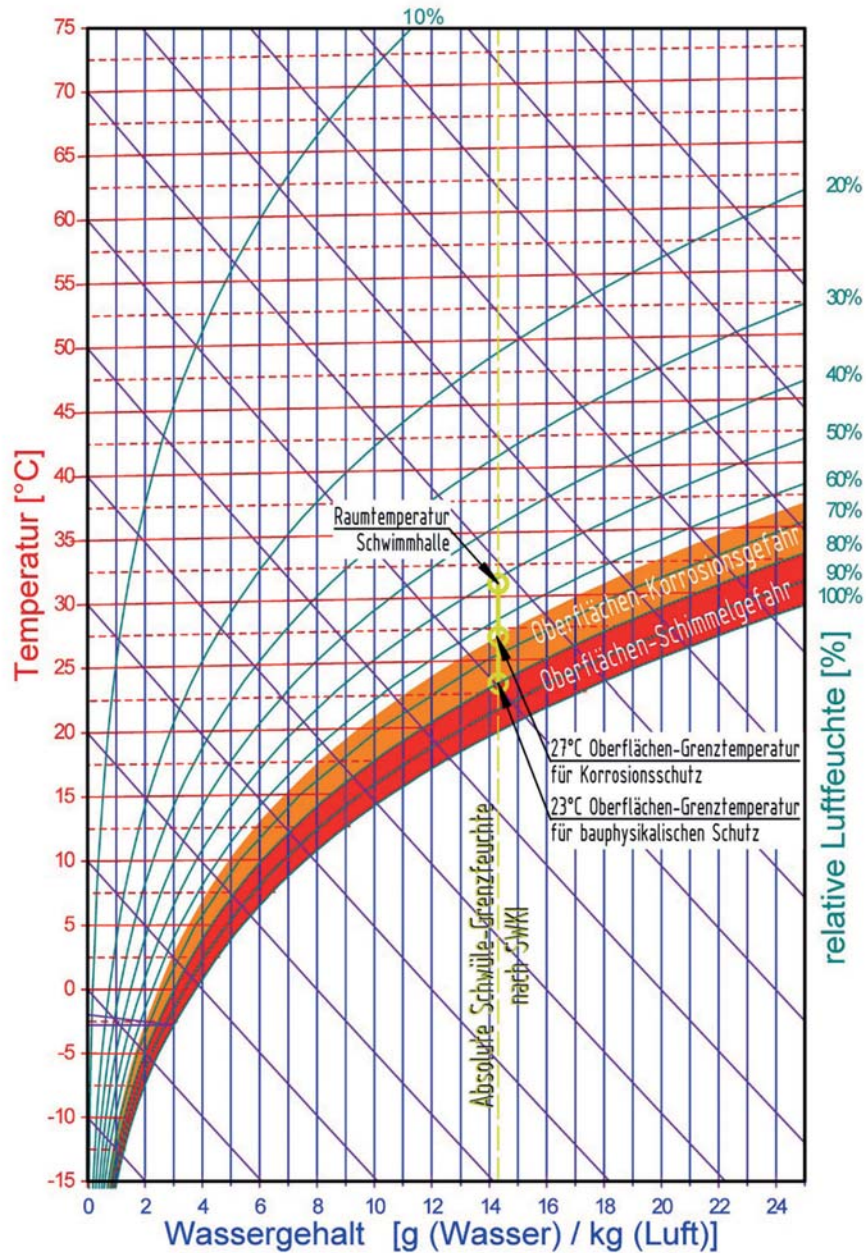
Die im Vergleich zu konventionellen Gebäuden hohen Temperaturen und extremen Feuchten in vielen Bereichen innerhalb der Gebäudehülle eines Hallenbades bedingen eine hohe Qualität der Dämmung, der Dichtigkeit der Hülle sowie der Qualität der innenliegenden Bauteile, um hohe Energiekosten, Bauschäden, Korrosion oder Pilzbildung zu vermeiden.

Beispielhaft ermittelt man den notwendigen Mindest-U-Wert für das kälteste Bauteil mit der Formel (s. nächste Seite) und den Parametern aus dem folgenden h-x-Diagramm.





h-x-Diagramm der feuchten Luft nach Mollier bei 500m ü. NN.



Der mind. U-Wert zum Einhalten entsprechender Oberflächengrenztemperatur errechnet sich wie folgt:

$$U\text{-Wert}_{\text{nötig}} = \frac{T_{\text{Grenz}} - T_i}{R_{\text{si}} \cdot (T_A - T_i)}$$

T_{Grenz} = Oberflächen-Grenztemperatur
 T_i = Raumtemperatur
 R_{si} = Wärmeübergangswiderstand innen = $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
 T_A = Temperatur-Heizlastfall

Abb. 17: h-x-Diagramm mit markierter Korrosions- und Schimmelpilzgefahr und Schwülegrenze



Lesebeispiel:

Nach SWKI werden die Raumluftkonditionen einer Schwimmhalle auf **die gelb markierte Schwüle-grenze** aus dem h-x-Diagramm von 14,3g/kg **absoluter Luftfeuchte** ausgelegt (**auf blauem x-Achsenwert unten abgetragen**).

Ermittelt man den Schnittpunkt der Schimmelgrenze von 80% **relativer Luftfeuchte** (oberer Rand der roten Fläche, **jeweils auf den grünen Kurven nach rechts abgetragen**) mit der **gelben Schwülegrenze nach SWKI von 14,3g/kg** Luft, so kann man auf der **y-Achse links den roten Oberflächentemperaturwert** ablesen, bei dem sich Kondenswasser für die Schimmelbildung auf dem Bauteil bilden wird. Dieser liegt bei ca. 23°C und wird z. B. bei beschlagenen Fensterfronten oder tropfenden Bauteilen visuell sichtbar.

Um bauphysikalische Langzeitschäden zu vermeiden, sollte keine Oberflächentemperatur in der Schwimmhalle dauerhaft unter diesen Temperaturwert fallen. Damit dies gewährleistet ist, muss jedes Bauteil der Gebäudehülle ausreichend gedämmt sein oder selbst einen entsprechend niedrigen Wärmedurchgangswert besitzen. Der nötige U-Wert errechnet sich aus der unter dem h-x-Diagramm gegebenen Formel:

Beispielrechnung:

Für eine Fensterfassade gilt:

$T_{\text{Grenz}} = 23^{\circ}\text{C}$ bei einer Fensterfassade ohne offene, korrosionsanfällige Verschraubungen, andernfalls 27°C mit korrosionsanfälligen Oberflächen.

$T_i = 31^{\circ}\text{C}$ Raumlufthtemperatur (bei Sportbädern niedriger, bei Freizeitbädern ggf. höher)

$RS_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ (fixer Grenzkonvektionswert aus der Bauphysik)

$T_A = -10^{\circ}\text{C}$ Aussentemperatur im winterlichen Heizlastfall

Eingesetzt in die Formel ergibt sich:

$$\begin{aligned} \text{U-Wert}_{\text{nötig}} &= \frac{(23^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C})}{(0,13\text{m}^2\text{K/W} * ((-10^{\circ}\text{C}) - 31^{\circ}\text{C}))} \\ &= \underline{\underline{1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}} \quad (\text{entspricht einer schlechten Zweischeibenverglasung}) \end{aligned}$$

Mit korrodierbaren Oberflächen:

$$\begin{aligned} \text{U-Wert}_{\text{nötig}} &= \frac{(27^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C})}{(0,13\text{m}^2\text{K/W} * ((-10^{\circ}\text{C}) - 31^{\circ}\text{C}))} \\ &= \underline{\underline{0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}} \quad (\text{entspricht einer Dreischeiben-IV-Verglasung}) \end{aligned}$$



3.5.2 Durchdringungen

Durchdringungen der Gebäudehülle in Hallenbädern sollten möglichst vermieden werden – zwingend gilt dies für die Elemente des Tragwerks – diese sollen entweder vollständig innerhalb oder ausserhalb der Hülle bzw. deren Dampfsperre liegen.

Wo Durchdringungen unvermeidlich sind – beispielsweise bei Medienleitungen und -anschlüssen nach ausserhalb – müssen diese in Gestaltung und Abdichtung besonders sorgfältig durchgeführt werden. Eine mangelhafte Planung und Umsetzung der Dämmung bei Durchführungen verursacht Wärme- oder Kältebrücken, die zu Energieverlusten führen, mangelhafte Abdichtung zieht zusätzlich noch gravierende Bauschäden nach sich. Der hohe Dampfdruck, die feuchte und korrosive Atmosphäre im Inneren führt bei verletzter Dampfsperre über das hohe Temperaturgefälle von innen zur Umgebung zur Bildung von Kondensat in der Gebäudehülle und letztendlich zu Bauschäden.

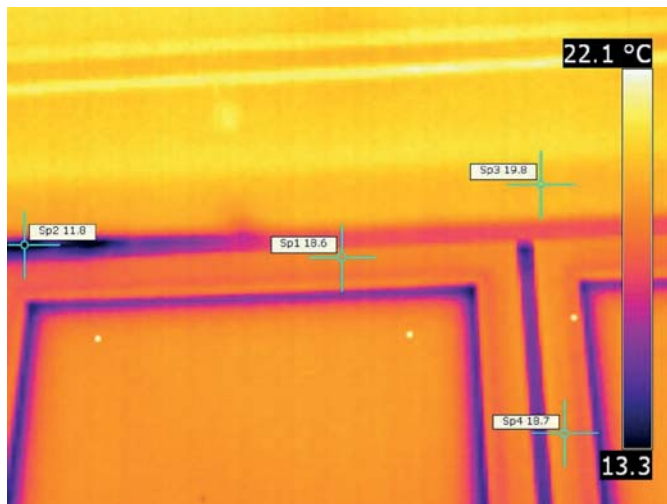


Abb. 18:
Wärmebild an einem schadhaften Fenster
(je dunkler der Farbton, desto niedriger die Bauteiltemperatur, somit der Dämmwert)



Abb. 19:
Abdichtung an einem Fenster über einem Flachdach

3.5.3 Die Dachflächen

An den Dachflächen ist die Temperaturdifferenz zwischen Gebäude und Umgebung besonders hoch, die Exposition gegenüber Wind und Wetter ist besonders intensiv und wird deshalb mit einer optimalen Dämmung ausgeführt. Für die opaken Bereiche des Daches sind U-Werte $\leq 0.125 \text{ W/m}^2\text{K}$ empfohlen. Grundsätzlich sollten hochwertige, geschlossen-zellige und dampfdichte Dämmstoffe (Schaumglas oder zusätzlich beschichtetes PUR) verwendet werden. Dies erhöht die Investitionskosten, eventuell auch die Aufbaustärke, bietet jedoch konstruktiv und statisch zusätzliche Sicherheit, da erhöhte Dachlasten aufgrund durchnässter Isolationsmaterialien auch bei verletzter Abdichtung vermieden werden.

Die für Dämmung und Abdichtung wesentlichen Stellen sind Durchdringungen und Anschlüsse; diese sind mit ausreichend grossen Dichtflächen/Flanschen für den Anschluss der Dachabdichtung zu planen und auszuführen. Bilden die Durchdringungen aufgrund mangelnder Dämmung und Dichtung Kältebrücken, treten ausser den energetischen Verlusten häufig Bauschäden durch das entstehende Kondenswasser innerhalb der Dachbauteile auf.

Zusätzliche statische Last und eine erhöhte Anzahl von Durchführungen durch die bei Neubauten häufig geplante Nutzung der ansonsten brachliegenden Dachflächen zur Energieerzeugung (Solarwarmwasser-, Photovoltaikanlagen) und Haustechnik (Lüftungsmonoblöcke) müssen frühzeitig in der Planung berücksichtigt werden.

Bei Sanierungen begrenzen die vorliegende Statik und die Raumverhältnisse den Spielraum für das Einbringen zusätzlicher Dämmung sowie weiterer Aufbauten auf den Dachflächen. Zusätzliche Lasten verursachen hier tiefgreifende Eingriffe in die Bausubstanz oder sind teilweise unmöglich – eine energetische Sanierung muss deshalb bereits im frühen Planungsstadium auf die vorliegenden statischen Verhältnisse abgestimmt werden.



3.5.4 Bodenplatte Dämmung im Erdreich

Energieeffiziente Neubauten von Hallenbädern werden heute mit einer vollständig gedämmten Hülle ausgeführt – alle nicht transparenten Gebäudeaussenflächen besitzen eine Dämmung. Die Dämmung wird auch im Erdreich beispielsweise mit einer Schaumglasschüttung am Beckenboden bzw. an der Gebäudegrundplatte weitergeführt.

Nur mit einer sehr guten Dämmung auch gegen das Erdreich können heute die verschärften Anforderungen des Minergie-Standards eingehalten werden. Die Tragfähigkeit des Baugrundes muss bei der Materialwahl berücksichtigt und darf dadurch nicht ungünstig beeinflusst werden.

NEUBAU: Durchgängige Dämmschicht wärmebrückenfrei als Systemgrenze möglich:
Vorteile bei Energienutzung der Technikräume/Beckenumgang zur Frischluftvorwärmung nur sinnvoll wegen Kühlhaltung und ungewollter Fensterlüftung durch Hauswarte;
energetische Einsparungen nur gering

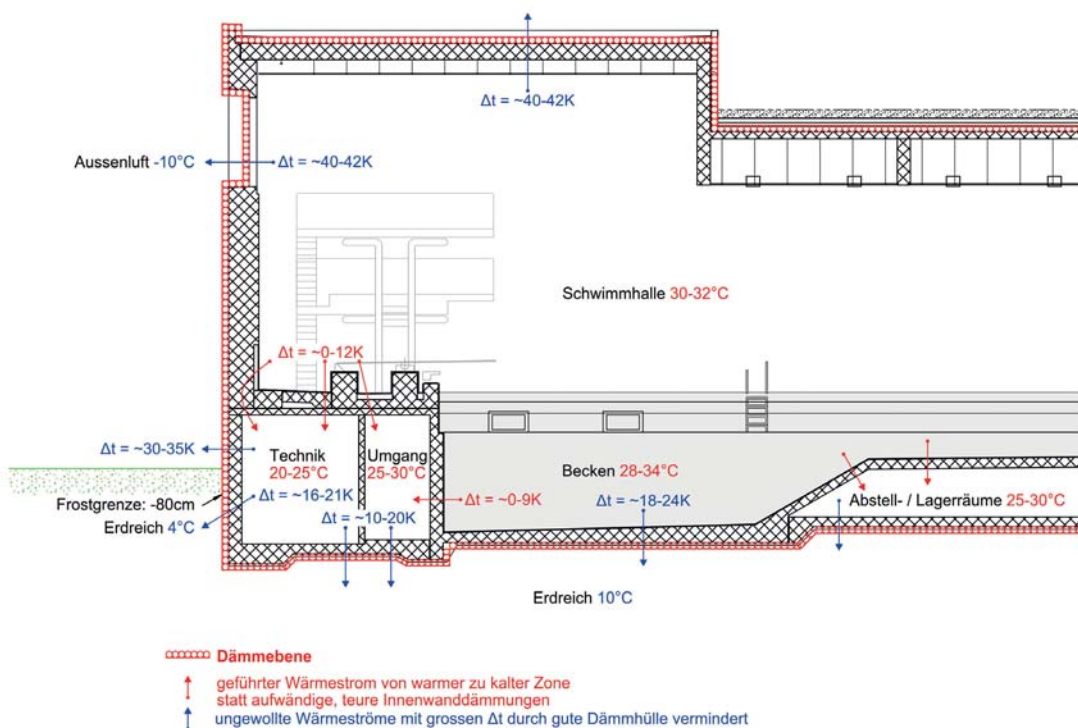


Abb. 20: Gebäudedämmung beim Neubau



Die Untergeschosse der Hallenbäder im Bestand sind meist nicht oder zumindest nicht durchgehend und konsequent gegen das Erdreich gedämmt. Viele im Untergeschoss liegenden Räumlichkeiten befinden sich somit nicht innerhalb des Dämmperimeters, auch solche mit hohen Temperaturen wie Becken und Beckenumgänge sowie die Technikräume. Je nach Exposition, Konstruktion und Lage ist der Wärmeverlust über den Boden relativ hoch, insbesondere falls das Gebäude im (fließenden) Grundwasser steht.

Eine Ergänzung der Dämmung im Bodenbereich im Zuge einer Sanierung ist als Aussendämmung nur mit erheblichem Aufwand (Grabarbeiten entlang der Gebäudewände) möglich. Eine alternative Innendämmung der Untergeschosse muss geprüft werden, ist aufgrund von Einbauten, Leitungen und Technik oder aufgrund gesetzlicher Vorgaben (Mindestraumhöhen, Brandschutz, Fluchtwege) fast nie vollflächig zu realisieren. Innen liegende oder Teilflächendämmung erhöht das Risiko von feuchtebedingten Bauschäden und muss sorgfältig geplant und ausgeführt werden. Eine innen liegende Dämmung vermindert die Oberflächentemperatur der bisherigen Innenflächen unter der (neuen) Dämmschicht. Wird dies nicht beachtet, ist die Dämmung nicht dampfdicht oder wird anderweitig keine Vorsorge getragen – kondensiert die Feuchte unter der Dämmung auf oder in der Wand.

BESTAND: Durchgängige Dämmschicht Wärmebrückenfrei als Systemgrenze nicht möglich:
Extreme, energetische Einsparungen bei Klimatisierung der Technikräume/Beckenumgang durch Anergienutzung zur Frischluftvorwärmung

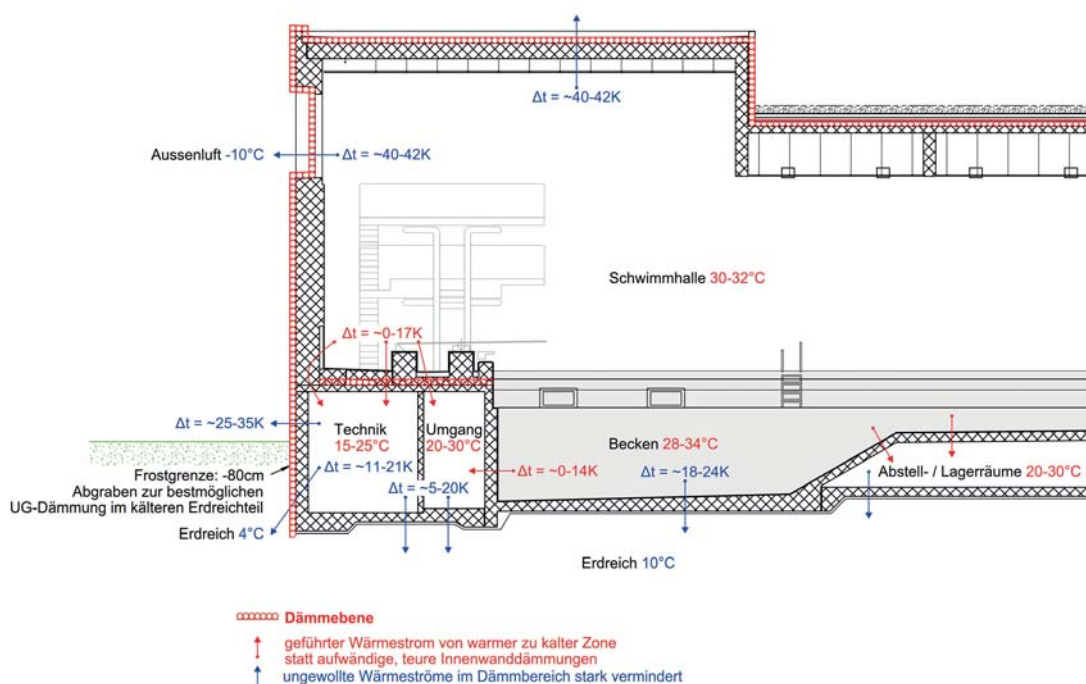


Abb. 21: Gebäudedämmung bei Sanierung



3.6 Fassade und Elemente der Gebäudehülle

3.6.1 Gebäudezutritt Eingangsbereiche

Die Gebäudezutritte im Hallenbad gliedern sich in Eingangsbereiche für den Publikumsverkehr sowie Zugangsmöglichkeiten für Betrieb, Technik und Anlieferung. Ein energetisch sinnvoller Eingangsbereich ist baulich oder technisch so disponiert, dass dieser eine Schleusenfunktion zwischen Gebäudeinnerem und Umgebung erfüllt, den Übergang zwischen Innen und Aussen mit möglichst geringem Luftaustausch ermöglicht.

Ein konstruktiv wie energetisch sinnvolles Verfahren für einen Windfang ist eine Schleuse mit zwei Türen, aus Komfortgründen idealerweise über automatische Schiebetüren realisiert.

Ein ausreichend gross dimensionierter Schleusenbereich (grösser als 10 m Länge) vermeidet, dass beide Türen gleichzeitig offen stehen und ein ungehinderter Transfer von Luft und Wärme stattfindet.

Für Seiteneingänge und geringe Nutzungsfrequenz sind Schleusen geeignet, die wie eine Verinselungsanlage funktionieren – die Türen sind kreuzweise so verschaltet, dass jeweils nur eine Türe öffnet. Muss der Windfang auch zur Entfluchtung des Gebäudes herangezogen werden, müssen die Schiebetüren mit einer Swingdoor-Automatik ausgerüstet sein.



Abb. 22: Windfang mit zwei Schiebetüren



Abb. 23:
Automatische Schiebetüren



Abb. 24:
Schiebetüren unter Wasser ins Ausschwimmbecken

Ein Windfang mit Luftschleier ist die einfachste Form einer Schleuse zur Trennung verschiedener Klimabereiche. Ein Warmluftschleier muss gemäss Energiegesetz immer an die Warmwasserheizung angeschlossen werden – eine Elektrodirektheizung ist nicht zulässig. Aus energetischer Sicht kann ein Luftschleier Türen in der Gebäudehülle nur ergänzen (Sommer), er dient vor allem zur Abtrennung von Bereichen mit geringer Temperaturdifferenz innerhalb der Gebäudehülle.

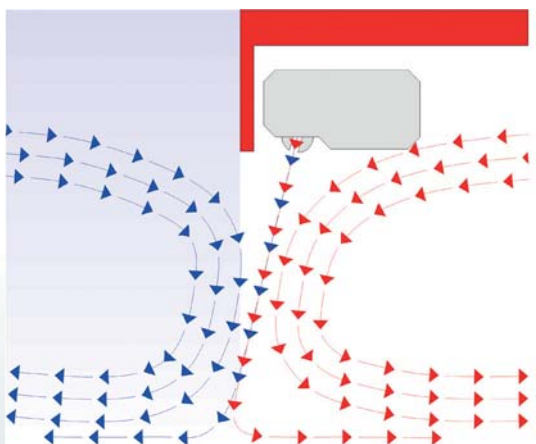


Abb. 25:
Klimawalze bei Warmluftvorhang



Abb. 26:
Sichtbare Klimawalze

Wird eine besonders kompakte Bauweise bei hoher Nutzerfrequenz benötigt, sind Drehtüren eine mögliche Lösung. Diese dichten das Gebäude relativ gut ab, durch die Drehbewegung wird jedoch immer ein Luftaustausch stattfinden – bei grossen Drehtüren ist deshalb eventuell ein zusätzlicher Luftschleier einzuplanen.

Die Entfluchtung sowie ein barrierefreier Zugang muss ggf. über eine zusätzliche Türe oder automatisch aufklappende Drehflügel gelöst werden.



Abb. 27: Drehtüre mit zwei seitlichen Türen zur Entfluchtung und für die Barrierefreiheit

Gummilappen oder Kunststofflappen zur Trennung unterschiedlicher klimatischer Zonen sind energetisch und hygienisch ungeeignet – sie sind bestenfalls als Sonderlösungen in korrosiv extrem belasteten Bereichen etwa in den Ausschwimmschleusen der Aussenbecken zu verwenden.

3.6.2 Fenster und Glasfassaden

Diese bilden eine thermische Schwachstelle der Gebäudehülle. Mit ca. $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ haben Fenster und Glasfassadenteile den höchsten Wärmedurchgangs-Koeffizienten, zudem treten im Bereich des Randverbundes die geringsten inneren Oberflächentemperaturen auf. Andererseits werden aber transparente Bauteile benötigt, um die für die Behaglichkeit der Nutzer wichtige Sichtverbindung nach Aussen, die Tageslichteinbringung und die Nutzung solarer Gewinne zu realisieren.

Die meisten modernen Fassaden mit hohem Glasanteil sind bei Hallenbädern als Pfosten-Riegel-Systeme ausgeführt.

Abhängig vom eingesetzten Material und der gewählten Konstruktion ergeben sich sehr unterschiedliche erzielbare Temperaturdifferenzen zwischen Umgebung und den inneren Oberflächentemperaturen. Je besser die Konstruktion als Ganzes funktioniert, umso höher ist die innere Oberflächentemperatur auch bei niedrigen Aussentemperaturen und umso höher ist die mögliche Raumlufffeuchte, bei der noch keine Kondensation an eben diesen Oberflächen auftritt.

Für die Auswahl der optimalen Konstruktion ist also nicht nur ein niedriger Wärmedurchgangskoeffizient und somit niedriger Wärmeverlust, sondern auch eine hohe Bauteiloberflächen-Temperatur massgeblich, diese ermöglicht über niedrigere Entfeuchtungsleistungen eine deutliche Reduzierung der für die Lüftung benötigten Energie.



3.6.3 Pfosten-Riegelkonstruktion von Glasfassaden

Die niedrigste innere Oberflächentemperatur einer Glasfassade in der Pfosten-Riegelkonstruktion wird in einem idealem System, also einem optimalen Glasrandverbund, immer am Material mit dem höchsten Wärmedurchgangs-Koeffizienten auftreten (im Regelfall am Glas).

Bei mit heutiger Technik realisierbaren Systemen bedingt der Wärmebrückeneffekt am Glasrand, dass die niedrigste Oberflächentemperatur immer in der Glasrandecke der Konstruktion auftritt. Die Wärmebrücken sind durch Glasverbund, Rahmenmaterial und durch das Klemmsystem (mit Verschraubung) bedingt.

Die Konstruktion ist umso effektiver, je höher die erreichte Innentemperatur an dieser kritischen Stelle ist. Sofern die mit baulichen Massnahmen zu erreichende minimale Oberflächentemperatur im Winterfall bei den angestrebten Konditionen im Innenraum zu Kondensation führt, muss warme, trockene Luft an Fenstern und Oberlichtern eingeblasen werden. Idealerweise wird die Wirksamkeit dieser Massnahme an geeigneten Stellen der Konstruktion über Sensoren (Feuchte und Temperatur) überwacht. Zusammenfassend muss bei der Planung der Fassaden sowohl das System der Glasfassade als auch dessen Einbindung in die übrige Gebäudehülle zwingend als Ganzes betrachtet werden.

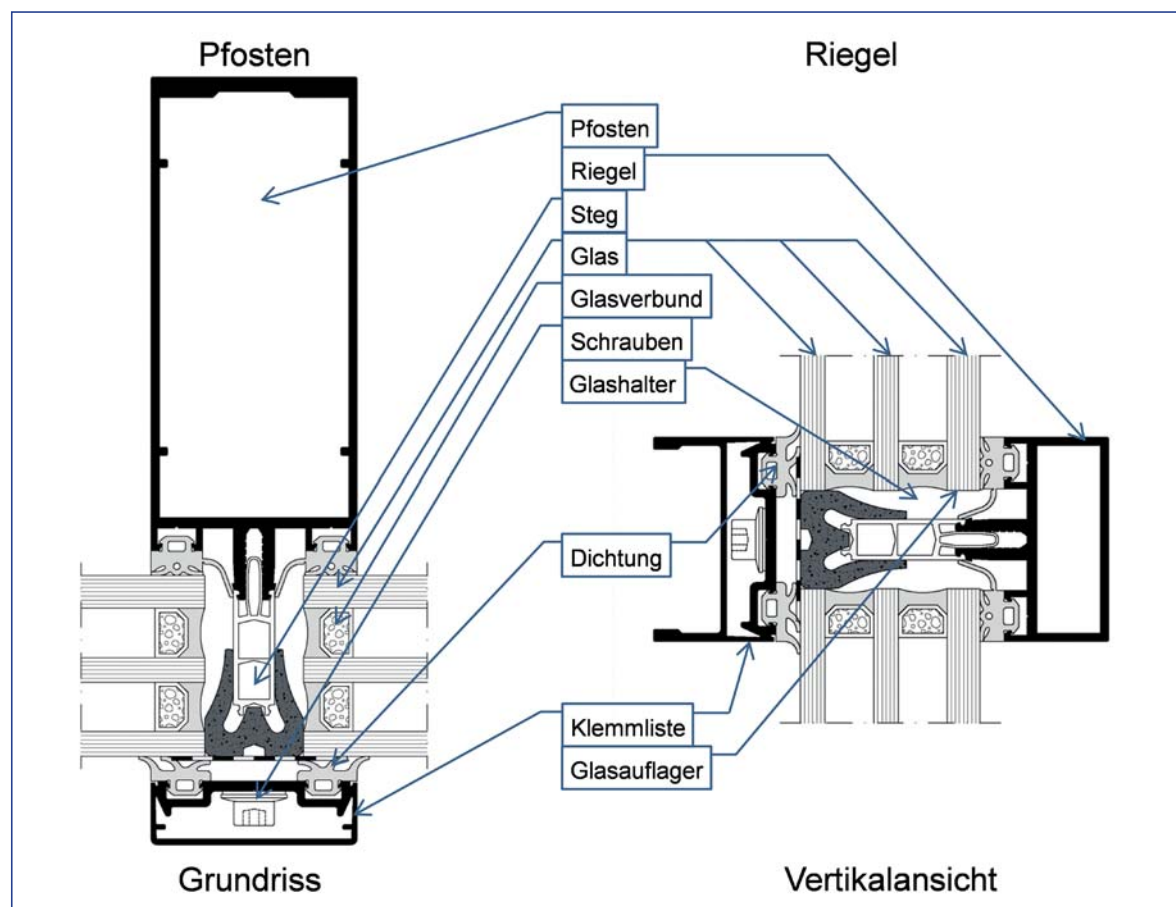


Abb. 28: Pfosten-Riegelkonstruktion mit Grundriss und Schnitt



Bei der Planung von Fassaden sollte hinsichtlich der Konstruktion besonders auf folgende Punkte geachtet werden:

- Es ist ein möglichst hochwertiger Glasrandverbund zu wählen
- Wenn möglich sollte der Scheibenabstand (zweimal) 18 mm betragen
- Metallische Glasräger sollten unbedingt vermieden werden
- Der Raum zwischen den Gläsern, dem Systemträger und der Anpresseleiste sollte möglichst vollständig und hochwertig gedämmt werden



Abb. 29:
Isometrie Doppelverglasung

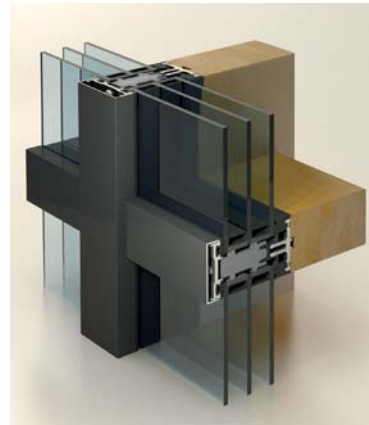


Abb. 30:
Isometrie Dreifachverglasung

Dreifach verglaste Konstruktionen sind durch das zusätzliche Glas etwa um die Hälfte schwerer, aber derzeit energetisch günstiger, als doppelt verglaste Konstruktionen.

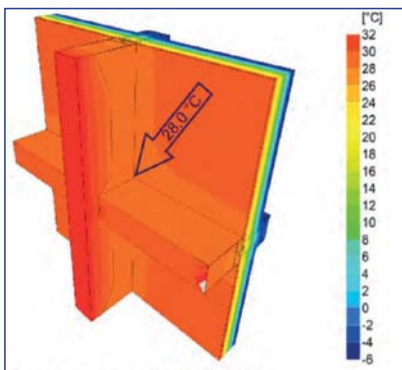


Abb. 31:
Wärmebild Pfosten-Riegel-Fassade
mit kritischer Ecke



Abb. 32:
Isometrie Leitungsführung und Lüftung



Abb. 33:
3D-Grafik Lufteinströmung bzw. Heizung

Das Weiterentwicklungspotenzial thermisch optimierter Pfosten-Riegel-Fassadensysteme wird als hoch eingeschätzt. Nachfolgenden werden einige Beispiele aktueller Ausführungsvarianten von Pfosten-Riegel-Fassaden umrissen. Die in den Ausführungsvarianten genannten Werte basieren auf Berechnungen mit teils stark vereinfachten Modellen.



3.6.3.1 Fassade mit Aluminiumtragstruktur

Pfosten und Riegel bestehen hier aus Aluminiumrohr, der Systemträger ist integriert. Es existieren unterschiedliche Materialkombinationen für das Material der Glasträger, der Schrauben, des Anpress- und Abdeckprofils sowie für die Verglasung.

Bei der heute im Bestand üblichen Aluminiumstandardfassade bestehen alle tragenden Teile und der Randverbund – ausser den Schrauben (Edelstahl aus Aluminium). Der typische Rahmen-U-Wert beträgt ca. $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, wird dieser in Verbindung mit einem Standardglas (U-Wert von $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) eingesetzt erzeugt dieses System bei 30°C Raumlufttemperatur und winterlichen Aussentemperaturen von -5°C bereits bei etwa 30% rel. Raumluftfeuchte Kondensation in den Glasrandecken. Im normalen Betrieb des Bades kommt es damit zwangsläufig zu Tauwasserausfall, der entweder toleriert, oder durch aufwendige Anlagentechnik (Lüftung) begrenzt werden muss.

Wird ein Glas-U-Wert von $0,61 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ in Kombination mit einem hochwertigem Kunststoffabstandhalter eingesetzt, zusätzlich der Hohlraum zwischen den Glasrändern, dem Systemträger und der Anpressleiste gedämmt (Rahmen-U-Wert ca. $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$), erhöht sich die maximale Raumluftfeuchte bis Kondensation bei gleichen Bedingungen bereits auf etwa 60%.

Wird zusätzlich der Glasträger und das Anpressprofil in GFK statt in Aluminium ausgeführt, sinkt der Wärmebrückenverlust signifikant auf etwa 10% des vorherigen Wertes – die Raumluftfeuchte vor Kondensation steigt auf etwa 70%. Diese Variante stellt das heute marktverfügbare Optimum bei Aluminiumfassaden dar.

3.6.3.2 Fassade mit Stahltragstruktur

Pfosten und Riegel bestehen aus Stahlrohr, der Systemträger ist integriert. Es existieren unterschiedliche Materialkombinationen für das Material der Glasträger, der Schrauben, des Anpress- und Abdeckprofils sowie für die Verglasung.

Bedingt durch den schlechteren Wärmeleitwert des Stahls sind hier die Wärmedurchgangs-Koeffizienten sowie die Wärmebrückenverlust-Koeffizienten etwas günstiger als die entsprechender Aluminiumkonstruktionen.

Andererseits wird durch die schlechtere Wärmeleitung weniger Wärme aus dem Innenbereich an die kalten Stellen geleitet, die minimalen Oberflächentemperaturen sind dadurch niedriger. Beim zum Abschnitt 3.6.3.1 Aluminiumtragstruktur vergleichbaren Aufbau des derzeit marktverfügbaren Optimums (hochwertige Verglasung, Hohlraumdämmung, Glasträger, Anpressprofile aus GFK...) liegt die Raumluftfeuchte vor Kondensation deshalb geringfügig niedriger, der Wärmedurchgangs-Koeffizient des Rahmens im vergleichbaren Bereich.

3.6.3.3 Fassade mit Holztragstruktur

Pfosten und Riegel bestehen aus Vollholz. Es existieren unterschiedliche Materialkombinationen für das Material der Glasträger, der Schrauben, des Anpress- und Abdeckprofils sowie für die Verglasung.

Für alle bereits im Abschnitt Aluminiumtragstruktur genannten Materialkombinationen für Glasträger, Anpress- und Abdeckprofile und Verglasung sind hier die Wärmedurchgangskoeffizienten und die Wärmebrückenverlust-Koeffizienten signifikant verbessert.

Die Wärme aus dem Gebäudeinnern wird durch das Holz schlechter in den Systemträger und somit insgesamt weniger Energie über diesen in die Umgebung geleitet. Dieser Effekt reduziert den Wärmeverlust erheblich, die minimalen Oberflächentemperaturen und damit die maximalen Luftfeuchten vor Kondensation sinken jedoch entsprechend.

Beim zum Abschnitt 3.6.3.1 Aluminiumtragstruktur vergleichbaren Aufbau des derzeit marktverfügbaren Optimums (hochwertige Verglasung, Hohlraumdämmung, Glasträger, Anpressprofile aus GFK...) liegt die Raumlufffeuchte vor Kondensation deshalb bei ca. 60 %.





3.7 Aussenbecken bzw. Aussenbäder

Ganzjährig beheizte Aussenbecken sind aus energetischer Sicht zu vermeiden – sie verursachen selbst bei optimaler Planung einen hohen Wärmeverlust und haben einen entsprechend grossen Anteil an der Heizlast des Hallenbades.

Der Gesetzgeber trägt diesem Umstand Rechnung, ein Aussenbecken darf nur mittels erneuerbarer Energien oder nicht anderweitig nutzbarer Abwärme beheizt werden. Zusätzlich ist zwingend eine Abdeckung ausserhalb der Betriebszeiten vorgeschrieben. Alternativ kann ausserhalb der Betriebszeiten der Beckeninhalt in ein isoliertes Speicherbecken oder ein Becken im Dämperimeter der Gebäudehülle umgepumpt werden.



Abb. 34:
äussere aufschwimmende Beckenabdeckung

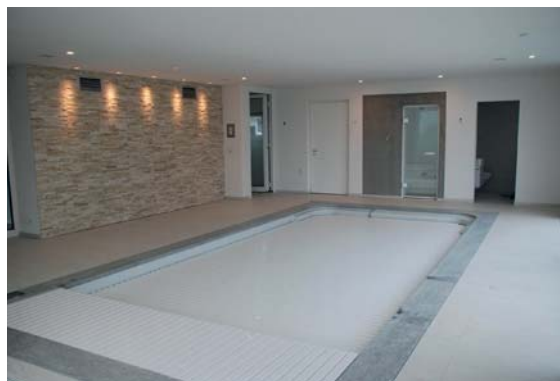


Abb. 35:
innere aufschwimmende Beckenabdeckung

Die Platzierung der Becken sollte in den am wenigsten gegen Wind und Wetter exponierten Bereichen erfolgen, zusätzliche Massnahmen zum Windschutz wie Hecken, Wände und Mauern sind vor allem in der Hauptwindrichtung einzuplanen.

Für die Nutzer besonders attraktiv ist ein Aussenbecken mit Ausschwimmkanal oder – bereich. Eine mit Badewasser gefüllte Verbindung vom Gebäudeinnern zum Aussenbecken ermöglicht den Einstieg im geschützten Inneren. Diese Verbindung muss – wie jeder häufig genutzte andere Eingang in das Gebäude – als Windfang oder Schleuse ausgeführt sein, um den ungehinderten Austausch von Innenluft mit der Umgebung zu unterbinden.

Bei der Planung dieses Übergangs sind die extremen Bedingungen in diesem Bereich unbedingt zu beachten. Das Temperaturgefälle ist sehr hoch – hier trifft die Umgebung direkt auf den wärmsten Bereich des Gebäudes. Die Atmosphäre und das Beckenwasser sind stark korrosionsfördernd (hohe Chloridkonzentration). Bei kalten Aussentemperaturen tritt an vielen Bauteilen zwangsläufig Kondensation auf, andere sind zeitweise eingetaucht, somit findet auf der Oberfläche der Bauteile eine Anreicherung von Chloriden statt.



3.8 Rutschbahnen

Die Temperaturunterschiede zwischen Rutschbahnen und der Umgebung sind im Hallenbad üblicherweise hoch. Um Energieverluste zu minimieren, sollten Rutschbahnen innerhalb des gedämmten Perimeters liegen. Idealerweise werden diese komplett innerhalb der Gebäudehülle geplant, wo dies nicht möglich ist, müssen die aussenliegenden Rutschbahnbereiche effizient gedämmt werden.



Abb. 36: Rutschbahn innerhalb des Dämmperimeters einplanen

3.9 Rücklaufrinnen

Die Auswahl der Rücklaufrinnen wird meist von gestalterischen und baulichen Gesichtspunkten sowie von der geplanten Nutzung des Beckens bestimmt. Die einzelnen Rinnentypen unterscheiden sich in der Lage des Wasserspiegels zum Beckenumgang, ihrem Platzbedarf im Beckenbereich und ihrer Fähigkeit, den Wellenschlag im Becken zu beruhigen oder zu reflektieren. Der Typ und die Gestaltung der Rinne beeinflusst in hohem Mass die Verdunstung des Beckenwassers



und über den Feuchtetransfer an die Hallenluft, somit die Energieeffizienz der Lüftung, ein Aspekt, der bei der Auswahl des Rinnentyps unbedingt beachtet werden muss.

Eine optimale Rinne leitet das Wasser mit geringer Turbulenz, ohne Sprühneigung und möglichst effizient zur Technik. Zusätzlich ermöglicht eine tiefliegende Rinne (Wasserspiegel tiefer als der Beckenumgang) über die Ausbildung einer wasserdampfgesättigten Sperrschicht eine starke Reduktion der Wasserverdunstung.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit zeigt der Vergleich von drei gängigen Rinnengestaltungen grundsätzliche Unterschiede:

Beim System St. Moritz liegt der Wasserspiegel höher als der Beckenumgang, das Wasser wird mässig beruhigt, es verdunstet relativ viel Wasser während des Überlaufs, da die Oberfläche und die Fallhöhe des Wassers im Vergleich relativ gross ist. Neben der Oberfläche spielen der Einlaufwinkel und die Geometrie der Wasserführung sowie der Wellenschlag für die Verdunstung eine Rolle.

Das Rinnensystem Finnland, mit Wasserspiegel auf Höhe Beckenumgang zeichnet sich durch gute Wellenberuhigung aus. Die Geräuschemissionen und die Verdunstung wird hier wie auch beim System St. Moritz massgeblich von der Geometrie der Rinne beeinflusst – flache Einlaufwinkel und eine strömungsoptimierte Auflagekante für den Rinnenrost optimieren diese Eigenschaften. Beiden Rinnentypen ist auch der relativ hohe Platzbedarf durch die im Beckenumgang liegende Ablaufrinne gemeinsam.

Die Bamberger Rinne, welche laut Hersteller auf besonders geringe Verdunstung optimiert ist, steht hier auch für vergleichbare andere, tiefliegende Rinnensysteme. Durch ihre tiefe Lage begünstigen diese die Ausbildung einer ruhigen, dampfgesättigten Luftschicht über dem Wasser, die Verdunstung über die Wasseroberfläche nimmt stark ab. Weitere Eigenschaften sind der geringe Platzbedarf im Umgang und eine relativ starke Reflexion grosser Wellen.

System St. Moritz

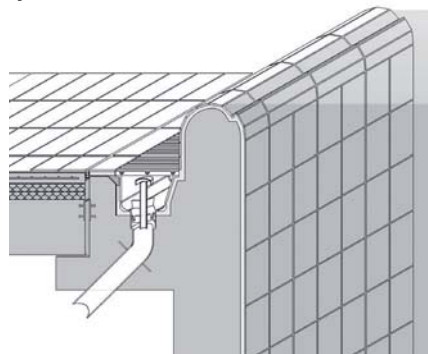


Abb. 37: Rinnensystem St. Moritz mit hohem Wasserstand, relativ viel Verdunstungsfläche und Geräuschemission

System Finnland

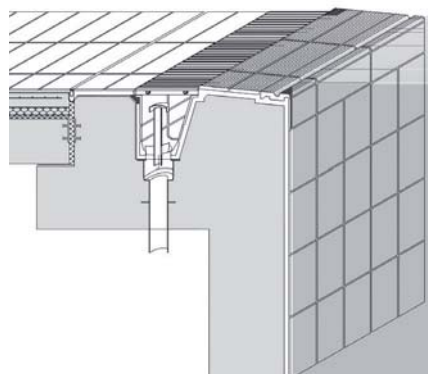


Abb. 38: Rinnensystem Finnland mit ebenem Wasserstand und recht guter Wellenabsorption

System Bamberg

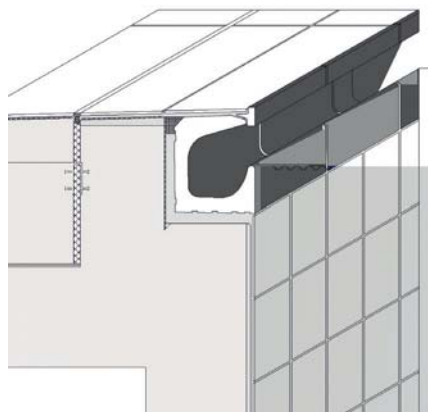
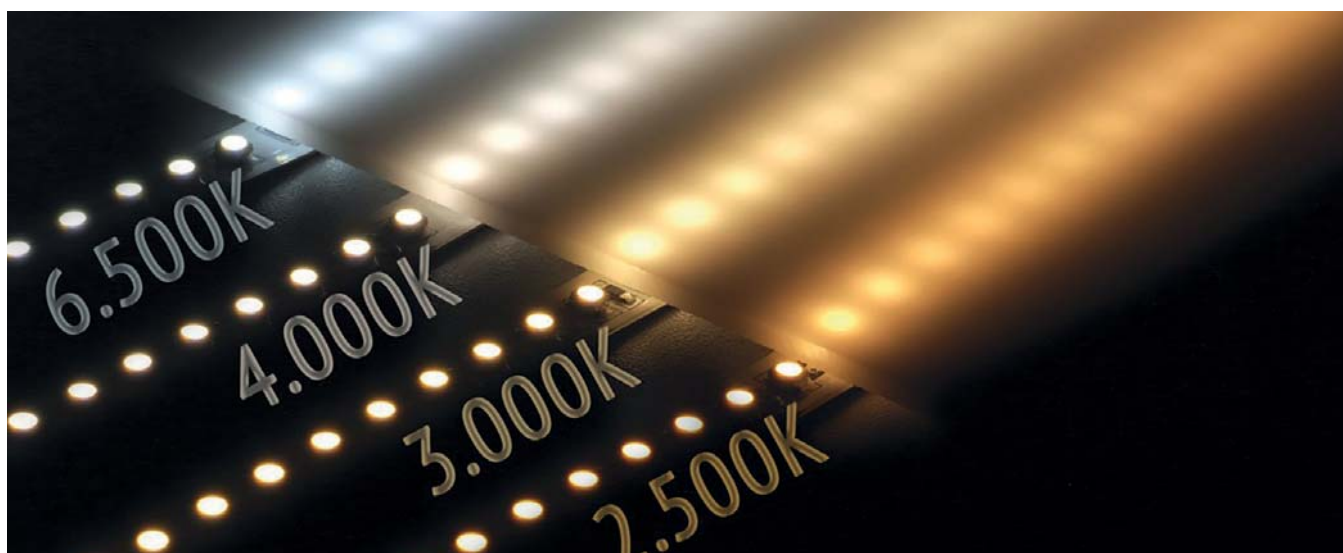


Abb. 39: Rinnensystem Bamberger mit tiefem Wasserstand, geringer Verdunstung und Geräuschemission





4

**STEIGERUNG DER
ENERGIEEFFIZIENZ IN
DEN EINZELNEN GEWERKEN**



4 Steigerung der Energieeffizienz in den einzelnen Gewerken

4.1	Sanitäreinrichtungen	85
4.1.1	Wassersparen	85
4.2	Elektrotechnik	86
4.2.1	Energieeffizienzklassen	86
4.2.2	Netzqualität	87
4.2.3	Blindstromkompensation	87
4.2.4	Beleuchtung	88
4.2.5	Antriebsanlaufverhalten	97
4.3	Badewasseraufbereitung	98
4.3.1	Volumenstrom	98
4.3.2	Beckenhydraulik	102
4.3.3	Teillastbetrieb	103
4.3.4	Filtersysteme	104
4.3.5	Betriebskosten	109
4.4	Umwälzpumpen	113
4.4.1	Pumpenarten	113
4.4.2	Systeme	115
4.4.3	Hinweise zur Auslegung	116
4.4.4	Rechtliche Hinweise	119
4.4.5	Hinweise zum Betrieb	120
4.5	Ventilatoren	123
4.5.1	Bedeutung	123
4.5.2	Effiziente Luftförderung	123
4.6	Fensterfassadenbelüftung im Schwimmbadbau	130
4.7	Lastmanagement (Planung und Betrieb)	131
4.7.1	Elektro	131
4.7.2	Wärme	132
4.7.3	Wärmekraftkoppelung	133
4.8	Gebäudeautomation	134
4.8.1	Energiemanagementsystem (EMS)	135





4.1 Sanitäreinrichtungen

4.1.1 Wassersparen

Unter dem Aspekt „Energieeffizienz in Hallen- und Freibädern“ muss auch die Thematik Wassersparen behandelt werden. Obschon definitionsgemäss in einem Hallen- und Freibad das Element Wasser erlebt werden soll, muss für einen effizienten Betrieb möglichst wenig Frischwasser verwendet werden. Im Sanitärbereich wird dies durch verschiedene Massnahmen erreicht:

- Wassersparende Armaturen verwenden:
Grundsätzlich sollen wassersparende Armaturen verwendet werden. Dies vor allem im Bereich der Duschen, aber auch bei Waschtischen. Im Saunabereich sollen Kaltwasserattraktionen mit hohem Wasserverbrauch sparsam eingesetzt werden.
- Wasserlose Pissoirs:
Der Einsatz von wasserlosen Pissoirs hat sich in den letzten Jahren etabliert und kann auch in einem Hallen- und Freibad eingesetzt werden.
- Mehrfachnutzung des abgebadeten Wassers:
Das abgebadete Wasser kann in verschiedenen Bereichen wieder verwendet werden. Bewährt hat sich die Wiederverwendung für die Flächenreinigung sowie die WC-Spülung. In Freibädern kann das abgebadete Wasser auch zur Bewässerung verwendet werden.

4.2 Elektrotechnik

4.2.1 Energieeffizienzklassen

In Schwimmbädern sind diverse elektrische Antriebe beinahe kontinuierlich in Betrieb, wie z. B. Filterpumpen oder Ventilatoren in Lüftungsgeräten. Bei diesen Aggregaten mit hohen Laufzeiten lohnt sich die Investition in Motoren mit der höchsten Effizienzklasse. Bei Elektromotoren machen die Stromkosten über die Lebensdauer häufig 90% oder mehr der Gesamtkosten aus. Die Investitionskosten für effiziente Motoren amortisieren sich innerhalb weniger Jahre.

Die eidgenössische Energieverordnung schreibt vor, dass ab 2017 neue Elektromotoren mit einer Leistung zwischen 0,75 und 375 kW die Energieeffizienzklasse IE3 erfüllen müssen. IE = International Efficiency, nach IEC 60034-30 und EU-Verordnung 640/2009. Alternativ können Motoren mit IE2 und Frequenzumrichter eingesetzt werden.

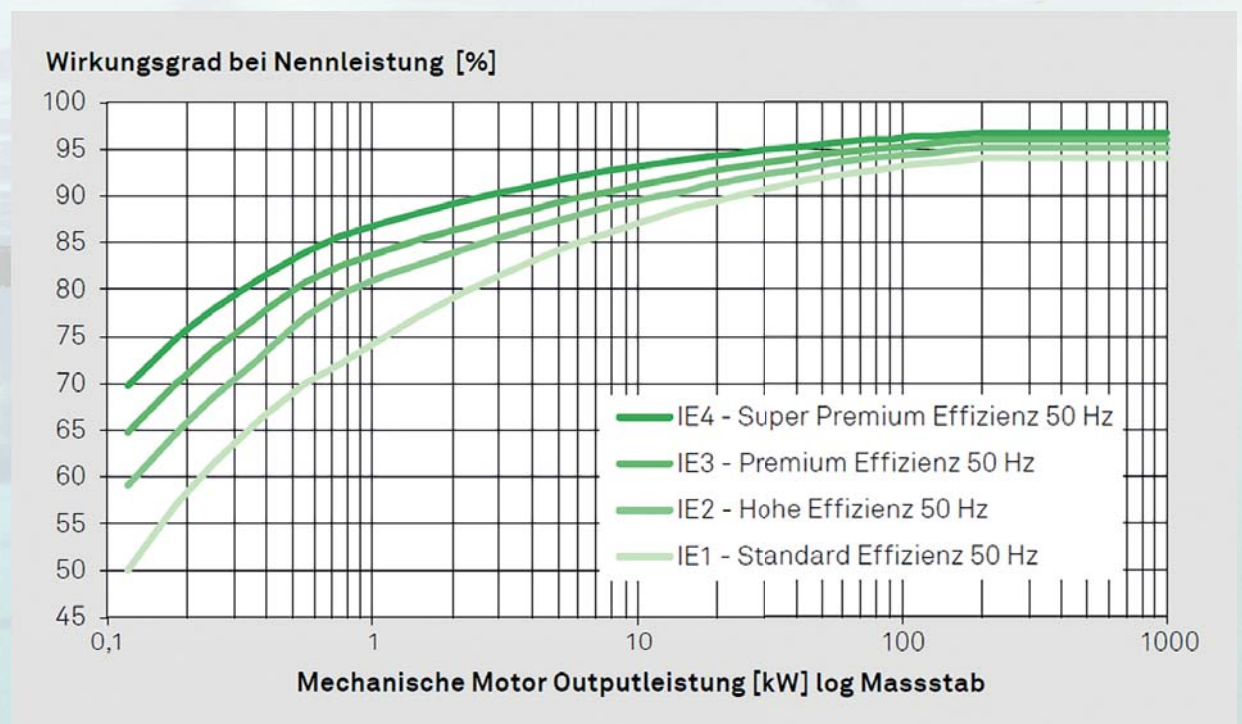


Abb. 1: Energieeffizienzklassen von Elektromotoren

Aggregate, welche nur wenige Stunden pro Jahr laufen, haben nur einen geringen Stromverbrauch und dürfen weiterhin mit IE1-Motoren (Standardwirkungsgrad) betrieben werden. Ebenfalls ausgenommen sind Motoren in Tauchpumpen.



4.2.2 Netzqualität

Ein wichtiger Faktor für die reibungslose Funktion von elektrotechnischen Anlagen und Geräten ist eine ausreichende Qualität der Versorgungsspannung bzw. der Stromversorgung.

Störungen und Einflüsse, welche durch Einschaltvorgänge, Anlaufströme, Dimmer, Schaltnetzteile, Frequenzumrichter usw. verursacht werden, gefährden Geräte und Systeme in ihrer Betriebssicherheit. Statt der normalen Sinuswellen werden über die Netze immer stärker verzerrte Signale ausgesendet. Diese Probleme lassen sich nicht einfach erkennen und können zusätzliche Kosten für den Betreiber von elektrischen Anlagen verursachen. Durch Überlastung und zusätzliche Erwärmung von Schaltnetzteilen, Netzgeräten und Steuertransformatoren etc. müssen diese früher ersetzt werden.

Je nach Konfiguration der überlagerten Frequenzen können verursacht durch diese Netzverzerrungen Nullleiterströme stark ansteigen oder hohe Magnetisierungsverluste in Transformatoren und direkt betriebenen Drehstrommotoren hervorgerufen werden.

Grundsätzlich sollen dort lokale Massnahmen durch den Netzbetreiber ergriffen werden, wo diese Netzverunreinigungen entstehen, so dass auf zentrale Netzfilteranlagen verzichtet werden kann.

4.2.3 Blindstromkompensation

Mit einer Blindstromkompensations-Anlage kann je nach vorliegender Situation ein nicht unwesentlicher Teil der Energiekosten gespart werden. Energie wird so aber tatsächlich nur sehr wenig gespart.

In Hallenbädern werden die grössten Anteile der Blindströme durch Verbraucher mit hohen Induktivitäten wie die Asynchronmotoren der grossen Umwälzpumpen erzeugt. Diese Blindströme wandern zwischen Elektromotor und Versorgungsnetz (Trafostation) hin und her. Grundsätzlich ist Blindleistung gratis und muss dem Energieversorger nicht bezahlt werden. Wird ein gewisser Blindstromanteil jedoch überschritten, muss eine „Busse“, d.h. eine Abgabe pro bezogene Blindleistung bezahlt werden. Unabhängig von der wirtschaftlichen Überlegung bei der Anschaffung einer Blindleistungskompensation erzeugt dieser Blindstrom in der Zuleitung zwischen Motor und Versorgungsnetz Wärme und somit eine Verlustleistung, welche meistens jedoch sehr gering ist.

Bereits seit Jahren nehmen die Dimensionen der Blindstromkompensationen massiv ab oder sind gar nicht mehr zwingend notwendig, da der Anteil Blindstrom massiv zurückgegangen ist, weil die grossen Verbraucher bzw. massgeblichen Blindstromproduzenten geregelt, d. h. über einen Frequenzumformer angesteuert werden. Natürlich ist der Blindstrom nicht einfach verschwunden, sondern fliesst nun nur noch zwischen Elektromotor und Frequenzumformer hin und her.

Kurzer Ausblick bzw. Rückblick der neuen Herausforderung:

Diese geregelten Antriebe gelten aus Sicht des Versorgungsnetzes als nichtlineare Verbraucher und verursachen keinen Blindstrom mehr, jedoch belasten sie nun das Versorgungsnetz mit Netzrückwirkungen (siehe dazu Kapitel 4.2.2).

Deshalb sollen zukünftig vor allem Massnahmen getroffen werden, welche das Versorgungsnetz schützen und gleichzeitig allfällige überhöhte Blindstromanteile reduzieren.



4.2.4 Beleuchtung

In Hallenbädern beansprucht das Licht rund 13 % des Stromverbrauchs und hat damit nach den Antrieben für die Wasseraufbereitung und die Lüftung einen wesentlichen Anteil am Gesamtstromverbrauch.

4.2.4.1 Grundgrößen der Lichttechnik

Licht ist jener Teil der elektromagnetischen Strahlung, der von unseren Augen wahrgenommen wird. Bei Tageslicht sehen wir Farben, in der Nacht hingegen nur Grauwerte. Licht ist unser Zeitgeber und steuert unseren Tag-Nacht-Rhythmus. Um Licht auf eine angenehme Weise wahrzunehmen, sind viele Faktoren relevant. Zur Quantifizierung der Qualität des Lichts kann der Farbwiedergabe-Index dienen. Ein Leuchtmittel mit einem Farbwiedergabe-Index $R_a = 100$ verfügt über eine ideale Farbwiedergabe. Ein weiteres Qualitätsmerkmal ist die Farbtemperatur. In der Praxis haben sich drei Farbtemperaturen etabliert. Warmweiss 2 700 bis 3 300K, Neutralweiss 3300 bis 5000K und Tageslicht Kaltweiss $>5500K$. Abbildung 2 veranschaulicht die verschiedenen Farbtemperaturen.

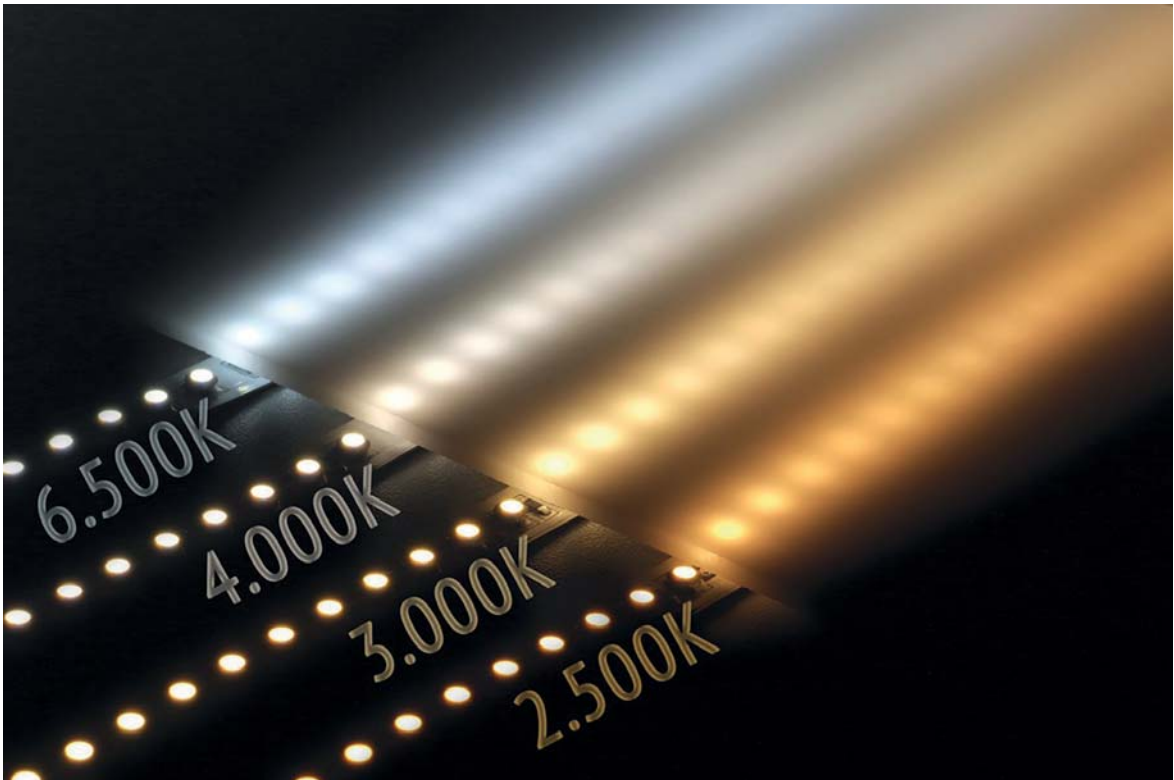


Abb. 2: Farbtemperaturen



- **Lichtstrom Lumen[lm]**

Der Lichtstrom beschreibt die von der Lichtquelle abgegebene Lichtmenge, wie viel Lichtleistung eine Lichtquelle erzeugt, in alle Richtungen.

- **Lichtstärke Candela[cd]**

Diese gibt an, mit welchem Lichtstrom eine Lichtquelle in einen bestimmten Raumwinkel leuchtet. Die Lichtstrahlen können mit Reflektoren in die nötige Richtung gelenkt werden.

- **Beleuchtungsstärke Lux[lx]**

Die Beleuchtungsstärke beschreibt die Menge des Lichtstroms, die auf eine Fläche [lm/m^2] auftrifft.

- **Leuchtdichte L [cd/m^2]**

Die Leuchtdichte bestimmt die effektive Helligkeit, welche von den menschlichen Augen wahrgenommen wird.

- **Farbtemperatur T_f Kelvin[K]**

Mit der Farbtemperatur wird die Lichtfarbe einer Lichtquelle charakterisiert. Als Vergleichsobjekt der Farbtemperatur dient der schwarze Körper (glühendes Titan), den man erhitzt und der bei bestimmten Temperaturen ganz bestimmte Farben annimmt. Stimmt nun die Lichtfarbe einer Lampe mit der Farbe des schwarzen Körpers überein, so ordnet man ihr seine Temperatur in Kelvin als Farbtemperatur zu. Glühlampen werden auch als Temperaturstrahler bezeichnet, deren Wendeltemperatur beträgt etwa 2700 Kelvin und strahlt rötlich-weisses Licht aus. Bei Leuchtstofflampen wird die Röhreninnenwand mit Leuchtstoffen verschiedener Zusammensetzung beschichtet, durch diese Beschichtung kann die Farbtemperatur bestimmt werden. Bei LEDs wird die Farbtemperatur berechnet.

- **Farbwiedergabe-Index [R_a]**

Der Farbwiedergabe-Index ist eine Zahl einer photometrischen Grösse, mit der die Qualität der Farbwiedergabe von Lichtquellen gleicher Farbtemperatur beschrieben wird.

In der folgenden Tabelle werden der Farbwiedergabe-Index, die Farbtemperatur und die Lichtausbeute für die einzelnen Lichtquellen aufgezählt.



Tabelle: Energievorkehrungen bei unterschiedlichen Raumanforderungen

Lichtquelle	Farbwiedergabe-Index [R _a]	Farbtemperatur T _F in [K]	Lichtausbeute in lm/W
Glühlampe	100	2800	10 bis 15
Halogenglühlampe	100	3100 bis 3400	15 bis 25
Leuchtstofflampen	60 bis >90	2800 bis 8000	60 bis 100
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	45	2900 bis 4200	40 bis 55
Natriumdampf-Hochdrucklampen	25 bis >80	2000 bis 2200	100 bis 150
Halogen-Metall dampflampen	60 bis >90	3000 bis 6000	60 bis 100
Natriumdampf-Niederdrucklampe	<10	2000	150 bis 200
LED	70 bis >90	2600 bis 10'000	60 bis 140
OLED	80 bis >90	3000 bis 10'000	60 bis 100

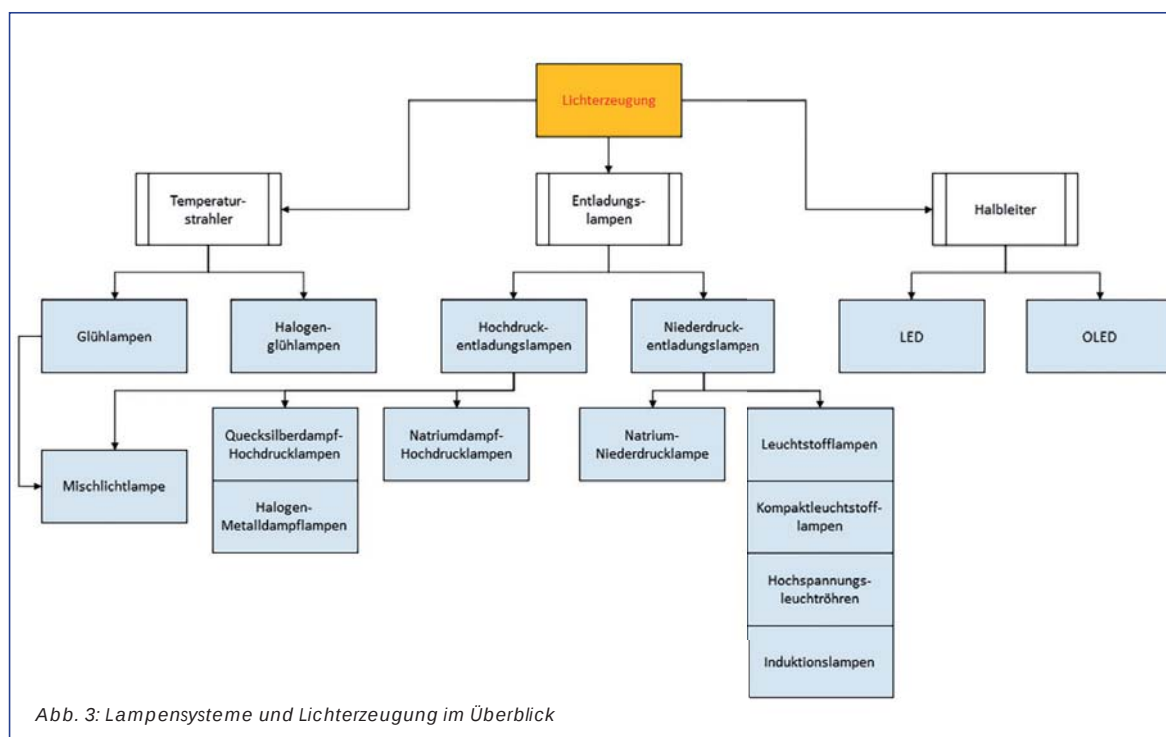


4.2.4.2 Lichtausbeute, Energieeffizienz

Verschiedene Leuchtmittel lassen sich einfach durch ihre Effizienz unterscheiden, mit welcher sie elektrischen Strom in Lichtstrom umwandeln. Der Verlust wird der Umgebung als Wärme abgegeben. Die Nachfrage nach effizienten Leuchtmitteln wurde der Glühlampe zum Verhängnis. Besonders ineffiziente Glühlampen dürfen seit dem 1. Januar 2009 nicht mehr in der Schweiz verkauft werden. Ab diesem Tag wurden Glühlampen über 60 Watt verboten. Das führte auf dem Markt zur Suche nach neuen effizienten Leuchttypen. Kompaktleuchtstoff-Lampen überzeugen im Wohnbereich ästhetisch nicht und das Dimmen ist auch problematisch. Eine lange Wartezeit bis zur völligen Helligkeit der Kompaktleuchtstoff-Lampen beschränkt den Einsatzbereich, somit kann eine Kompaktleuchtstoff-Lampe nicht als Durchgangsbeleuchtung oder für Räume mit kurzer Anwesenheit eingesetzt werden. In diesen Fällen geht mit häufigem Ein- und Ausschalten die Lebensdauer der Kompaktleuchtstoff-Lampen markant zurück.

4.2.4.3 Übersicht über die Lampensysteme

Auf der folgenden Abbildung ist die Einteilung der Lampensysteme ersichtlich. In diesem Leitfaden werden nur die meist verwendeten Lampentypen näher beschrieben, welche auch in Hallen- und Freibädern ihren Einsatz finden.





Glühlampen

Die Glühlampen gehören zur Kategorie der Temperaturstrahler. Bei den Glühlampen wird ein sehr dünner Wolframdraht als Einfachwendel oder Doppelwendel mit einem Durchmesser von einigen Hundertstel Millimetern durch einen Stromdurchfluss auf die Betriebstemperatur von ca. 2 700K gebracht. Die klassische Glühlampe hat keine gerichtete Lichtstromverteilung und eine schlechte Energieeffizienz mit einer Lichtausbeute von 10 bis 15 Lumen pro Watt. Aus diesem Grund wurde der Vertrieb für einige Glühlampen verboten. Allerdings werden für Spezialanwendungen noch Glühlampen in der klassischen Kolbenform meist kleiner Leistung bis 500W hergestellt.

Halogenglühlampen sind ähnlich wie normale Glühlampen, einfach mit einer höheren Betriebstemperatur und damit weisserem Licht bei einer Farbtemperatur von 2 800K bis 3 100K. Diese höhere Temperatur ergibt eine grössere Lichtausbeute bis 25lm/W bei einer Lebensdauer von 1 500h bis 5 000h.

Als Füllgas wird bei der Halogenglühlampe Jod oder eine Bromverbindung zugesetzt. Dieses Füllgas bewirkt, dass der Verdampfungsprozess des Wolframs verlangsamt wird und es zu einem sogenannten Kreisprozess kommt. Die kompakte Bauform erlaubt auch eine sehr gute Lichtführung innerhalb einer Leuchte. Verglichen mit der Glühlampe haben Halogenglühlampen die folgenden Vorteile:

- Kleines Bauvolumen
- Höhere Lichtausbeute
- Praktisch keine Kolbenschwärzung
- Längere Lebensdauer



Abb.4: Vergleich Glühlampe und Halogenglühlampe

In der Gasentladung werden durch den Stromfluss die verschiedenen Elemente angeregt und geben diese Energie in Form von Strahlung ab. Die Zündspannung von Halogen-Metall dampflampen ist höher als die Netzspannung. Dadurch wird noch ein Zündgerät oder ein Starter benötigt. Gegenüber den Halogenglühlampen und den Leuchtstofflampen haben moderne Halogen-Metall dampflampen folgende Vorteile:

- Längere Lebensdauer
- Grosse Leuchtdichte
- Lichtausbeute 60 bis 100lm/W
- Längere Lebensdauer



Abb. 6: Halogen-Metall dampflampen

Nachteile:

- Wiedereinschaltung nach Betrieb erst nach Abkühlung oder mit spezieller Sofortwiederzündung
- Braucht für den Betrieb zusätzlich eine Steuerung
- Entsorgung
- Anschaffungskosten

Das Dimmen dieser Lampen bis 60 % ist bei gewissen Herstellern und Leistungen möglich. Innerhalb dieses Bereiches ändert sich der Farbton nur minimal, allerdings tritt bei weiterer Absenkung eine Verschiebung des Farbtones ins Grünliche auf.

LED und OLED

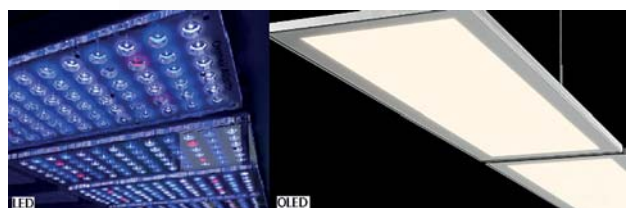
LED steht für die Abkürzung „Light emitting Diode (Licht emittierende Diode)“ und ist ein elektronisches Halbleiter-Bauelement. Sobald ein elektrischer Strom in Durchflussrichtung durch die Diode fließt, beginnt sie zu leuchten. Das Licht wird durch unterschiedliche Halbleitermaterialien direkt in verschiedenen Farben erzeugt. LEDs werden mit Gleichspannung betrieben. Dadurch benötigen sie einen Konverter als Spannungswandler. Es entsteht fast kein Energieverlust durch Wärmeentwicklung und auch keine UV-Strahlen. OLEDs sind Flächenstrahler und LEDs sind Punktlichtquellen.

OLED steht für organische Leuchtdioden und besteht aus mehreren organischen Halbleiterschichten zwischen zwei Elektroden. Organische Halbleiter basieren auf kohlenstoffhaltigen Materialien. Sie strahlen ein diffuses Licht aus und werden dadurch vorwiegend für dekorative Einsatzbereiche eingesetzt. Langfristig werden OLEDs immer mehr an Bedeutung und an Marktanteil gewinnen. Gegenüber den anderen Leuchttypen haben moderne LEDs und OLEDs folgende Vorteile:

- Lange Lebensdauer
- Gute Energieeffizienz
- Kompakte Bauweise

Nachteil:

- Anschaffungskosten für OLED





4.2.4.4 Beleuchtung in Hallen und Freibädern

Die Richtlinien der Schweizer Licht Gesellschaft SLG Teil 5 gelten für die natürliche und künstliche Beleuchtung von Hallenbädern sowie die künstliche Beleuchtung von Freibädern. Die Beleuchtung soll die Wahrnehmung von Personen, Einrichtungen, Spiel- und Sportgeräten inner- und ausserhalb des Wassers ermöglichen. Idealerweise wird eine Direktbeleuchtung bevorzugt mit einer Beleuchtungsstärke von 300 Lux für Lehrschwimmbecken und 500 Lux für Wettkampfanlagen. Bei indirekter Beleuchtung ist eine Unterwasserbeleuchtung empfehlenswert, um die geforderten Sehbedingungen im Wasser zu erzielen. Ebenso ist die Unterwasserbeleuchtung für Sportwettkämpfe erforderlich, damit die Bewegungen der Sportler unter der Wasseroberfläche beobachtet werden können.

Quelle: Schweizer Licht Gesellschaft SLG.

Beleuchtung Becken und Wasserfläche

In den meisten Fällen werden grössere Schwimmbecken mit Halogen-Metall dampflampen beleuchtet. Diese Art der Beleuchtung ermöglicht mit geringer Anzahl Lampen eine gleichmässige Beleuchtung. Um zu vermeiden, dass sich Reflexzonen bilden, eignet sich diese Beleuchtung mit hoher Leuchtdichte bestens. Eine Beleuchtungsstärke von 300 Lux und ein Farbwiedergabe-Index $R_a=60$ wird für den Beckenbereich und seine Umgebung empfohlen. Mittlerweile erreichen auch LEDs und OLEDs Lichtströme, welche für die Beleuchtung grosser Wasserflächen ausreichen.

Unterwasserbeleuchtung

Der Zweck einer Unterwasserbeleuchtung ist das Erhöhen der Sicherheit für die Badenden. Dadurch hat der Bademeister eine bessere Sicht in das ganze Becken. Zudem führt die Unterwasserbeleuchtung zu einer ästhetischen Aufwertung des Beckens. Eine optimale Unterwasserbeleuchtung erfordert einen Lichtstrom von ca. 500–700 (für Wettkämpfe 2000) Lumen pro Quadratmeter Beckenbodefläche. Für eine gleichmässige Ausleuchtung soll der Lampenabstand 2 – 3 m betragen.

Beleuchtung Nebenräume

Nebenräume wie Garderoben, Duschen, Eingang und Technikraum sollen weitmöglichst energieeffizient installiert und betrieben werden. Einfache Schaltungen über Bewegungsmelder sind kostengünstig und wartungsarm. Bei grösseren Installationen ist eine Lichtsteuerung zu prüfen. Die Installation soll zukunftsorientiert mit LED erfolgen.

Sicherheitsbeleuchtung

Die Notbeleuchtung stellt bei Stromausfall eine minimale Beleuchtung sicher, um so den Personen das gefahrlose Verlassen eines Gebäudes bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung zu ermöglichen. Bei der Planung und beim Betrieb ist zu achten, dass die Sehleistung von Person zu Person unterschiedlich ist. Auf den Stromverbrauch eines Hallenbads hat die Sicherheitsbeleuchtung vernachlässigbaren Einfluss.



Lichtsteuerung

Intelligente Schaltung der Beleuchtung

Neben den Einsatz von energieeffizienten Leuchtmitteln spart vor allem das Abschalten der Leuchten Strom. Eine intelligente Lichtsteuerung berücksichtigt das natürliche Tageslicht und reduziert die Beleuchtungsstärke der künstlichen Beleuchtung entsprechend. Das reduziert den Energiebedarf und erhöht dazu noch die Qualität. Um solch eine Automatisierung zu realisieren, müssen Zeitprogramme hinterlegt oder Helligkeitssensoren eingesetzt werden. Die Automation kann über einfache Lichtsteuerungen wie DALI (Digital Addressable Lighting Interface), KNX (Gebäudeautomation) und SPS (Speicherprogrammierte Steuerung) realisiert werden.

Lichtsteuerung mit Präsenzmelder

Eine einfache Installation mit einem Bewegungsmelder ermöglicht eine automatische Ein- und Ausschaltung der Beleuchtung. Solch eine Installation eignet sich z. B. für Treppenhäuser, Lagerräume und Toiletten wie auch diverse andere Räumlichkeiten. Nach einer definierten Zeitdauer nach dem Einschalten wird die Beleuchtung gedimmt oder ausgeschaltet.

Lichtsteuerung nach Zeitpunkt

Die Beleuchtung wird durch eine Steuerung oder durch Betätigen eines Tasters eingeschaltet. Nach diesem Vorgang wird die Beleuchtung zu einer bestimmten Zeit automatisch ausgeschaltet. Die Beleuchtung kann zur Vorwarnung der Nutzer kurz blinken und erst dann abschalten oder nur bis zu einem bestimmten Wert gedimmt werden. Solch eine Installation eignet sich z. B. für Schulhäuser, öffentliche Räume, Gewerbe.

Lichtsteuerung nach Tageslicht

Über einen Helligkeitsfühler im Raum wird die künstliche Beleuchtung auf den benötigten voreingestellten Wert gedimmt. Dadurch wird die Beleuchtungsstärke in diesem Wert zu jeder Zeit gehalten, so dass das einfallende Tageslicht genutzt und zugleich die Energieeffizienz gesteigert wird. Diese Steuerung ermöglicht eine Energieeinsparung von bis zu 35 %.

Gutes Licht erhöht das Wohlbefinden der Gäste und Mitarbeiter im Hallenbad. Tiefer Energieverbrauch und geringere Wärmeabstrahlung sind das Resultat gut geplanter Beleuchtung. Wichtig für die effiziente Beleuchtung sind Lampen mit hoher Lichtausbeute, Vorschaltgeräte mit hohem Wirkungsgrad und das Abschalten nicht benötigter Leuchten.



4.2.5 Antriebsanlaufverhalten

Elektrische Antriebe sind die grössten Stromverbraucher in einem Bad. Das Antriebsanlaufverhalten elektrischer Antriebe führt nicht direkt zu einer Einsparung an Energie in kWh, sondern zur Reduktion der Strom- und damit Leistungsspitzen also von kW. Dennoch ist bei Aggregaten wie Ventilatoren in Lüftungsgeräten und Filterpumpen in der Badewasseraufbereitung der Einsatz von Frequenzumformern sinnvoll, da damit die Möglichkeit besteht, die Aggregate im Teillastbereich zu fahren und damit viel Energie zu sparen.

Direktantrieb

Diese Aggregate werden direkt am Versorgungsnetz betrieben. Kein Energieeinsparpotenzial vorhanden.

Stern-Dreieck

Wird heute praktisch nicht mehr eingesetzt.

Softstarter

Diese Aggregate werden langsam, also nicht mit voller Leistung gestartet. Nach der Hochlaufzeit wird das Aggregat jedoch ungeregelt direkt am Versorgungsnetz betrieben. Sehr geringes Energiesparpotenzial (kWh), da nur während der Hochlaufphase die Strom- und Leistungsspitzen minimiert werden.

Frequenzumrichter

Es macht in den wenigsten Fällen Sinn, einen Frequenzumrichter nur wegen des Startvorganges einzubauen. Dank dem Frequenzumrichter werden die Aggregate nicht mehr direkt von der vollen Energiezufuhr vom Versorgungsnetz, sondern je nach Bedarf durch den Frequenzumrichter geregelt.

Die grossen Stromverbraucher im Hallenbad wie etwa die Pumpensysteme weisen im Teillastbetrieb ein enormes Energiesparpotenzial (kWh) auf. Die Leistungsaufnahme der Pumpen steigt mit der dritten Potenz des Durchflusses.

Eine Verdoppelung des Volumenstroms führt zu einer Verachtfachung des Strombedarfs. Umgekehrt nimmt eine Pumpe bei halbem Volumenstrom nur einen Achtel der elektrischen Leistung auf, welche sie bei vollem Volumenstrom bräuchte.



4.3 Badewasseraufbereitung

4.3.1 Volumenstrom

Allgemein lässt sich ein hygienisch einwandfreies Beckenwasser nur dann einhalten, wenn die von den Badegästen eingetragenen Verunreinigungen durch die Aufbereitung und Desinfektion wieder entfernt werden.

Jede Badewasseraufbereitungs-Anlage muss daher so bemessen sein, dass sie auch bei maximaler Auslastung des Schwimmbades nicht überlastet ist. Die Dimensionierung für die aufzubereitende Wassermenge ergibt sich aus der Beckenart, der Aufbereitungsleistung und der Wassertemperatur sowie den zu erfüllenden bakteriologischen, physikalischen und chemischen Anforderungen.





4.3.1.1 Bemessung des Volumenstroms

Beim Bau von neuen Gemeinschaftsbädern muss die Auslegung des Volumenstroms nach der SIA-Norm SIA 385/9 erfolgen. Bei der Planung stehen bei neuen Anlagen keine gesicherten Angaben über eine zuverlässige Besucherfrequenz zur Verfügung. Bei der Erneuerung oder Sanierung von bestehenden Anlagen liegen hingegen in der Regel die Besucherzahlen vor, sodass die Leistung der Anlage (Volumenstrom) gemäss den bisherigen oder den neu zu erwartenden Besucherzahlen zuverlässiger berechnet werden kann.

In der SIA-Norm 385/9 sind die Volumenströme für die verschiedenen Beckenarten gemäss nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Gemäss: SIA-Norm 385/9: 2011, Kap. 4.1.2 ff entscheiden einzig die Wassertiefenbereiche über die Nutzung des Beckens und die Bemessung der Wasseraufbereitung.

0,00 ... 0,50 m	Planschbecken	Die nebenstehenden Wassertiefen sind nicht als Empfehlung zu verstehen, sondern nur für die Zuordnung der nachfolgenden Tabelle
0,60 ... 1,35 m	Nichtschwimmerbecken	
1,35 ... 2,20 m	Schwimmerbecken	
3,40 ... 5,00 m	Springerbecken	

Demnach sind Becken mit mehreren Tiefenbereichen entsprechend den Flächenanteilen der verschiedenen Tiefenbereiche berechnet.

In jedem Badebecken müssen (bei Aufbereitungssystemen mit einem Belastbarkeitsfaktor $k = 0,5 \text{ m}^{-3}$) pro Person mindestens 2 m^3 aufbereitetes Wasser zur Verfügung gestellt werden.

Anhand der Berechnungsgrundlagen der SIA-Norm 385/9: 2011 im Anhang A sind die Volumenströme für die verschiedenen Becken berechnet und in der Tabelle 3 angegeben. Für die nachfolgende Tabelle sind ein Belastbarkeitsfaktor von $k = 0,5 \text{ m}^{-3}$ sowie die Personenfrequenzen gemäss „Standardnutzung“ gemäss SIA 385/9: 2011 zu Grunde gelegt. Bei Abweichungen verändern sich die Volumenströme.

Tabelle Volumenströme bei $k = 0.5 \text{ m}^3$

Nr.	Beckenart	Volumenstrom Q m^3/h	Temperaturbereich (informativ)	
			Hallenbad $^{\circ}\text{C}$	Freibad $^{\circ}\text{C}$
1	Schwimmerbecken Wassertiefe 1.35 m - 2.20 m	$0.40 \cdot A$	27 - 29	24
2	Springerbecken Wassertiefe > 3.40 m	$0.60 \cdot A$	27 - 29	24
3	Nichtschwimmerbecken Wassertiefe 0.60 - 1.35 m	$0.67 \cdot A$	28 - 32	24
4	Planschbecken Wassertiefe < 0.50 m	$0.70 \cdot A$ + Zuschläge	32	26
5	Wasserrutschbahnen mit Landung im Becken Wassertiefe im Landebecken 0.90 - 1.00 m	$(0.67 \cdot A) + 35$ Summe mind. 60	27 - 29	24
	Wasserrutschbahnen mit Flachwasserauslauf: Reinwasser mindestens	60	27 - 29	24
6	Variobecken mit höhenverstellbarem Zwischenboden, ganz oder in Teilbereichen	gemäss Tiefenbereichen	27 - 29	
7	Warmsprudelbecken (kombinierte Nutzung) Beckenvolumen V min. 4.00 m^3 (10 Plätze) Wassertiefe ca. 1.00 m	$20 \cdot V$ mit adaptiver Schaltung: $15 \cdot V$	37	37
8	Warmsprudelbecken (begrenzte Nutzung) Beckenvolumen min. 1.60 m^3 Wassertiefe ca. 1.00 m	$15 \cdot V$	37	37
	4 Sitzplätze, Vol. 1.0 m^3	24		
	5 Sitzplätze, Vol. 2.0 m^3	30		
	6 Sitzplätze, Vol. 2.40 m^3	36		
	7 - 10 Sitzplätze, Vol. $2.80 - 4.00 \text{ m}^3$	42 - 60		
9	Wellenbecken	gemäss Tiefenbereichen	27 - 29	24
10	Kleinbecken max. Wasserfläche 100 m^2 Wassertiefe < 1.35 m	$0.40 \cdot A$	30	30
11	Warm- und Bewegungsbecken Wassertiefe < 1.35 m (Zuschläge gemäss A.4.6)	$1 \cdot A$ + Zuschläge	32 - 35	32 - 35
12	Heissbecken Wassertiefe $\sim 1.00 \text{ m}$ (Frequenz beachten)	min. $2 \cdot V$	38 - 40	38 - 40
13	Therapiebecken	$1 \cdot A$	32 - 35	-
14	Kaltwassertauchbecken, Wassertiefe 1.10 - 1.35 m		bis 18	bis 18
	Wasserfläche bis 10 m^2 Wasserfläche über 10 m^2	$1.50 \cdot V$ $1.00 \cdot V$		
15	Durchschreitebecken Wassertiefe 0.15 m	$2 \cdot V$	-	-

In Anlehnung an SIA 385/9: 2011 - Tabelle 3 Volumenströme

Volumenstrom $Q = A \times F$, in m^3/h

A = Beckenwasserfläche in m^2

F = Faktor für den spezifischen Volumenstrom in m^3/h pro m^2 Beckenfläche

V = Beckenvolumen in m^3

4.3.1.2 Spezifische Umwälzleistung je Badegast

Für die Badewasserqualität besteht eine Wechselbeziehung zwischen:

- Zugeführter, gereinigter Badewassermenge

und

- Zuführung von Verunreinigung durch Badegäste

Bereits 1979 hat B. Kannewischer in seinem Fachbuch „Badewasseraufbereitung für öffentliche Bäder“ die Abhängigkeiten der erforderlichen Umwälzleistung bei gegebener Reinwasserqualität aus der Aufbereitungsanlage und der zulässigen Konzentration der Verunreinigungen im Badewasser beschrieben.

Jeder Badegast trägt auch nach vorherigem Duschen anorganische und organische Verunreinigungen, entsprechend etwa 4 Gramm Kaliumpermanganat pro Person sowie eine grosse Anzahl Mikroorganismen in das Badewasser ein. Wird eine Erhöhung des Kaliumpermanganat (KMnO_4)-Wertes um 2 mg/l im Becken zugelassen, so errechnet sich die spezifische Umwälzleistung je Person wie folgt:

$$Q = \frac{4000 \text{ mg/Pers.}}{2 \text{ mg/l}} = 2000 \text{ l/Pers.} \rightarrow 2 \text{ m}^3 \text{ pro Badegast}$$

Aufgrund von verschiedenen Untersuchungen und Erfahrungen ist die Umwälzleistung von 2 $\text{m}^3/\text{Pers.}$ auch in der SIA 385/9: 2011 zu finden. Es kann angenommen werden, dass die durchschnittliche Aufenthaltsdauer im Becken max. 1 Stunde beträgt.



4.3.2 Beckenhydraulik

Der Wasserführung und der Beckenhydraulik kommt eine grosse Bedeutung für die hygienischen Verhältnisse in einem Badebecken zu.

In einem Badebecken tritt eine verstärkte Schmutzkonzentration in Form von Schwimmstoffen und erhöhter Keimbelastung im Bereich der Wasseroberfläche auf, während im Bereich des Beckenbodens eine vermehrte Schmutzbelastung durch Sinkstoffe festzustellen ist. Ausserdem wird das im Beckenwasser vorhandene Desinfektionsmittel ständig verbraucht und muss mit dem aufbereiteten Wasser auch ständig neu zugeführt werden, damit eine Depotwirkung des Chlors stattfinden kann.

Aus diesen Erkenntnissen heraus ergeben sich eine Reihe von Anforderungen, so dass in allen Beckenteilen ein ausreichender Wasseraustausch stattfindet, denn nur dann werden alle Verunreinigungen schnell genug zur Aufbereitungsanlage transportiert und das verbrauchte Desinfektionsmittel schnell genug wieder ergänzt. Die Abführung des belasteten Wassers sowie die Zuführung des aufbereiteten Wassers müssen so erfolgen, dass ein Infektionsrisiko für den Badegast ausgeschlossen ist.

Die effektivste Badewasseraufbereitungs-Anlage nützt wenig, wenn die Zuführung von Reinwasser ins Badebecken und die Abführung der eingetragenen Verunreinigungen nicht optimal funktionieren. Für die Abführung des besonders belasteten Oberflächenwassers sind die richtige Form der Überlauf- oder Überflutungsrinne und eine einwandfreie Abführung des Rinnenwassers ausschlaggebend. Es sollte darauf geachtet werden, dass möglichst 100% des Umwälzwassers kontinuierlich und gleichmässig über die Überlaufrinnen abgeführt wird.

Die Überlaufrinnen sollen möglichst allseitig, d. h. der gesamten Beckenabwicklung, angeordnet sein. Dadurch lassen sich unerwünschte Schmutzablagerungen an Beckenwänden ohne Rinne vermeiden. Eine Sedimentation von Feststoffen im Badebecken ist trotzdem nicht vermeidbar. Diese Verunreinigungen müssen durch Absaugungen der Sedimente mit Bodenreinigungsgeräten mehrfach wöchentlich entfernt werden.



Abb. 8: Verunreinigungen zu Wassertiefe



4.3.3 Teillastbetrieb

In der „alten“ SIA-Norm 385/1 (2000) sowie in der aktuellen SIA-Norm 385/9: 2011 „Wasser und Wasseraufbereitungs-Anlagen in Gemeinschaftsbädern“ kann der Volumenstrom für Badebecken während der Zeit des eingestellten Badebetriebes (z. B. Nachtstunden) auf Teillast ($\geq 50\%$ des Volumenstroms) geschaltet und damit viel Energie eingespart werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt werden:

- Nach Ende der täglichen Betriebszeit müssen folgende, in hygienischer Hinsicht wichtigen Parameter die Anforderungen 1 der SIA 385/9: 2011, Tabelle 3, entsprechen:

- Freies Chlor
- Gebundenes Chlor
- pH-Wert und Redox-Potenzial

- Es muss sichergestellt sein, dass ein Teillastbetrieb zeitlich begrenzt und automatisch wieder auf Volllast umgeschaltet werden kann.

In der SIA-Norm 385/9: 2011, gültig seit 01.05.2011, ist ein Teillastbetrieb auch in Zeiten mit schwacher Benutzerfrequenz zugelassen. Die Voraussetzungen bezüglich Hygiene und Umschaltung auf Volllastbetrieb müssen jedoch ebenfalls gewährleistet sein. Durch eine optimale Schaltung des Teillastbetriebes während der Zeit des eingestellten Badebetriebes können entsprechend Pumpenenergie sowie Betriebsmittel eingespart werden.

Die Steuerung des Teillastbetriebes kann manuell durch das Betriebspersonal erfolgen. Eine automatisierte Rückstellung auf Volllastbetrieb muss aber zwingend programmiert werden.

Ebenfalls ist ein voll automatisierter Betrieb möglich, in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern wie z.B.:

- Zählung der Besucher über Drehkreuz
- Gebundene Chlorwerte
- Redoxwerte
- Trübung



4.3.4 Filtersysteme

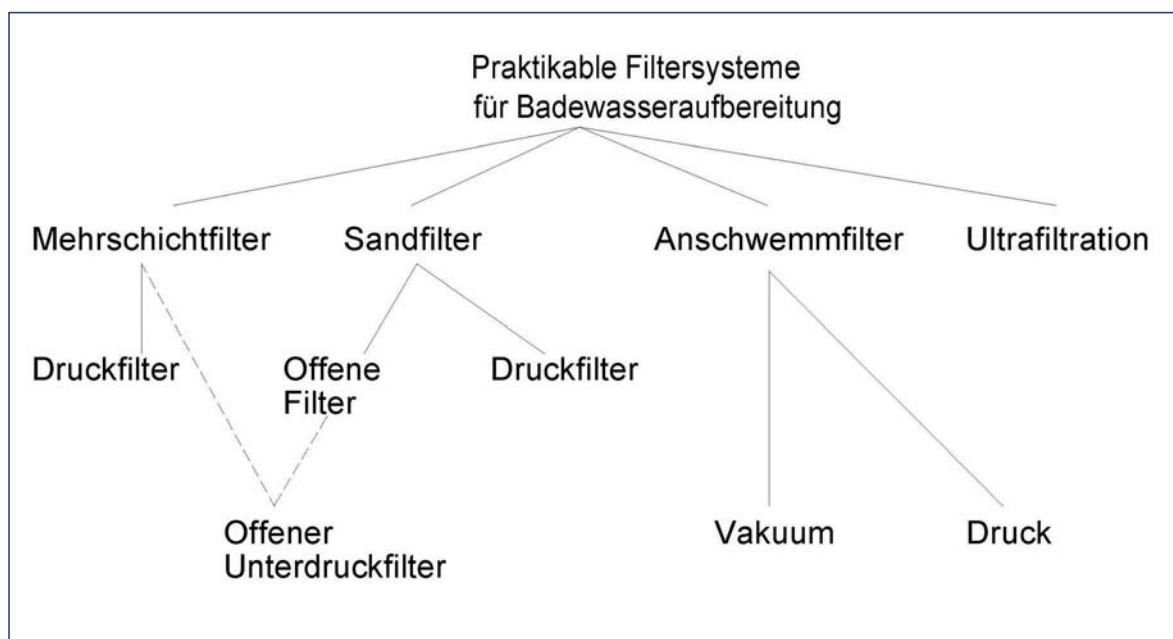
Das Aufbereitungsverfahren „Filtration“ ist die älteste Methode zur Reinigung von Wasser. Die klassische Filtration das Vorbild ist die Natur mit Reinigungswirkung von Grundwasser beim Durchströmen der Bodenschichten (Schluff, Sand, Kies) ist im Wesentlichen die Entfernung partikulärer Inhaltsstoffe, wie Sink-, Schweb- und Schwimmstoffe mit einer Partikelgröße von $> 1 \mu\text{m}$ (Mikrometer).

Durch die Flockungsfiltration lassen sich bei der Schwimm- und Badewasseraufbereitung feinverteilte Stoffe sowie auch kolloidal gelöste organische Verbindungen mit einer Partikelgröße von deutlich $< 1 \mu\text{m}$ durch die Aufbereitungsstufe „Flockung“ in filterbare Stoffe überführen. Gleichzeitig lässt sich von den echt gelösten Stoffen das Phosphat durch Bildung unlöslicher Verbindungen, z. B. Aluminium-Phosphat, nahezu vollständig aus dem Rohwasser entfernen.

Bei der Entfernung von gelösten Stoffen, wie gebundenes Chlor oder Trihalogenmethanen (THM), mittels Flockungsfiltration stößt dieses Verfahren bei höheren Belastungen an seine Grenzen. Eine deutliche Reduzierung dieser Stoffe im Schwimm- und Beckenwasser wird erst durch Adsorption an Aktivkohle möglich.

4.3.4.1 Übersicht

Nachfolgende Grafik zeigt eine Übersicht der sich auf dem Markt befindenden Filtersysteme.



4.3.4.2 Druckfiltration

Als spezifisches Merkmal der Druckfiltration ist festzuhalten, dass es sich um gegenüber der Umgebung abgedichtete, geschlossene Filterbehälter handelt, die mit reinen Sandfilterfüllungen oder Mehrschichtfilter-Füllungen (kombinierte Füllungen aus Sand und aktivierter Kohle) bestückt werden können. Die Filtergeschwindigkeiten betragen laut SIA-Norm maximal 30 m/h bei Süßwasser und 20 m/h bei Soleanlagen. Die Spülwassergeschwindigkeiten betragen 50 – 60 m/h in Abhängigkeit vom Filtermaterial. Die Konstruktion und Betriebsweise sind in der SIA-Norm 385/9: 2011 geregelt.

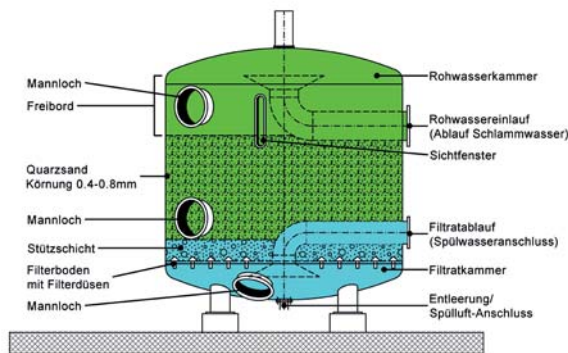


Abb. 9: Einschichtfilter als Druckfilter

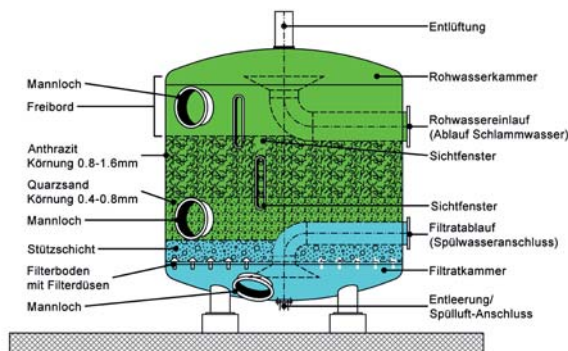


Abb. 10: Mehrschichtfilter als Druckfilter

4.3.4.3 Offene Filtration/ Unterdruckfiltration

Offene Filteranlagen sind seit längerem bekannt. Unterdruckfilter-Anlagen aus Kunststoff stellen eine Weiterentwicklung dieser Verfahrenskombination dar und werden von verschiedenen Herstellern angeboten.

Sie sind als Ein- oder Mehrschichtfilter erhältlich, wobei die Filterfüllungen analog denen von Druckfilteranlagen sind. Im Unterschied zu Druckfiltern, wo lediglich Rohwasserpumpen vor den Filtern benötigt werden, sind bei Unterdruckfilteranlagen meist Rohwasserpumpen erforderlich, die das Wasser aus dem Ausgleichsbecken zum Filter fördern und Filtratpumpen, die das Wasser durch den Filter „saugen“ (Unterdruck) und zu den Becken fördern.

Die Konstruktion sowie die betrieblichen Hinweise entsprechen den Druckfilteranlagen und sind ebenfalls in der SIA-Norm 385/9: 2011 geregelt.

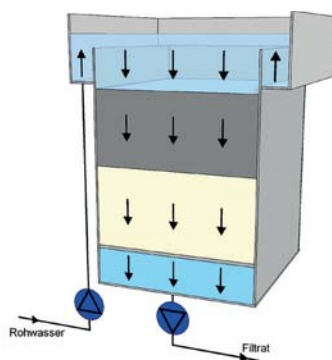


Abb. 11: Unterdruck Saugfilter

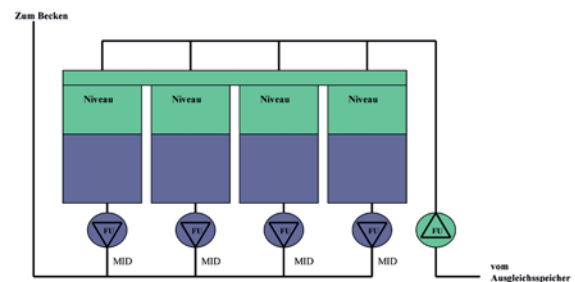


Abb. 12: Modulbauweise Unterdruckfilter

4.3.4.4 Anschwemmfiltration

Bei der Anschwemmfiltertechnik wird auf eine Filterplatte das Filterhilfsmittel Kieselgur mittels Grundanschwemmung gebracht. Als Filtermaterial dient das Anschwemmmaterial (Kieselgur und Aktivkohlepulver) als Filterkuchen auf spezielle Filterplatten.

Die partikulären und kolloidalen Inhaltsstoffe werden durch die feine Struktur des Filtermaterials abgetrennt. Zur Betriebsoptimierung wird kontinuierlich Kieselgur beigegeben.

Für die Filterbauweise kommen geschlossene Druckanschwemmfilter oder offene Vakuumanschwemmfilter, analog zur Druckfiltration bzw. Unterdruckfiltration, zum Einsatz.

Die Filtergeschwindigkeit an den Filterplatten beträgt gemäss SIA-Norm 385/9: 2011 max. 6 m/h. Trotz dieser tiefen Filtergeschwindigkeit und der relativ grossen Filterflächen können mit diesen Filtersystemen grosse Umwälzmengen mit geringerem Technikbedarf abgedeckt werden.

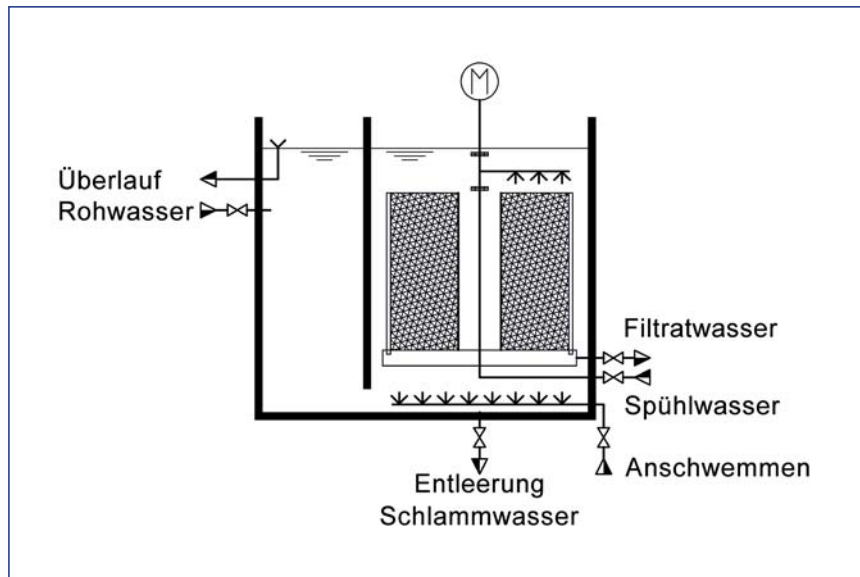


Abb. 13: VakuumschwemmfILTER

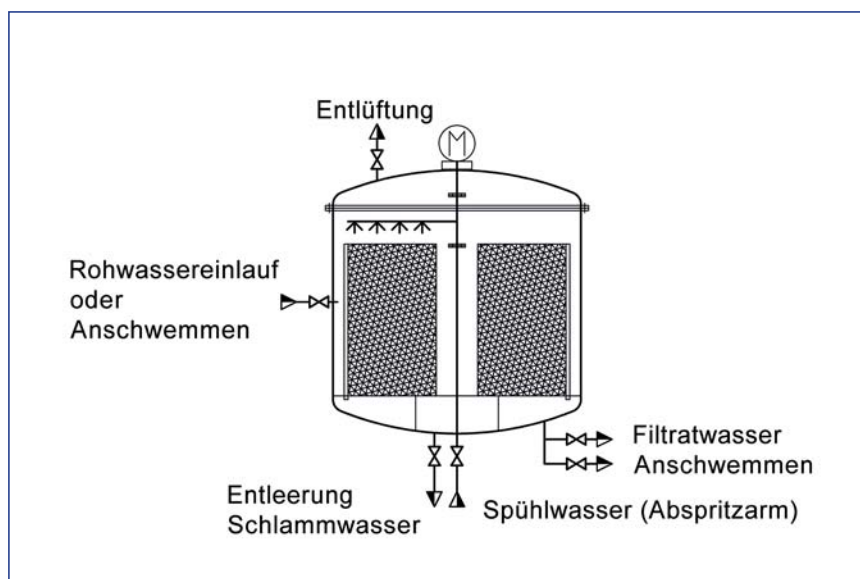


Abb. 14: DruckanschwemmfILTER



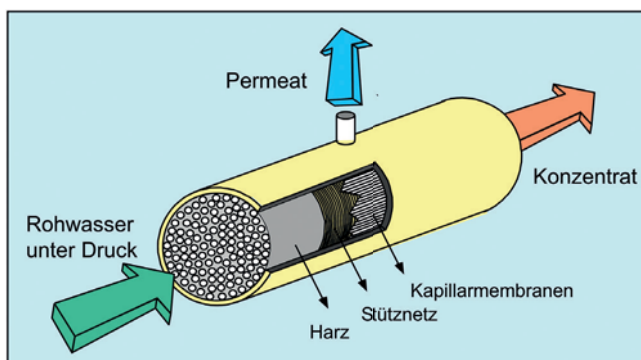
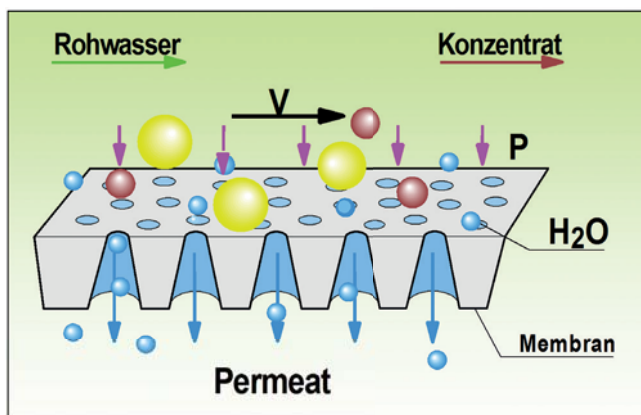
4.3.4.5 Ultrafiltration

Ultrafiltrationsanlagen stellen die neusten Entwicklungen auf dem Gebiet der Badewasseraufbereitung dar.

Bei Ultrafiltrationsanlagen handelt es sich um Filter, die auf einem rein mechanischen Trennverfahren basieren. Ultrafiltrationsanlagen zeichnet aus, dass sie selbst Viren und Bakterien sicher zurück halten und bei korrekter Bedienung der Anlage keine Modulverkeimungen zu erwarten sind. Das Filtrat ist partikelfrei und hat eine hohe Wasserqualität.

Zum Schutz der Membranen und zur Fällung löslicher Inhaltsstoffe wird dem Rohwasser Flockungsmittel zugegeben. Derzeit werden nur Membranen aus chlorbeständigem Kunststoff eingesetzt. Die Spülung erfolgt automatisch, teilweise während des Badebetriebs.

Zu beachten ist, dass der Beckenhydraulik aufgrund geringerer Umwälzmengen ein höheres Augenmerk zu schenken ist als bei den anderen Verfahren, um den Schmutzaustrag aus den Becken sicherzustellen. Einen grossen Vorteil stellt die sehr geringe Spülwassermenge pro Spülung dar, was kleine Spül- und gegebenenfalls notwendige Schlammwasserspeicher ergibt.



4.3.5 Betriebskosten

Die Betriebskosten einer Badewasser-Aufbereitungsanlage setzen sich im Wesentlichen aus nachfolgenden Punkten zusammen:

- Strom
- Wasser
- Wärme
- Betriebsmittel
- Wartung/Unterhalt

4.3.5.1 Strom

Aufgrund von Erfahrungswerten gibt es spezifische Stromverbräuche für die jeweilige Anlagentechnik. Diese haben jedoch eine gewisse Bandbreite, weil jede Anlage verschiedene Einflussgrößen wie geodätische Höhendifferenz, Rohrleitungsverluste, Einströmsysteme usw. haben, welche den spezifischen Stromverbrauch entsprechend beeinflussen.

Folgende spezifischen Leistungsaufnahmen für die verschiedenen Filtersysteme können zugrunde gelegt werden:

Stromverbrauch	Druckfilter	Offene Filter Unterdruckfilter	Anschwemm- filtration	Ultrafiltration
Spez. Leistungsaufnahme [W/m ³ ,h]	30-100	30-80	Druck 30-90 Vakuum 35-80	60-200

Für den Stromverbrauch sind neben der Filterart auch viele andere Einflussfaktoren verantwortlich. Die spezifischen Leistungsaufnahmen geben keinen abschliessenden Rückschluss für einen absoluten Verbrauch. Der Einsatz von Frequenzumformer gehört insbesondere für Neuanlagen in vielen Anwendungen zur Standardausrüstung.

4.3.5.2 Wasser

Die im Aufbereitungskreislauf nicht eliminierbaren Stoffe werden durch tägliche Füllwassernachspeisungen in Grenzen gehalten. Damit die Parameter nach SIA-Norm 385/9: 2011 Tabelle 1 in jedem Becken eingehalten werden, ist kontinuierlich oder 1 x am Tag Beckenwasser gegen Füllwasser auszutauschen. Zur Wassererneuerung sind mindestens 30 l/Besucher an Frischwasser dem Bad zuzugeben. Für Warmsprudelbecken mit eigener Wasseraufbereitungsanlage beträgt die Füllwassernachspeisung mindestens 75 l/Person. Bei mehreren Aufbereitungsanlagen wird die Frischwassermenge entsprechend den Belastungen aufgeteilt.

Die Praxis zeigt jedoch, dass meistens höhere Werte erforderlich sind. Der spezifische Wasserverbrauch von Wasseraufbereitungsanlagen ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- Besucherbelastung
- Aufbereitungskapazität
- Filteranlagen
- Desinfektion
- Wassertemperatur
- Anlagenunterhalt

Aufgrund des gewählten Filtersystems variiert auch die erforderliche Wassermenge zur Rückspülung der Filteranlagen. Oft wird der effektive Frischwasserbedarf durch den vorgegebenen Spülwasserbedarf vorgegeben.

Wasserbedarf zur Filterrückspülung

Je nach Filtersystem variiert die Spülwassermenge der verschiedenen Filterarten.

Festbettfilter

Je nach Filtermaterial variieren die Spülwassergeschwindigkeiten zwischen 50 – 60 m/h. Ebenfalls müssen die Spülzyklen der effektiven Belastung bzw. in Abhängigkeit der Wasserwerte eingestellt werden.

Das Absenkwasser sowie das Erstfiltrat können heute durch geeignete Schaltungen wiederverwendet werden.

Für Festbettfilter ist das Spülwasser zu chlorieren und in einem separaten Spülwasserbecken vorzuhalten.

Anschwemmfilter

Anschwemmfilter benötigen kein eigentliches Spülwasser. Lediglich für die Abschwemmung des Filtermaterials und zum Waschen sowie für die Neufüllung des Filterbehälters wird Wasser benötigt.

Ultrafiltrationsanlagen

Die Rückspülungen von Ultrafiltrationsanlagen werden nach einem festgelegtem Zeit- bzw. Druckprogramm alle 30 – 120 Minuten durchgeführt. Durch die häufigere Rückspülung resultiert ein etwas höherer Frischwasserverbrauch als bei Festbettfiltern.



Die nachfolgende Tabelle zeigt einen Vergleich der spezifischen Spülwassermengen bezogen auf die Umwälzmenge (grobe Richtwerte). Die Rückspülzyklen sind der Beckenwasserbelastung anzupassen und können je nach Anlage variieren. Ebenfalls ist zu beachten, dass die Umwälzleistung je nach Verfahrenskombination bzw. Belastbarkeitsfaktor variiert.

Anlagentyp	Sand- und Mehrschichtfilter	Sorptionsfilter	Anschwemmfilter	Ultrafiltration
Filtergeschwindigkeit	30 m/h	40 m/h	max. 6 m/h	150 l/m ² ,h
Spülhäufigkeit gemäss SIA 385/9	2.3 pro Woche	2.3 pro Woche	1.4 pro Woche	alle 30 - 120 min.
Spülwasserbedarf je Woche pro m ³ /h Umwälzung	300-350 l/m ³ /h, W	140-180 l/m ³ /h, W	30-150 l/m ³ /m ³ /h, W	250-350 l/m ³ /m ³ /h, W

4.3.5.3 Chemikalien/Betriebsmittel

Der Verbrauch von Chemikalien hängt stark von externen Faktoren wie der Frischwasserzusammensetzung, dem Besuchervolumen und -verhalten sowie den sonstigen Rahmenbedingungen des Bades ab. Eine generelle Aussage zum Chemikalienverbrauch ist deshalb nicht aussagekräftig.

Die Zugabe von Chlor ist stark abhängig von der Art des Filtrationsverfahrens, der Beckenbelastung oder auch der Sonneneinstrahlung.

Noch schwieriger ist die Quantifizierung von Chemikalien zur pH-Korrektur. Die Zugabe ist abhängig von der Zusammensetzung des Füllwassers und den daraus resultierenden Eigenschaften, wie pH-Wert und Karbonathärte. Ebenfalls beeinflusst die Art des Desinfektionsmittels die pH-Korrektur sehr stark. Entsprechende Wechselwirkungen sind hierbei zu beachten.

Die Filterhilfsmittel der Badewasser-Aufbereitungsanlagen können jedoch genauer beziffert werden. Die Festbettfilter sowie die Ultrafiltrationsanlagen benötigen ein Flockungsmittel, damit die kolloidal gelösten Stoffe im Filter zurückgehalten werden können. Die Flockungsmittel werden üblicherweise in einer Konzentration von ca. 1 ml/m³ dem Rohwasser beigegeben.

Die Zugabe von Pulver-Aktivkohle auf einen Festbettfilter beträgt ca. 1 – 3 g/m³.

Der Austrag von Aktivkohle bei Mehrschichtfiltern beträgt ca. 10 – 15 % der Kohle pro Jahr und muss entsprechend nachgefüllt werden.

Zur Reduktion von Desinfektionsnebenprodukten werden den Anschwemmfilteranlagen mit Kieselgur zusätzlich Aktivkohlepulver der Grundanschwemmung sowie stetig als Sekundäranschwemmung zugegeben. Die Grundanschwemmung beträgt 0,5 kg/ m² Filterfläche. Bei einer Grundanschwemmung mit Aktivkohle beträgt diese 0,6 kg Kieselgur und Aktivkohle (Verhältnis 6:1) pro m² Filterfläche. Für die Sekundärdosierung wird 5 – 10 g Aktivkohle pro Badegast kontinuierlich der Filterfläche aufgebracht.



4.3.5.4 Wärme

Es ist zu unterscheiden zwischen Erstaufheizung und Dauerheizung. Beide Heizleistungen sind zu ermitteln für die Dimensionierung von Umformer, Heizleitungen und Regelung sowie für den jährlichen Energieverbrauch und die Energiekosten.

Wärmebedarf Dauerbetrieb

Für die Ermittlung des Wärmebedarfs für den Dauerbetrieb müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Wärmeverlust durch Verdunstung
- Wärmegewinn aus der wärmeren Hallenluft
- Wärmeverlust durch Beckenwände und -boden (Transmission)
- Wärmebedarf für Aufheizung Frischwasserzusatz

Wesentlicher Faktor für den Wärmebedarf ist die Verdunstung. Die Verdunstungswärme ist die Energie, die für das Herausschleudern der Moleküle erforderlich ist. Diese Wärmemenge kommt aus dem Wasser.

Bei Ruhebetrieb ist die Verdunstung wesentlich reduziert, da sich durch den stillen Wasserspiegel eine kühle Schicht an der Oberfläche bildet, welche die Verdunstung stark verzögert. Bei Betrieb werden durch Wellenbildung die Wasserfläche und durch verspritztes Wasser die gesamte Verdunstungsfläche um 20 – 30 % vergrößert.

Untersuchungen haben gezeigt, dass der Wärmebedarf bei Ruhe 75 – 80 % tiefer liegt als der Wert bei Badebetrieb.

Berechnung der einzelnen Faktoren für ein Schwimmerbecken:

Beckenwassertemperatur	28 °C
Lufttemperatur	30 °C
absolute Feuchte x	14,3 g/kg
relative Feuchte φ	51 %

Wärmeverlust durch Verdunstung (latente Wärme) an Hallenbad

Für die Verdunstung gilt die Dalton'sche Gleichung:

$$m_v = \varepsilon \times A \times (p_s - p_D) \text{ [g/h]}$$

m_v = Verdunstungsmenge [g/h]
 = empirischer Gesamtverdunstungsbeiwert [g/m² h mbar]

ε **gemäss SWKI 2004-1**
 Normalbetrieb $\varepsilon \approx 20$
 ruhende Oberfläche $\varepsilon \approx 5$

A = Beckenoberfläche [m²]

p_s = Dampfdruck bei Beckenwassertemperatur [mbar]

p_D = Teildruck des Wasserdampfes der Raumluft [mbar]



4.4 Umwälzpumpen

Pumpen sind die Herzen der Badewasseraufbereitung, der Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen. Fallen sie aus, muss der ganze Betrieb des Bades nach kürzester Zeit eingestellt werden. Aus diesem Grund haben die Pumpen eine Vorrangstellung in Funktion und Wartung inne, die es erforderlich macht, dass ihre Arten und Wirkungsweisen dem Bäderpersonal bekannt sein müssen.

4.4.1 Pumpenarten

Pumpen können unterschiedlich konstruiert sein. Konstruktionen und Wirkungsweisen sind auf den Einsatz abgestimmt und von physikalischen Gesetzen abhängig.

4.4.1.1 Kreiselpumpen

Nicht selbstansaugende Kreiselpumpe

Ein mehrschauliges Laufrad mit verwundenen Schaufeln fördert das Wasser in einem zumeist in Spiralenform ausgebildeten Pumpengehäuse mittels wirkender Zentrifugalkräfte. Hierbei entsteht eine gezielte Förderung vom Saug- zum Druckstutzen der Pumpe.

Blockaggregate besitzen eine durchgehende Motorwelle, welche die Aufnahme des Pumpenlaufrades ermöglicht. Sie zeichnen sich durch geräuscharmen Lauf, eine hohe Wirtschaftlichkeit und Wartungsarmut aus. Da zum Ansaugen immer Fliehkräfte benötigt werden, darf die Wassersäule nicht abreißen.

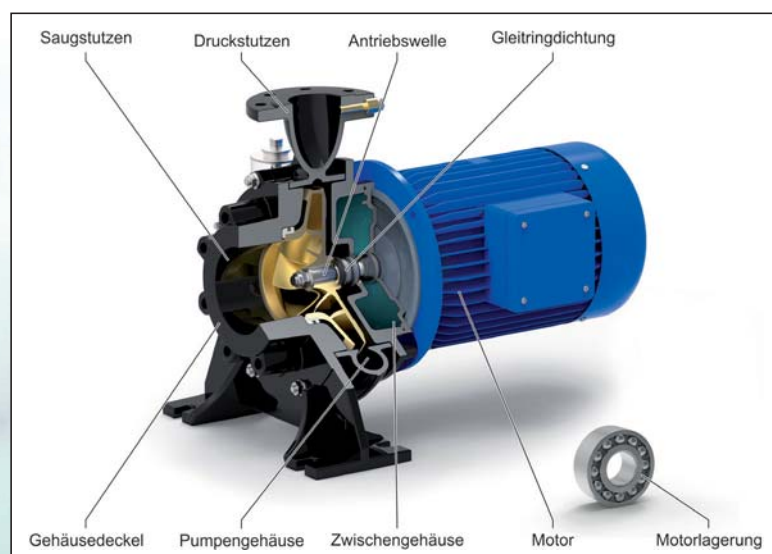


Abb. 15: Kreiselpumpe

4.4.1.2 Umwälzpumpen, Förderpumpen

Anzahl und Leistung (Grösse) der Pumpen richten sich nach der Grösse des Förderstromes und des erforderlichen Drucks. Hier kommen nur nicht selbstansaugende Kreislumpen mit Wechselstrommotoren zum Einsatz.

Die Wellenabdichtung erfolgt mit einer Gleitringdichtung. Eine Pumpenraumentlüftung mittels Kugelhahn ist empfehlenswert. Die Auswahl der Werkstoffe muss nach Massgabe der korrosiven Einflüsse erfolgen. Die Pumpen sollen eine stabile und möglichst steile Kennlinie im Betriebspunkt besitzen.

Dies garantiert eine gleichmässige Förderleistung im Parallelbetrieb und bei Veränderung des Filterwiderstandes. Aus betrieblichen Gründen werden für die Beckenwasserumwälzung Pumpengruppen mit mindestens zwei parallellaufenden Pumpen (Redundanz) und einer Reservepumpe empfohlen.

Beim Einsatz von offenen Filtern sind meistens zwei unabhängig voneinander arbeitende Pumpengruppen erforderlich; eine für die Förderung zum Filter, die andere zum Fördern des Filtrats und des Reinwassers zum Becken.

Jeder Pumpe oder Pumpengruppe sind Absperrarmaturen und Manometer auf Saug- und Druckseite zuzuordnen, des Weiteren ein stossgedämpfter Rückflussverhinderer.

Grobe Verunreinigungen dürfen nicht zu Pumpe und Filter gelangen. Zum Schutz werden Siebvorfilter in die Saugleitung oder direkt in das Pumpengehäuse eingebaut. Die Vorfilter sind ca. 1 x wöchentlich zu reinigen. Betriebsstundenzähler sind zur Erfassung und zur Prüfung des Energieverbrauches zu empfehlen.

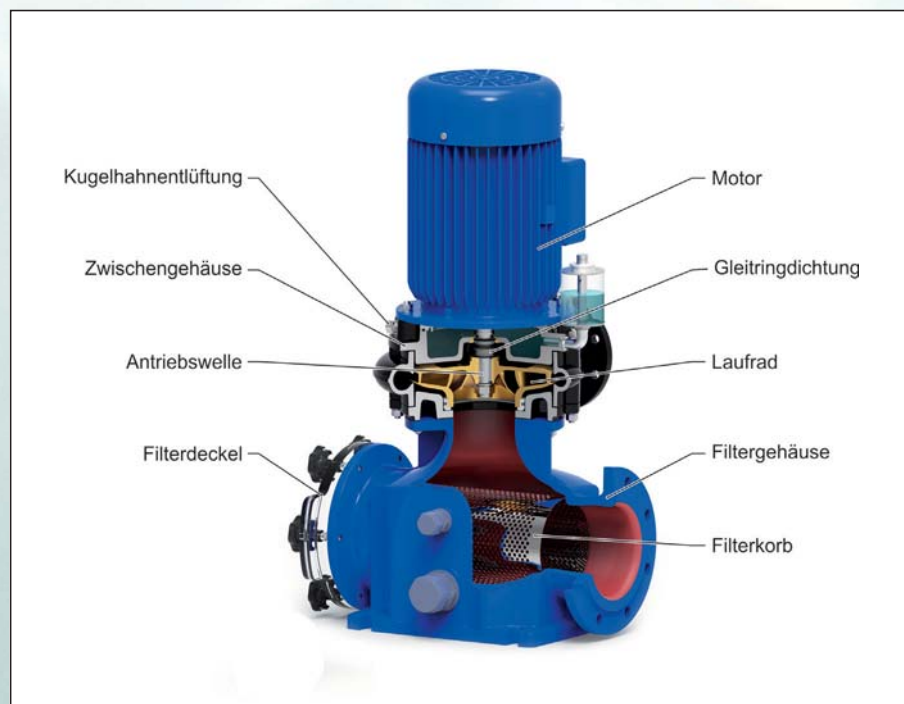


Abb. 16: Umwälzpumpe



4.4.1.3 Membranpumpen

Im Bäderbereich werden Dosierpumpen für den Einsatz von Chlorpräparaten, Flockungs- und pH-Wert-Stabilisierungsmittel eingesetzt. Es sind besonders Membranpumpen, die sich durch lange Haltbarkeit und hohe Korrosionsbeständigkeit auszeichnen.

Das Druckstück ist das einzige bewegte Teil des Magnetantriebes. Es ist in PTFE-Buchsen nahezu verschleissfrei angelagert. Ein Magnetantrieb kann daher als „wartungsfrei“ bezeichnet werden.

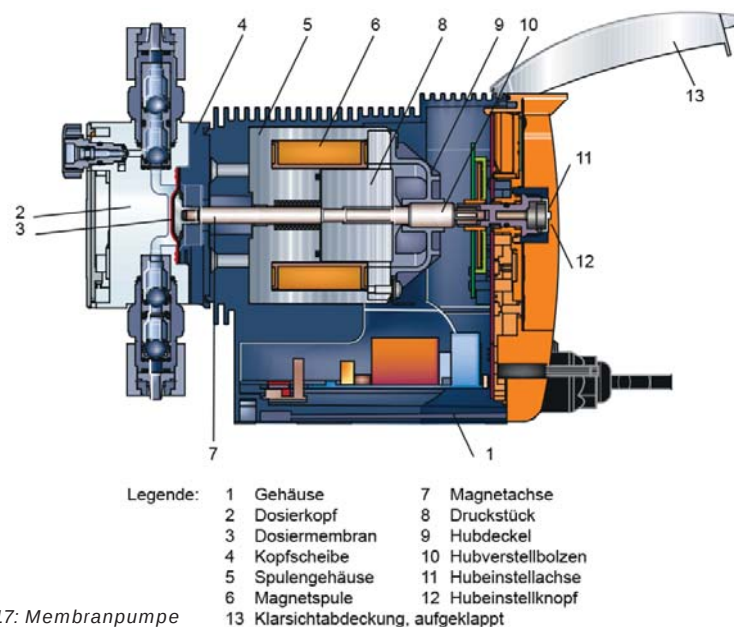


Abb. 17: Membranpumpe

4.4.2 Systeme

Der Stromverbrauch von Motoren, welche Pumpen antreiben, hängt in erster Linie vom Widerstand des Mediums in den Rohrleitungen ab. Bei der räumlichen Anordnung von Becken, Räumen und Aggregaten soll auf geringe geodätische Förderhöhen und kurze Wege geachtet werden. Der Druckverlust oder die Rohrreibung von Wasser werden insbesondere stark von der Fließgeschwindigkeit beeinflusst. Der Widerstand steigt im Quadrat zur Fließgeschwindigkeit. Grosse Querschnitte in Rohrleitungen reduzieren die Fließgeschwindigkeit und demzufolge den Strombedarf. Aus wirtschaftlichen Überlegungen sind den Dimensionen von Rohren jedoch Grenzen gesetzt. Als Faustregel sollen Fließgeschwindigkeiten 2 [m/s] nicht übersteigen.

Energieeffiziente Motoren, abgestimmt auf die Rahmenbedingungen der mechanischen Einheit, sind Teil dieser energiesparenden Auslegung des Gesamtsystems.

Teillastbetriebe bieten in einem Bad ein enormes Potenzial, um die elektrische Antriebsenergie zu reduzieren.



4.4.3 Hinweise zur Auslegung

4.4.3.1 Pumpenbemessung

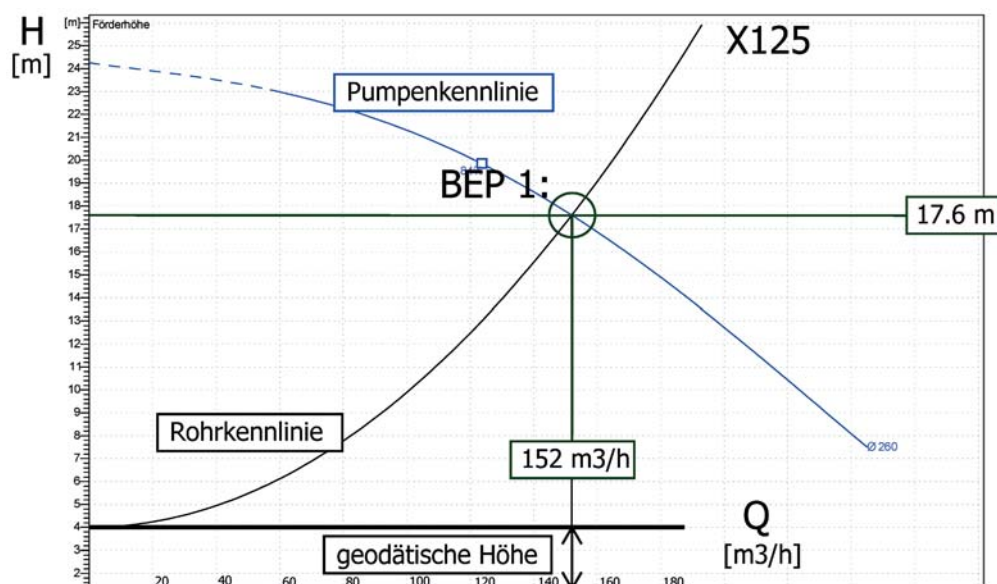
Neben der Wahl der Pumpenart ist zur Ermittlung des Pumpentyps (Anschlussleistung) der Betriebspunkt der Pumpe von Bedeutung. Er liegt im Schnittpunkt der Pumpenkennlinie mit der Rohrleitungskennlinie. Ist die Pumpe richtig gewählt, liegt der Betriebspunkt in der Nähe des ermittelten Förderstromes.

Der Stromverbrauch von Motoren, welche Pumpen antreiben, hängt in erster Line vom Widerstand des Mediums in den Rohrleitungen ab. Bei der räumlichen Anordnung von Becken, Räumen und Aggregaten soll auf geringe geodätische Förderhöhen und kurze Wege geachtet werden. Der Druckverlust oder die Rohrreibung von Wasser werden insbesondere stark von der Fließgeschwindigkeit beeinflusst. Der Widerstand steigt im Quadrat zur Fließgeschwindigkeit. Grosse Querschnitte in Rohrleitungen reduzieren die Fließgeschwindigkeit und demzufolge den Strombedarf. Aus wirtschaftlichen Überlegungen sind den Dimensionen von Rohren jedoch Grenzen gesetzt. Als Faustregel sollen Fließgeschwindigkeiten 2 m/s nicht übersteigen.

Energieeffiziente Motoren, abgestimmt auf die Rahmenbedingungen der mechanischen Einheit, sind Teil dieser energiesparenden Auslegung des Gesamtsystems. Beim Gesamtsystem sind die Energieeinsparpotenziale deutlich grösser, als allein bei effizienten Motoren.

Teillastbetriebe bieten in einem Bad ein enormes Potenzial, um die elektrische Antriebsenergie zu reduzieren. Die Antriebsleistung fällt mit der 3. Potenz zum Volumenstrom.

Die **Rohrleitungskennlinie** beschreibt die Energie, die zur Förderung des Volumenstromes durch die gesamte Anlage erforderlich ist. Sie ist abhängig von der Fördermenge, den Fließwiderständen und der Höhe zwischen Pumpe und Beckenwasserspiegel. Diese Höhe und alle Widerstände (auch Druckverluste) werden in eine theoretische Förderhöhe H (in bar oder mWS) umgerechnet.

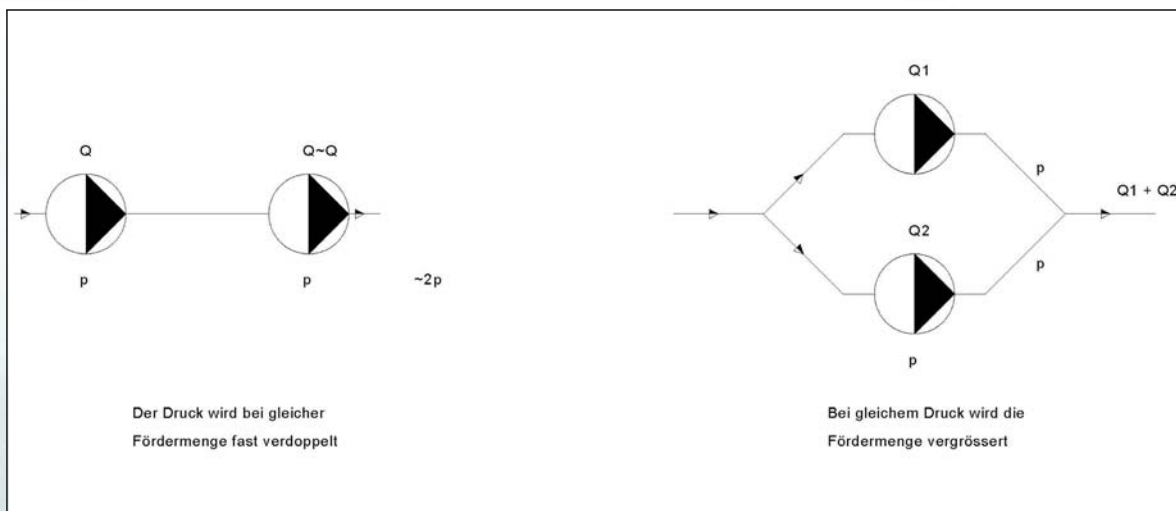




Die **Pumpenkennlinie** gibt die Förderenergie des Pumpentyps wieder. Sie ist bestimmt durch die Leistungsaufnahme, Wirkungsgrad, Drehzahl, Form des Laufrades und den hydraulischen Veränderungen in der Pumpe bei unterschiedlichen Betriebszuständen. Damit die Fördermenge bei belastetem Filter nur gering abfällt, sollte die Pumpenkennlinie im Betriebspunkt möglichst steil verlaufen.

4.4.3.2 Betrieb von Pumpengruppen

Da die Fördermengen bei Schwimmbecken 1'000 m³/h und mehr betragen können, kommt es häufig zur parallelen Betreibung von Umwälzpumpen, deren Einzelförderleistungen meist < 400 m³/h betragen. Die Gesamtfördermenge ist dabei jedoch niedriger als die Summe der Einzelfördermengen. Der Grund hierfür ist die Erhöhung der Widerstände, die durch die Erhöhung der Fließgeschwindigkeit entsteht (siehe Betriebspunktermittlung). Die Pumpentypen müssen aufeinander abgestimmt sein; sie werden nacheinander in Betrieb genommen. Ein wirtschaftlicher Pumpenbetrieb ist durch die Frequenzregelung (Drehzahlanpassung) möglich. Hierbei kann es zu starken Kosteneinsparungen, gerade bei den unterschiedlichen Filterbelastungen und dem Teillastbetrieb, kommen.



Frequenzumrichter (FU)

Um bei unterschiedlichen Förderverhältnissen den optimalen Pumpenbetrieb zu erreichen, werden heute grösstenteils **Frequenzumrichter zur Energieeinsparung** eingesetzt. Durch die Drehzahlregelung kommt es zur Energieoptimierung des Bades, da mit jeder Drehzahlreduktion der Pumpe eine Leistungsverminderung in der dritten Potenz erfolgt. Die Anpassung der Pumpen an den wahren, sich vor Ort einstellenden Betriebspunkt ist kein Problem mehr.

Deutliche Energieeinsparungen ergeben sich bei folgenden Betriebszuständen:

- Stabilisierung des erforderlichen Förderstroms bei Filterbetrieb
- Nachtabenkung
- Optimierung des Spülwasser-Volumenstromes

Nutzbar ist hierbei bis 30 kW der direkte Anbau der Frequenzumrichter an den Motor, man spricht vom sogenannten Kompaktantrieb, der keine zusätzlichen Wandanbauten und abgeschirmte Leitungsverlegungen zwischen FU und Pumpenmotor erforderlich macht.

Pumpen im Reihenbetrieb (hintereinander) vergrössern den Förderdruck. Diese Anordnung kann bei Heizungen oder Druckwassererhöhung zur Anwendung kommen. Durch eine Bypassregelung, die in der Pumpe oder als separate Leitungsführung erfolgen kann, wird ein Teil der Fördermenge wieder zur Saugseite geleitet. Um diesen Teil verringert sich die Fördermenge, die Druckhöhe bleibt erhalten.

4.4.3.3 Erhöhen des Wasserdrucks

Alle Pumpen in einem Förderkreis sind auch Druckerhöhungspumpen. In Schwimmbädern kommen überwiegend Druckerhöhungspumpen für die Betreibung von Injektoren (z.B. Chlorgasanlagen) oder als Heizwasserpumpen zum Einsatz. Um beim Chlorgasinjektor den erforderlichen **Druck von mind. 3 bar** zu erreichen, **sind mehrstufige Kreiselpumpen** erforderlich.

4.4.3.4 Fördern von Abwasser (Schlammwasser)

In Schlammwasserspeichern, Abwasserhebeanlagen und Pumpenschächten kommen nicht selbstansaugende Kreiselpumpen als Tauchpumpen zum Einsatz. Sie werden über Standmessungen (kapazitive Messung, Elektroden oder Quecksilber-Schaltbirnen) gesteuert. Fussventile und Rückstromverhinderer sollten möglichst vermieden werden.

Hierfür haben sich zwangsgesteuerte, pneumatische Ringabsperklappen bewährt. Trockenlauf- und Überflutungsschutz mit Alarmmelder sind erforderlich.



4.4.4 Rechtliche Hinweise

Die EU hat in den letzten Jahren schrittweise drei neue Richtlinien zur Steigerung der Wirkungsgrade von Normmotoren, Pumpen und Nassläufer- und Umwälzpumpen eingeführt. Eine schreibt eine Erhöhung der Effizienz von Normmotoren vor (IE1-IE4), eine sorgt dafür, dass nur noch Pumpen verkauft werden, die einen minimalen Effizienz-Index (MEI) aufweisen und die dritte sorgt dafür, dass Nassläuferpumpen einen gewissen Energie-Effizienz-Index (EEI) nicht überschreiten. All diese Massnahmen dienen dem Ziel der Senkung des Energieverbrauches durch Effizienzsteigerung von Geräten.

Die Schweiz ist Mitglied des CEN (Comité Européen de Normalisation) und übernimmt somit automatisch die Normen der Europäischen Union.

4.4.4.1 IE-Effizienzklassen und Elektromotoren

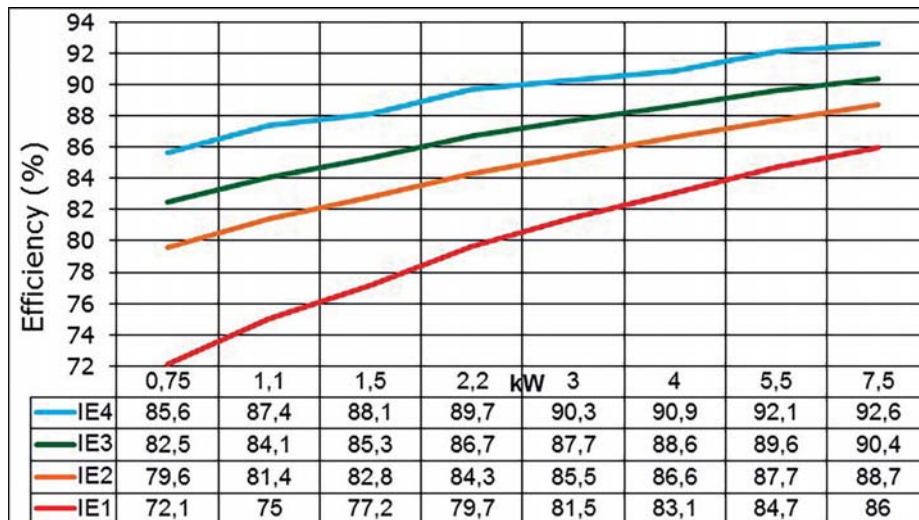
Die internationale elektrotechnische Kommission hat vier IE-Effizienzklassen (IE = international efficiency) für Drehstrommotoren definiert. Bei diesen Effizienzklassen handelt es sich um IE1 (Standardwirkungsgrad), IE2 (Gehobener Wirkungsgrad), IE3 (Premiumwirkungsgrad) und IE4 (Super Premium Wirkungsgrad).

Bereits seit 1.1.2015 gilt für Normmotoren ab 7.5 kW IE3 oder man verwendet einen IE2 Motor mit Frequenzumformer. Seit 1.1.2017 wurde das Feld der Motoren, welche IE3 erfüllen müssen, nach unten vergrössert. Motoren ab 0,75 Watt müssen nun IE3 Effizienzkasse aufweisen oder IE2 mit Frequenzumformung entsprechen.



Abb. 18

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die heutigen Normmotoren effizient konstruiert sind. Der Einsatz von Frequenzumrichtern ist bei grösseren Motoren sinnvoll. Für eine optimale Energieeffizienz muss aber das System bei der Planung gesamthaft betrachtet und der Betrieb ständig optimiert werden.



4.4.4.2 MEI und Wasserpumpen

Die Anforderungen an die Gestaltung von Kreisläufpumpen zum Pumpen von sauberem Wasser (Wasserpumpen) werden mit dem min. Effizienz-Index (MEI) festgelegt. Der MEI rechnet sich anhand von drei Punkten auf der Pumpenkennlinie: dem optimalen Betriebspunkt mit der höchsten Effizienz, dem Teillastpunkt und Überlastpunkt.

Seit 1.1.2015 ist für Wasserpumpen ein MEI >0,4 ab Datum der Inverkehrbringung gefordert.

Der anzugebende MEI bezieht sich auf die Drehzahl 1 450 Umdrehungen pro Minute.

4.4.4.3 EEI und Umwälzpumpen

Der Energieeffizienz-Index (EEI) bezieht sich auf die Effizienz von Nassläuferpumpen und wird auf den Typenschildern der jeweiligen Pumpen aufgeführt.

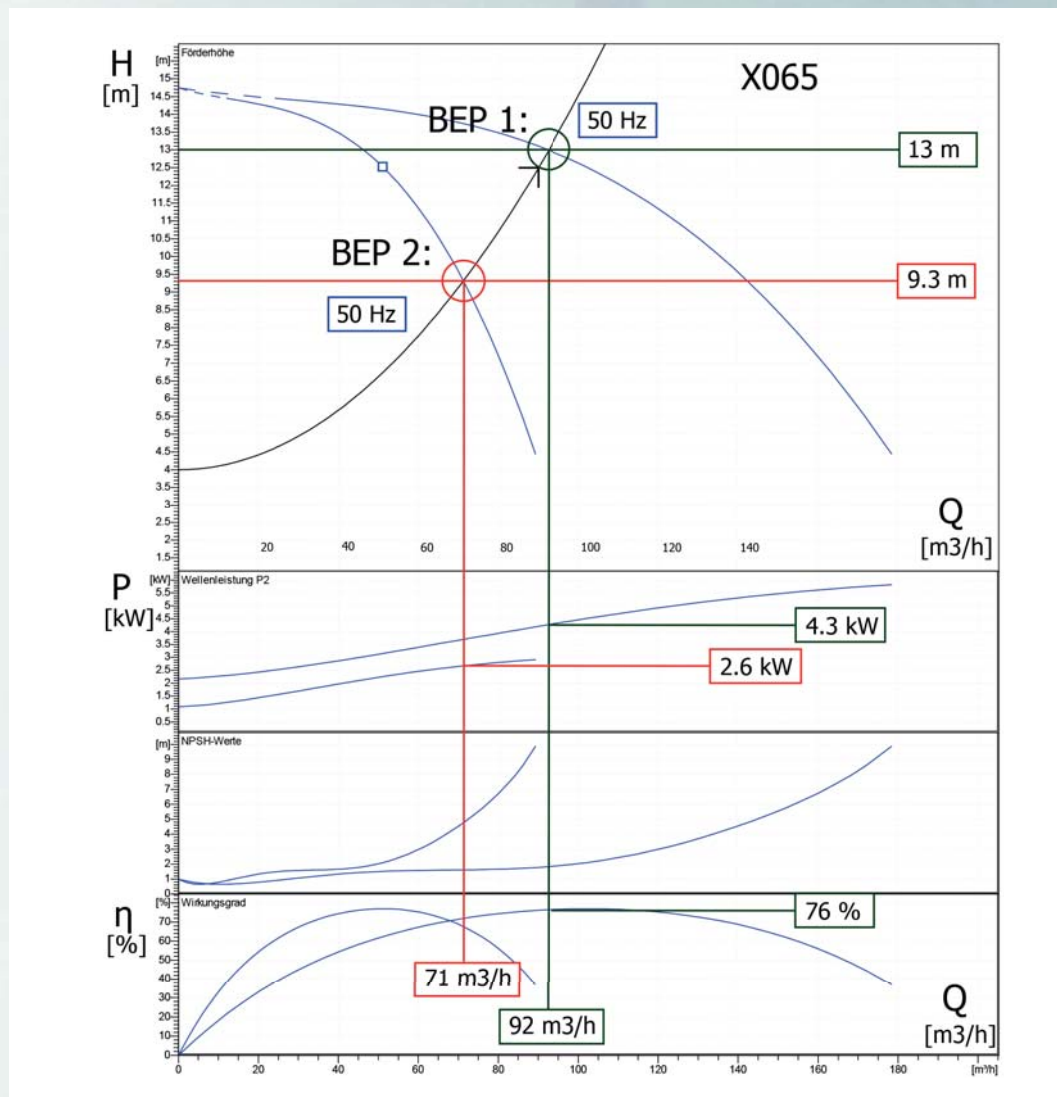
Seit dem 1.8.2015 darf der Energieeffizienz-Index (EEI) von Nassläuferpumpen einen Wert von 0,23 nicht überschreiten.

4.4.5 Hinweise zum Betrieb

Nachfolgend werden zwei Arten der Volumenstromreduzierung dargestellt.

- Abschalten einer Pumpe bei Doppelpumpen
- Einsatz von Frequenzumrichtern

4.4.5.1 Abschalten von Pumpen



Pumpenkennlinie:
UNIBAD 65-243/0304X

Betriebspunkt 1:

Einsatz im Parallelbetrieb (gedrosselt) für Auslegung $Q = 92 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 13 \text{ m}$

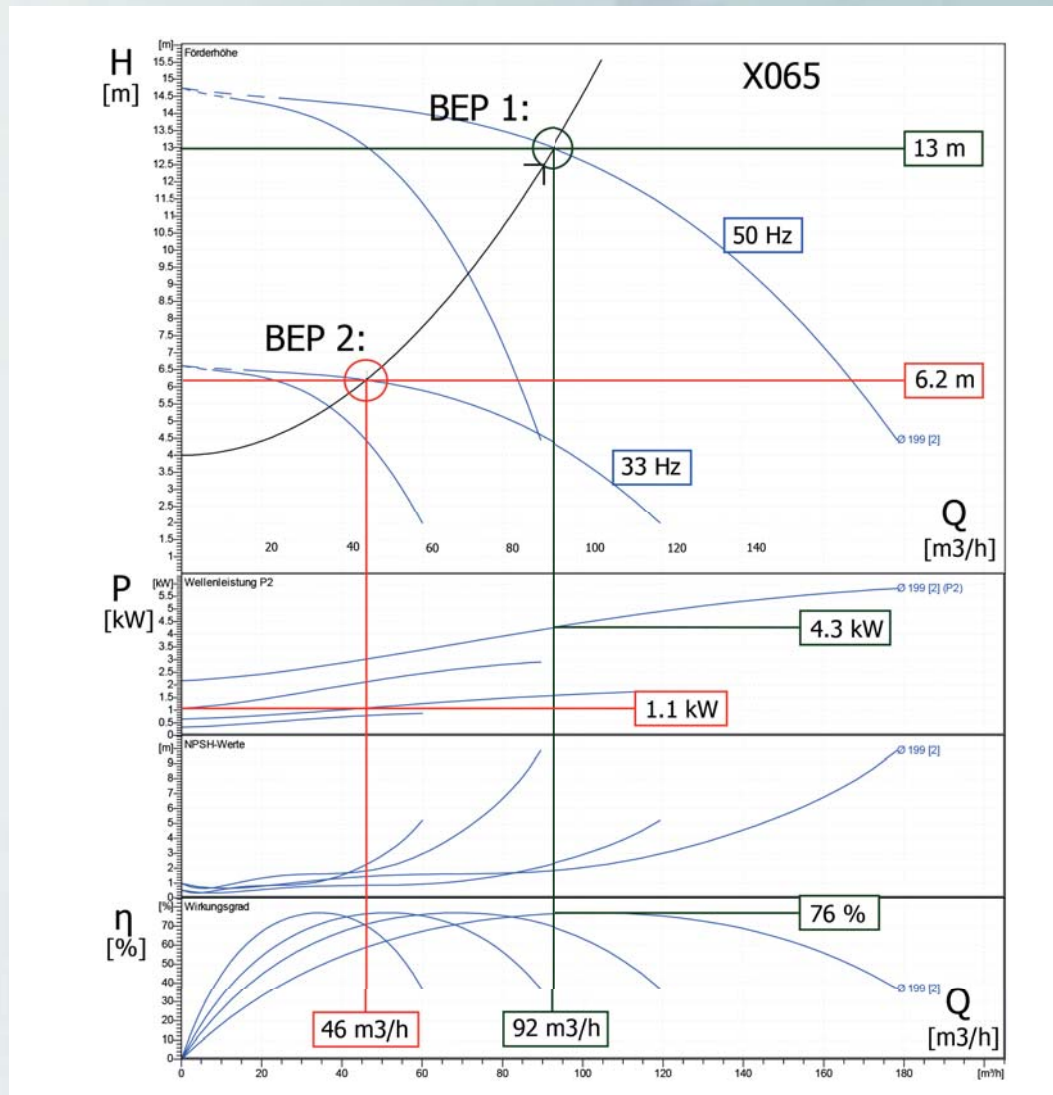
Betriebspunkt 2:

Nachabsenkung durch Abschalten einer Pumpe

$P_{\text{dif}} = 1,7 \text{ kW}$

Nachteinsparung ca. 40 %

4.4.5.2 Einsatz von Frequenzumrichtern



Pumpenkennlinie:
UNIBAD 65-243/0304X

Betriebspunkt 1:
Einsatz im Parallelbetrieb (Frequenzregelung) $Q = 92 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 13 \text{ m}$, $f = 50 \text{ Hz}$

Betriebspunkt 2:
Nachabsenkung durch Halbierung der Umwälzmenge mittels Frequenzumformer:
 $Q = 46 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 6,2 \text{ m}$, $f = 33 \text{ Hz}$
 $P_{\text{diff}} = 3,2 \text{ kW}$
Nachteinsparung ca. 75 %

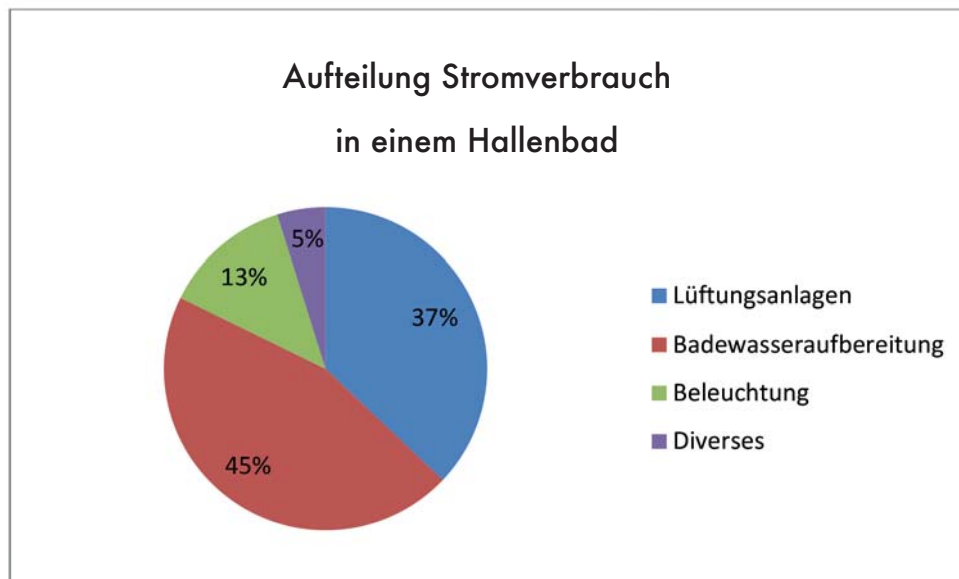


4.5 Ventilatoren

Siehe Quelle: www.topmotors.ch | Downloads: Merkblatt 24

4.5.1 Bedeutung

Die Lüftungsanlage ist neben der Badewasser-Aufbereitungsanlage eine der wichtigsten technischen Gebäudeausrüstungen in einem Hallenbad. Mit der Lüftungsanlage kann die Temperatur und Feuchte in der Schwimmhalle konstant gehalten werden, damit keine Schäden am Baukörper entstehen und für die Besucher ein behagliches Raumklima vorherrscht. Neben der Badewasseraufbereitungs-Anlage sind die Lüftungsanlagen die grössten Stromverbraucher in einem Hallenbad. In der folgenden Grafik ist der ungefähre prozentuale Anteil dargestellt.



4.5.2 Effiziente Luftförderung

Um den Stromverbrauch in Lüftungsanlagen zu reduzieren, muss eine effiziente Luftförderung gewährleistet werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sind vor allem folgende Aspekte zu beachten:

1. Minimaler Luftvolumenstrom
2. Minimaler Druckverlust
3. Variabler Volumenstrom
4. Effizienter Ventilator/Ventilatormotor



4.5.2.1 Minimaler Luftvolumenstrom

Die Auslegung des benötigten Luftvolumenstroms muss aufgrund der einschlägigen Normen/Richtlinien erfolgen. Dabei gilt insbesondere die Richtlinie SWKI 2004-1: „Raumlufthtechnische Anlagen in Hallenbädern“. Damit in heutigen Hallenbädern die benötigte Luftmenge richtig berechnet werden kann, ist es notwendig für jedes Becken einzeln die Verdunstungsberechnung durchzuführen. Die spezifischen Eigenschaften jedes Beckens wie Wassertemperatur, Beckenrandausführung und Attraktionen müssen dabei berücksichtigt werden.

4.5.2.2 Minimaler Druckverlust

Bereits in der ersten Planungsphase werden die Weichen für einen minimalen Druckverlust gestellt. Dabei muss die Platzierung der Lüftungszentralen wie auch der Schächte so festgelegt werden, dass ein kurzes Kanalnetz realisiert werden kann.

Die maximalen Luftgeschwindigkeiten gemäss SIA 382/1 müssen im Monobloc wie auch in den massgebenden Lüftungskanälen eingehalten werden.

Es sollen möglichst runde Lüftungskanäle verwendet werden, da diese gegenüber von rechteckigen Kanälen kleinere Druckverluste aufweisen (ein rechteckiger Kanal mit einem Seitenverhältnis von 1:5 weist gegenüber einem runden Kanal einen um ca. 50 % grösseren Druckverlust auf). Falls trotzdem Rechteckkanäle eingesetzt werden müssen, sind die Luftgeschwindigkeiten entsprechend zu reduzieren. Diese Kriterien können nur eingehalten werden, wenn der Lüftungsingenieur genügend Platz in Steigzonen und abgehängten Decken zur Verfügung hat. Der benötigte Platzbedarf ist deshalb frühzeitig beim Architekten anzumelden.

Im Betrieb der Anlagen ist eine regelmässige Kanalreinigung gemäss SWKI Richtlinie VA104-01 durchzuführen. Durch Verunreinigungen im Kanalnetz steigt der Druckverlust über die Jahre an.

4.5.2.3 Variabler Volumenstrom

Grundsätzlich ist der benötigte Volumenstrom von den anwesenden Personen abhängig. Dies ist auch in der Schwimmhalle der Fall. Auch dort wird die Verdunstung primär durch die Personen beeinflusst. Da die Anzahl der anwesenden Personen über den Tag verteilt sehr unterschiedlich ist, müssen auch die Lüftungsanlagen auf diese unterschiedlichen Anforderungen reagieren können. In der Eingangshalle, im Restaurant und in den Garderoben sollen deshalb CO₂-Fühler eingebaut werden, nach denen der Volumenstrom geregelt werden kann. Bei Nichtgebrauch der Anlagen (nachts) sollen diese ausgeschaltet werden. Dabei müssen jedoch auch die Reinigungszeiten beachtet werden.

In der Schwimmhalle wird der variable Volumenstrom einerseits durch die Feuchtelast und andererseits durch die Wärmelast bestimmt. Je nach System der Lufteinführung ist jedoch darauf zu achten, dass die minimalen Luftmengen nicht unterschritten werden (Kondensat an den Fenstern).

4.5.2.4 Effizienter Ventilator/Ventilatormotor

Bauart

In der Lüftungstechnik kommen vor allem Radial- oder Axialventilatoren zum Einsatz. Aus energetischen Gründen sind Radialventilatoren mit rückwärts gekrümmten Schaufeln zu wählen. Oft werden auch sogenannte Freiläufer eingesetzt, dies sind Radialventilatoren ohne Gehäuse.

Motor

Der Ventilator muss mit einem Elektromotor angetrieben werden. Für Motoren im Bereich 0,75 kW – 375 kW darf nur noch die Effizienzklasse IE 3 oder die Effizienzklasse IE 2 mit FU eingesetzt werden (Vergleiche dazu auch Kapitel 3.5.3.1).

Lastregelung

Ein variabler Volumenstrom wird durch Stufenschaltung oder den Einsatz eines Frequenzumformers (FU) erreicht. Der Wirkungsgrad eines FU liegt zwischen 90 % (0,75 kW) und 98 % (22 kW). Bei einem Teillastbetrieb von < 20 % sinkt der Wirkungsgrad unter 70 %. Somit ist der Einsatz eines FU nur sinnvoll, wenn über längere Zeit ein variabler Volumenstrom gefahren werden kann.

Aufgrund von elektromagnetischen Feldern, welche die Frequenzumformer verursachen, sollen die Frequenzumformer möglichst nahe beim Motor montiert werden.

Transmission

Die Motorleistung kann mit Direktantrieb, Flachriemen oder Keilriemen auf den Ventilator übertragen werden.

Die direkte Koppelung von Motorwelle und Ventilatorwelle ist verlustfrei und weist daher einen Wirkungsgrad von 100 % auf. Es entsteht kein Riemenabrieb, wodurch evtl. auch auf eine zweite Filterstufe verzichtet werden kann. Bis zu einer Wellenleistung von ca. 5 kW soll ein Direktantrieb gewählt werden.

Beim Flachriemenantrieb liegt der Wirkungsgrad zwischen 97 % (1 kW) und 98 % (10 kW). Flachriemen weisen einen kleineren Wartungsaufwand und einen geringeren Abrieb als Keilriemen auf.

Keilriemen weisen einen Wirkungsgrad von 93 % (1 kW) bis 96 % (10 kW) auf. Im Teillastbetrieb kann der Wirkungsgrad aber bis auf 85 % fallen. Wegen des Abriebs soll nach dem Ventilator eine zweite Filterstufe eingebaut werden. Ein häufiger Riemenwechsel bringt einen höheren Wartungsaufwand mit sich.

Fazit: Bei grösseren Leistungen sollen Flachriemen gewählt werden, bei kleineren Leistungen ist ein Direktantrieb zu bevorzugen. Auf den Einbau von Keilriemen soll verzichtet werden.

Wirkungsgrade

Um bestmögliche Energieeffizienz zu erhalten, sind hohe Wirkungsgrade von Ventilator, Transmission und Motor anzustreben. Für den Gesamtwirkungsgrad von Ventilatoren gelten EU-Richtlinien. Sie legen den Mindestwirkungsgrad für Ventilatoren fest. Relevant ist die elektrische Leistungsaufnahme des Antriebmotors im Bestpunkt des Ventilators.



Tabelle: Bestwerte für die Wirkungsgrade der verschiedenen Ventilortypen gemäss EU-Richtlinie 327/ 2011.

Ventilator-Typ	Messanordnung*	Wirkungs- grad- kategorie	Wirkungsgrad je nach Leistung	
			1 kW	10 kW
Axialventilator	A, C B, D	statisch total	58.7% 68.7%	65% 75%
Radialventilator mit vorwärts gekrümmten oder radial endenden Schaufeln	A, C B,D	statisch total	55.7% 58.7%	62% 65%
Radialventilator mit rückwärts gekrümmten Schaufeln und Gehäuse	A, C	statisch	59.5	70%
Radialventilator mit rückwärts gekrümmten Schaufeln und Gehäuse	A, C B,D	statisch total	61.5% 64.5%	72% 75%
Diagonalventilator (Mischform von Axial- und Radialventilator)	A, C B,D	statisch total	50.5% 54.5%	61% 65%
Querstromventilator	B, D	total	29.4%	32%

*A: frei ansaugend, frei ausblasend
 B: frei ansaugend, Kanal druckseitig
 C: Kanal saugseitig, frei ausblasend
 D: Kanal saugseitig, Kanal druckseitig



Spezifische Leistung von Ventilatoren

Die spezifische Ventilatorleistung (SFP) quantifiziert den elektrischen Leistungsbedarf eines Ventilators zur Förderung eines bestimmten Luftvolumenstroms und erlaubt die kombinierte Beurteilung der Wirkungsgrade und der Druckverluste.

Tabelle 1: Klassierung der spezifischen Ventilatorleistung

Kategorie	P_{SFP} W pro m^3/s	P_{SFP} W pro m^3/h
SFP 1+ *	≤ 300	≤ 0.083
SFP 1	> 300 bis 500	> 0.083 bis 0.14
SFP 2	> 500 bis 750	> 0.14 bis 0.21
SFP 3	> 750 bis 1250	> 0.21 bis 0.35
SFP 4	> 1250 bis 2000	> 0.35 bis 0.56
SFP 5 **	> 2000 bis 3000	> 0.56 bis 0.83
SFP 6 **	> 3000 bis 4500	> 0.83 bis 1.25
SFP 7 **	> 4500	> 1.25

* Die Kategorie SFP 1+ ist eine Definition dieser Norm

** Die Kategorie SFP 5, SFP 6 und SFP 7 nach SN EN 13779 werden in dieser Norm nicht verwendet

Tabelle 2: SFP-Kategorie der Ventilatoren für normale Anlagen

Anlagentyp gemäss Ziffer 1.5	SFP-Kategorie gemäss Ziffer 1.8			
	Zuluftventilator		Abluftventilator	
	Grenzwert	Zielwert	Grenzwert	Zielwert
Einfache Zuluftanlage	SFP 1	SFP 1+	-	-
Zuluftanlage mit Lufterwärmung, Umluftkühlgerät	SFP 1	SFP 1+	-	-
Einfache Abluftanlage	-	-	SFP 1	SFP 1+
Abluftanlage mit Abwärmenutzung	-	-	SFP 1	SFP 1+
Einfache Lüftungsanlage	SFP 1	SFP 1+	SFP 1	SFP 1+
Lüftungsanlage mit Lufterwärmung	SFP 2	SFP 1	SFP 1	SFP 1 +
Lüftungsanlage mit Lufterwärmung und -befeuchtung	SFP 2	SFP 1	SFP 1	SFP 1+
Einfache Klimaanlage	SFP 3	SFP 2	SFP 2	SFP 1
Klimaanlage mit Luftbefeuchtung	SFP 3	SFP 2	SFP 2	SFP 1
Klimaanlage mit Luftbe- und -entfeuchtung	SFP 3	SFP 2	SFP 2	SFP 1



Tabelle 3: Spezifische Leistung der Ventilatoren für normale Anlagen

Anlagentyp gemäss Ziffer 1.5	Spezifische Ventilatorleistung in W pro m ³ /h gemäss Ziffer 1.8			
	Zuluftventilator		Abluftventilator	
	Grenzwert	Zielwert	Grenzwert	Zielwert
Einfache Zuluftanlage	0.14	0.083	-	-
Zuluftanlage mit Lufterwärmung, Umluftkühlgerät	0.14	0.083	-	-
Einfache Abluftanlage	-	-	0.14	0.083
Abluftanlage mit Abwärmenutzung	-	-	0.21	0.14
Einfache Lüftungsanlage	0.14	0.083	0.14	0.083
Lüftungsanlage mit Lufterwärmung	0.21	0.14	0.14	0.083
Lüftungsanlage mit Lufterwärmung und - befeuchtung	0.21	0.14	0.14	0.083
Einfache Klimaanlage	0.35	0.21	0.21	0.14
Klimaanlage mit Luftbefeuchtung	0.35	0.21	0.21	0.14
Klimaanlage mit Luftbe- und -entfeuchtung	0.35	0.21	0.21	0.14

Tabelle 4: Spezifische Leistung der Ventilatoren für Anlagen mit speziellen Anforderungen

Anlagentyp gemäss Ziffer 1.5	Spezifische Ventilatorleistung in W pro m ³ /h gemäss Ziffer 1.8			
	Zuluftventilator		Abluftventilator	
	Grenzwert	Zielwert	Grenzwert	Zielwert
Einfache Zuluftanlage	0.14	0.083	-	-
Zuluftanlage mit Lufterwärmung, Umluftkühlgerät	0.21	0.14	-	-
Einfache Abluftanlage	-	-	0.14	0.083
Abluftanlage mit Abwärmenutzung	-	-	0.21	0.14
Einfache Lüftungsanlage	0.21	0.14	0.21	0.14
Lüftungsanlage mit Lufterwärmung	0.35	0.21	0.21	0.14
Lüftungsanlage mit Lufterwärmung und - befeuchtung	0.35	0.21	0.21	0.14
Einfache Klimaanlage	0.56	0.35	0.35	0.21
Klimaanlage mit Luftbefeuchtung	0.56	0.35	0.35	0.21
Klimaanlage mit Luftbe- und -entfeuchtung	0.56	0.35	0.35	0.21

Energiebedarf der Luftförderung

Der Energiebedarf für die Luftförderung berechnet sich nach folgender Formel:

$$E = \frac{q_v \cdot \Delta p \cdot t}{\eta_v \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}$$

E	Elektrischer Energiebedarf in Wh
q_v	Volumenstrom in m ³ /s
Δp	Gesamtdruckdifferenz in Pa
t	Betriebszeit in h
η_v	Wirkungsgrad des Ventilators
η_{Tr}	Wirkungsgrad der Transmission (Keil- oder Flachriemen)
η_M	Wirkungsgrad des Motors
η_R	Wirkungsgrad der Regelung (Frequenzumformer)

Bei mehrstufigen oder stufenlos variablen Luftvolumenströmen ist die Berechnung der verschiedenen Betriebszustände separat durchzuführen.

Dimensionierung

Bei konstantem Betriebspunkt erfolgt die Dimensionierung beim Bestpunkt des Ventilators. Bei Anlagen mit variablem Volumenstrom soll die Dimensionierung aufgrund der Häufigkeit der Betriebspunkte erfolgen.



4.6 Fensterfassadenbelüftung im Schwimmbadbau

Die Fensterfassade muss – vor allem im Altbau aufgrund schlechterer U-Werte – in erster Priorität gut gedämmt und erst in zweiter Priorität in folgenden Fällen künstlich belüftet werden:

1. Bei tiefen Aussentemperaturen kann das Glas innen beschlagen
2. Mangels Wärmeabstrahlung des Glases empfindet der Besucher der Schwimmhalle die Strahlung durch die kalte Oberfläche des Glases als unangenehm, da der Mensch das Mittel aus Raumlufttemperatur und der Oberflächentemperatur empfindet.

Die Belüftung erfolgt in der Regel über Lüftungsauslässe unter der Fensterfassade. Bei der Planung dieser Auslässe müssen verschiedene Parameter berücksichtigt werden:

- Je wärmer und trockener die Zuluft ist, umso weniger Luftmenge ist über den Zuluftauslass an der Fensterfassade nötig.
- Je weiter der Auslass die Luft in den Raum einwirft, umso eher kann die Zuluft die oberen Bereiche der Fensterfassade erreichen.
- Optimierung der Luftmenge durch korrekte Auslegung der Zuluft – Einwurfweite durch Breite der Auslässe beeinflusst. Dabei sollte auch beachtet werden, dass die Luftmenge der Lüftungsanlage die meiste Zeit des Jahres und vor allem in den aussenlufttrockenen Wintermonaten im Teillastbetrieb gefahren wird, so dass sich im bauphysikalisch und abschirmungskritischen Winterfall die ausgelegte Einwurfweite deutlich verkürzen kann. Die Ausblasgeschwindigkeit im Volllastbereich ist also möglichst hoch zu wählen, damit im Teillastbereich immer noch ausreichend Einwurfweite für eine Abschirmung und bauphysikalische Trocknung vorhanden ist.
- Gewährleistung von einem gleichmässigen Einströmen der Zuluft über die gesamte Länge der Fensterfassade.
- Für Bodenreinigungsarbeiten und Beckenüberschwappungen sollte der Auslass evtl. mit einem Gefälle und Kondensatablauf versehen werden.



4.7 Lastmanagement

4.7.1 Elektro

Für die Stabilität der Stromnetze ist es wichtig, dass die Stromproduktion und der Stromverbrauch im Gleichgewicht sind. Dazu wird die Stromerzeugung in den Kraftwerken beeinflusst, der elektrische Strom in Pumpspeicherkraftwerken oder Batterien gespeichert sowie die Lastverschiebung bei bestehenden Infrastrukturanlagen eingesetzt.

Mit dem Lastmanagement werden die Leistungsspitzen beim Strombezug verkleinert und damit der Strombezug geglättet. Verbraucher, welche nicht unbedingt zu einem bestimmten Zeitpunkt versorgt werden müssen, werden abgeschaltet und zu einem späteren Zeitpunkt eingeschaltet. Tiefere Leistungsspitzen führen zu tieferen Leistungskosten und zu tieferen Stromkosten. Lastverschiebungen in der Zeit können an einen Regelpooler (Elektrizitätswerk) verkauft werden.

Das Lastmanagement verschiebt den Energiebedarf zeitlich, spart aber keine Energie. Der Energieverbrauch bleibt in der Summe gleich hoch, fällt nur zu einer anderen Zeit an.

4.7.1.1 Potenzial

Das Potenzial für Lastmanagement in Bädern wird durch die Anforderungen an die Wasser- und Lüfthygiene eingeschränkt. Die Hygiene hat oberste Priorität.

Der elektrische Energiebedarf in der Badewasseraufbereitung und Lüftung wird wesentlich durch den Volumenstrom verursacht. Dieser wird durch Pumpen und Ventilatoren angetrieben.

Der Umwälzvolumenstrom kann bei guter Wasserqualität reduziert werden. Dabei müssen jedoch immer die Anforderungen der Hygiene beachtet werden. Die Reduktion des Umwälzvolumenstroms sollte auch genutzt werden, weil die elektrische Leistung mit der dritten Potenz des Volumenstroms abnimmt.

Insbesondere bei Freibädern mit grossen Wasserflächen und entsprechend grossen Umwälzvolumenströmen ist eine Reduktion der Wassenumwälzung sehr effektiv. Dazu kommen die Tage mit schlechtem Badewetter, an denen die Wasserqualität gut ist, weil praktisch keine Badegäste Schmutz eintragen.

Die Reduktion des Volumenstromes sollte mindestens durch einen manuellen Betriebswahlschalter in drei Stufen schaltbar sein und durch das Betriebspersonal auch regelmässig angepasst werden. Es empfiehlt sich ebenfalls, eine Reduktion des Umwälzvolumenstromes ausserhalb der Betriebszeiten (meist nachts) über eine Zeitschaltuhr zu programmieren.



Weitergehende Automatisierungen mit einer Messung des gebundenen Chlors oder des Gesamtchlors können in grösseren Bädern wirtschaftlich eingesetzt werden. Sie bedingen einen leicht grösseren Aufwand in der Wartung der Analysegeräte.

Im Freibad ist eine Automatisierung denkbar, welche die Lufttemperatur als Führungsgrösse heranzieht.

Für die Lüftung von Schwimmhallen gilt ebenfalls das Primat der Lufthygiene. Sind die klimatischen Bedingungen des Komforts und der Bauphysik sowie die Konzentrationen an gewissen Stoffen eingehalten, können durch Reduktion des Volumenstromes und des Umluftbetriebes Strom und Wärme gespart werden.

4.7.1.2 Badewasseraufbereitung

Das Primat der Wasserhygiene lässt wenig Spielraum für ein allfälliges Lastmanagement. Werden die Filter mit einer separaten Spülwasserpumpe gespült, stehen in dieser Zeit die zugehörigen Filterpumpen still.

4.7.1.3 Attraktionen: Rutschen, Gegenstromanlagen, Nackenduschen, Sprudelligen

Attraktionen wie Luftsprudelliegen, Whirlpool, Nackenduschen, Bodensprudler etc. können in kleinen Bädern (Hotel, Wellnessanlagen) über Drücker durch den Badegast oder Präsenzmelder bedient werden. Neben der eigentlichen Reduktion der Laufzeit der entsprechenden Pumpe oder Gebläse reduziert sich die Verdunstung und entsprechend der Energiebedarf der Badewassererwärmung und der Lüftung.

Bei grösseren Becken, welche de facto permanent durch die Badegäste genutzt werden, sind Drücker wenig praktikabel. Die Attraktionen laufen dauernd, aber nur während der Belegungszeit. Es empfiehlt sich jedoch, nur einen Teil der Attraktionen gleichzeitig zu betreiben und dies in einem Lastprogramm festzulegen.

4.7.2 Wärme

Wärmepumpen bieten eine gute Möglichkeit für das Lastmanagement der Elektrizität. Um die erzeugte Wärme zum Zeitpunkt ihres Bedarfs bereitzustellen, sind Wärmespeicher nötig.

Bei der Wärmeerzeugung durch Blockheizkraftwerke und Gaskessel wird auf eine möglichst geringe Anzahl an Ein- und Abschaltvorgängen geachtet. Dadurch erhöht sich die Lebensdauer der Wärmeerzeuger und die Wartungskosten sinken. Sonnenwärme fällt tagsüber mit witterungsbedingter, schwankender Leistung an. Zum Ausgleich der Wärmeerzeugung und deren Verbrauch sind Speicher nötig.

Die Vermeidung von Legionellen in Warmwassersystemen wird häufig durch periodisches Aufheizen des Brauchwarmwassers auf 65 – 75°C erreicht. Dieses Aufheizen soll im Wochen- und Tagesverlauf so gelegt werden, dass sich niemand verbrüht und die Wärme genutzt wird. Der genaue Zeitpunkt kann innerhalb gewisser Grenzen durch ein Lastmanagementsystem beeinflusst werden.

4.7.2.1 Badewasser als Wärmespeicher

In Hallenbädern sind die Benutzer sehr sensibel auf die Beckenwassertemperatur und ihre Schwankungen. Die Beckenwassertemperatur sollte in einem Band von 0,5°C gehalten werden. Als Wärmespeicher sind Hallenbecken deshalb schlecht geeignet.

Teilweise sind Warmbadetage oder Rheumaschwimmen beliebt. Dies benötigt viel Wärme in kurzer Zeit, jedoch ist die Wärme zu einem vorangekündigten Zeitpunkt ins Badewasser zu leiten. Zudem sind die bauphysikalischen Rahmenbedingungen und die Leistungsfähigkeit der Lüftung zu beachten.

Die Badewassertemperatur in Freibädern unterliegt grösseren Schwankungen. Bei der Erstfüllung liegt diese bei rund 12°C und kann im Hochsommer auf über 26°C ansteigen. Liegt die Wassertemperatur bei Hitzeperioden über 28°C bietet das Wasser kaum mehr Erfrischung. Hingegen anfangs Saison im April, Mai und Juni ist es für die Badegäste attraktiv, wenn das Freibadwasser erwärmt wird. Ebenso im September.

4.7.3 Wärmekraftkoppelung

Wärmekraftkoppelung (WKK) oder Blockheizkraftwerke (BHKW) wandeln fossile Energie (Öl, Diesel, Gas) in Strom und Wärme um. In Bädern sind beide Energieformen gleichzeitig gefragt, weshalb diese Art der Energieerzeugung sinnvoll ist.

Der Stromverbrauch in Bädern, insbesondere der Filterpumpen im Teillastbetrieb, ist recht konstant. Auch der Teillastbetrieb der Lüftung wird über grosse Teile des Jahres benötigt. Also kann diese Grundlast an Strom gut durch ein Blockheizkraftwerk abgedeckt werden. Das Blockheizkraftwerk soll so ausgelegt werden, dass es die Grundlast abdeckt und kontinuierlich läuft und möglichst auf über 7 000 Betriebsstunden pro Jahr kommt. Die spezifischen Wartungskosten für ein BHKW sind relativ hoch, diese sinken aber bei grösseren Anlagen und guter Auslastung. Die Wärme des BHKWs kann gut den Brauchwarmwasser-Bedarf decken.

Wird ein Teil des produzierten Stroms für den Betrieb einer Wärmepumpe verwendet, welche Grundwasser oder Abwasser als Wärmequelle nutzt, kann der Wärmeertrag aus dem fossilen Energieträger umweltfreundlich weiter gesteigert werden.

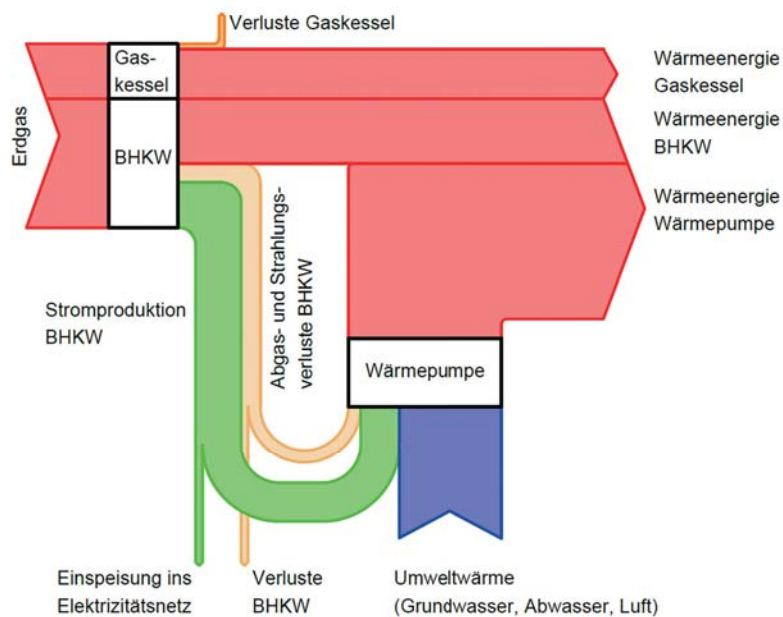


Abb.19: Erdgasnutzungskonzept eines BHKWs, Spitzenlastkessel und zusätzlicher Wärmepumpe

Wärmeerkoppelungs-Anlagen, welche mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, müssen von Gesetzes wegen die produzierte Wärme vollständig nutzen, d.h. wärmegeführt sein. Energiegesetz des Bundes, Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), Ausgabe 2014, Basismodul, Teil K: Wärmenutzung bei Elektrizitätserzeugungsanlagen und Vollzugshilfe EN-9 der Konferenz Kantonalen Energiefachstellen. Ein BHKW verträgt sich deshalb nicht mit andern grundlastdeckenden Wärmeerzeugern.

4.8 Gebäudeautomation

Eine zentrale Stelle, an welcher alle Informationen der verschiedenen Anlagenteile bedient und beobachtet werden können, ist aus Sicht der Betriebsoptimierung unumgänglich. Nur so können einzelne oder zusammenhängende Energieeinsparpotenziale erfasst und umgesetzt werden. Weiter ist so bereits auch die notwendige Systemarchitektur gegeben, um ein Energiemanagementsystem, wie dies im folgenden Kapitel 4.8.1 detailliert beschrieben wird, optimal zu integrieren.

Grundsätzlich wird empfohlen, eine möglichst geringe Anzahl an Lieferanten von Automationssystemen in einem typischen Hallenbad zu integrieren.



Je weniger Schnittstellen vorhanden sind, desto weniger schnittstellenabhängige Probleme entstehen. Weiter ist es aus Sicht des Betreibers immer wichtig, klare Ansprechpersonen zu haben.

Systemlieferant Badewassertechnik:

Dieser bringt die komplette Steuerung und Automatisierung der spezifischen Badewassieranlagen.

Systemlieferant Gebäude (GMS):

Die übrigen Gewerke wie Heizung, Lüftung, Klima und Sanitär sollen über das gleiche Automatisierungssystem gesteuert werden. (Dabei kann in der Systemarchitektur berücksichtigt werden, dass die einzelnen Gewerke in sich voll funktionsfähig sind.)

Systemlieferant Beleuchtung:

Die Steuerung der Beleuchtung und des Sonnenschutzes können separat erfolgen oder in die Gebäudeautomation integriert werden.

Durch eine definierte Schnittstelle zwischen den unterschiedlichen Systemlieferanten sollen dann alle wichtigen Alarmer, Soll- und Istwerte der Badewassertechnik in die GMS-Umgebung integriert werden.

Nur so können dann mittels Trendanalysen gewisse Verhaltensmuster durchgängig nachvollzogen, geprüft und optimiert werden, wie z. B. Energieverbrauchs- und Leistungsalarmer aus dem Energiemanagementsystem (EMS). Daraus sollen auch die möglichen Ursachen ermittelt und entsprechende Gegenmassnahmen eingeleitet werden.

Mit einem GMS kann direkt keine Energie gespart werden, dieses bietet jedoch ein optimales Instrument, um durch gezielten Betrieb der verschiedenen Aggregate Energie zu sparen. Nämlich indem in den einzelnen Gewerken zeitlich der Bedarf und der Verbrauch in Übereinstimmung gebracht und Abweichungen entdeckt und angepasst werden.

4.8.1 Energiemanagementsystem (EMS)

Am Markt gibt es bereits unzählige Energiemanagementsysteme, welche sich technisch kaum unterscheiden. Die grösste Herausforderung bei der Integration des EMS ist, die richtigen Energierohdaten zu bestimmen, d. h. also das Messkonzept, deren Richtwerte und Überwachungsgrenzwerte zu bestimmen.

Eine weitere Herausforderung ist das bestimmen eines Energieverantwortlichen innerhalb der Hallenbadorganisation. Oft fehlt dem Personal das nötige physikalische und technische Hintergrundwissen, was eine vertiefte Betreuung sowie die Effizienzsteigerung des EMS erschwert. Aus diesem Grund wird in solchen Fällen ohne spezialisiertes Betriebspersonal empfohlen, Service- und Wartungsverträge mit den Integratoren oder Planern zu vereinbaren.

In Deutschland schon sehr weit verbreitet, in der Schweiz noch eher unbekannt ist die Energiemanagement Zertifizierung nach ISO 50001, welche auch für Hallenbäder als Grundlage herangezogen werden kann.





5

BETRIEBLICHE MASSNAHMEN



5 Betriebliche Massnahmen

////////////////////////////////////

5.1 Nachtabsenkung der Raumtemperatur

////////////////////////////////////

5.2 Tag-, Nachtbetrieb Beckenwasserumwälzung

////////////////////////////////////

5.3 Bewirtschaftung der Attraktionen

////////////////////////////////////







5.1 Nachtabsenkung der Raumtemperatur

Früher galt die Faustregel: Lufttemperatur ca. 2°C über der Wassertemperatur. Durch die teilweise höheren Wassertemperaturen ist diese Regel nicht immer gültig. Die für die Behaglichkeit erforderliche Raumtemperatur muss individuell für jede Schwimmhalle gemäss SWKI 2004-1: Raumluftechnische Anlagen in Hallenbädern ermittelt werden. Bei gut isoliertem Bauwerk mit wenig Glasanteil genügen etwa 30°C . Bei hohem Glasanteil können 31°C - 32°C erforderlich werden. Im Winter soll die Raumtemperatur von 32°C nicht überschritten werden.

Auf der Wasseroberfläche bildet sich eine dünne Luftschicht, die als Grenzschicht des Wasserdampftransporters fungiert. Diese Grenzschicht hat einen Einfluss auf die Verdunstung. Die sogenannte Grenzschichtkonvektion erfolgt, wenn leichte Luft mit erhöhtem Wasserdampfanteil von der Wasseroberfläche aufsteigt und die trockene (schwere) Luft nachfließt.

→ Diese Luftbewegung erhöht die Wasserverdunstung

→ Diese Luftbewegung findet vermehrt statt, wenn die Raumlufthtemperatur nahe der Beckenwassertemperatur oder sogar tiefer liegt.

D. h. dass bei reduzierter Raumlufthtemperatur die Grenzschichtkonvektion aktiv ist und somit mehr Wasser verdunstet. Eine Absenkung der Raumtemperatur (ohne Anpassung der Raumfeuchte) ist deshalb zur Energieeinsparung sogar kontraproduktiv. Also soll keine Nachtabsenkung (Reduzierung der Raumlufthtemperatur während der Nacht) stattfinden.

Eine Anhebung der Raumfeuchte während der Nacht ist möglich, wenn dies bauphysikalisch so geplant wurde.



5.2 Tag-, Nachtbetrieb Beckenwasserumwälzung

In der alten SIA 385/1: 2000 war Reduzierung des Volumenstromes nach der Beendigung des täglichen Badebetriebs nur im Ruhebetrieb möglich. Eine Reduzierung des Volumenstroms während des Badebetriebs war nicht vorgesehen.

Die aktuelle SIA 385/9: 2011 ermöglicht nun aber auch eine Reduzierung auf max. 50 % der Umwälzleistung in Zeiten mit schwachen Benutzerfrequenzen. Das heisst, der Volumenstrom darf auch während des Badebetriebes reduziert werden.

Der Hinweis, dass dies nur unter Einhaltung der vorgegebenen hygienischen Parameter möglich ist, ist natürlich selbstverständlich. Aber bei Badebecken mit unterschiedlichen Frequenzen, wie z. B. einem Lehrschwimmbad, eröffnet dies ein entsprechendes Einsparpotenzial.

Der Volumenstrom kann entweder manuell oder automatisch reduziert werden. Eine Rückstellung muss in jedem Fall automatisch erfolgen.

Aufgrund der gegebenen Pumpenkennlinie mit entsprechender Anlagekennlinie wandert der Betriebspunkt beim Abschalten einer Pumpe auf der veränderten Anlagekennlinie (durch die erforderliche Drosselung) nach unten. Infolge der Anlagekennlinie reduziert sich der Volumenstrom auf etwa 66 %, die Stromaufnahme reduziert sich dabei aber sogar auf etwa 60 %.

Damit die Wasserverdunstung im Nachtbetrieb zusätzlich reduziert wird, kann eine Wasserspiegelabsenkung vorgenommen werden. Dadurch wird die Verdunstung über den Beckenrand und der Beckenrinne eliminiert. Diese Massnahme ist vor allem bei hochliegenden Beckenrändern und bei Warmaussenbecken zu empfehlen. Eine Becken-Internumwälzung während der Nacht muss aber sichergestellt sein.

Meist ist es nicht notwendig, dass die Lüftungsanlagen der Nebenräume 24 h in Betrieb sind. Aufgrund der Nutzungszeiten der Nebenräume (Eingangshalle, Garderobe) sollen die Betriebszeiten dieser Lüftungsanlagen während der Nacht minimiert werden.





5.3 Bewirtschaftung der Attraktionen

In Hallen- und Freibädern sind oft vielfältige Wasserattraktionen eingebaut (Rutschen, Whirlpools, Sprudelliegen, Nackenduschen etc.). Der Betrieb dieser Attraktionen soll nach einem Zeitprogramm definiert werden. Dabei müssen nicht alle Attraktionen gleichzeitig in Betrieb sein, sondern sollen im Wechselbetrieb ein- und ausgeschaltet werden. Dadurch kann einerseits die Laufzeit, aber auch die Anzahl der Verdichter und Pumpen reduziert werden.

Durch den Bademeister soll jederzeit ohne grossen Aufwand ein manueller Eingriff auf die Laufzeiten möglich sein, damit auf die momentanen Besucherfrequenzen reagiert werden kann.

Abb. 1







6

UMSETZUNG

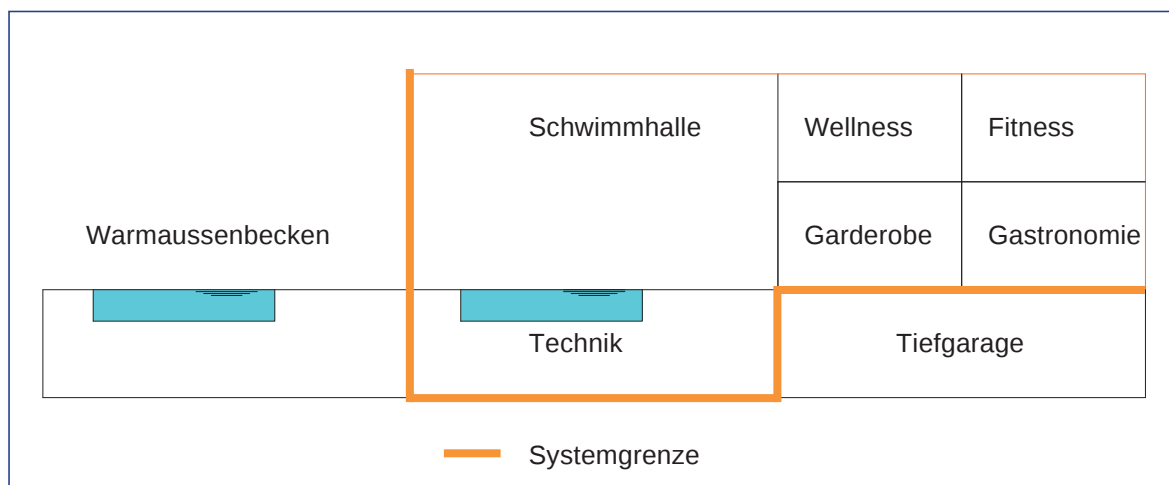


6.1 Postulieren von Kennzahlen

Im nachfolgenden Kapitel werden Kennzahlen definiert, welche der Energieverbrauch in sanierten und neuen Hallen- und Freibädern darstellen. Ziel ist, den Energieverbrauch eines bestehenden Bades zu bewerten und daraus Massnahmen für Energieeinsparungen festzulegen. Ebenso kann mit diesen Kennzahlen bei einem neuen Bad die energetische Situation beurteilt werden.

6.1.1 Systemgrenzen

Wie bereits in Kapitel 1.5 erwähnt, sind die Nutzungen in einem Hallenbad sehr unterschiedlich. Damit die Bäder bezüglich Energieverbrauch miteinander verglichen werden können, müssen Systemgrenzen definiert und die generellen Nutzungen berücksichtigt werden.



Die Systemgrenze muss so gewählt werden, dass die energetisch relevanten Nutzungen sinnvoll dem Gebäude zugeordnet werden können. Entsprechend ist auch der Energieverbrauch aufzunehmen. Hallenbadspezifische Angebote wie Wellnessanlagen, Fitnesscenter, Gastronomie etc. sollen innerhalb der Systemgrenze liegen.



6.1.2 Bädereinteilung

Grundsätzlich können Bäder wie folgt eingeteilt werden:

- Hallenbäder
- Warmaussenbecken
- Freibäder

Die Hallenbäder werden unterteilt in:

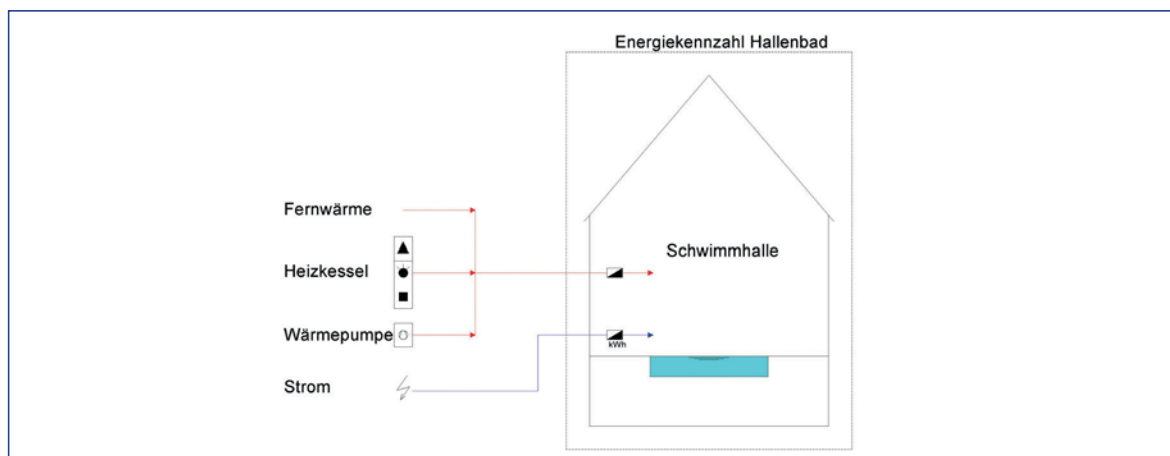
- **Lehrschwimmbecken:**
Hallenbäder, welche meist als Lehrschwimmbecken für Schulen verwendet werden
Wasserfläche ca. 150 – 350 m²
Umbauter Raum ca. 4 000 – 7 000 m³
- **Kleinere Hallenbäder:**
Wasserfläche ca. 300 – 500 m²
Umbauter Raum ca. 10 000 – 25 000 m³
- **Mittlere Hallenbäder:**
Wasserfläche ca. 500 – 1 000 m²
Umbauter Raum ca. 30 000 – 40 000 m³
- **Grosse Hallenbäder (Spasbäder):**
Wasserfläche ca. > 1 000 m²
Umbauter Raum ca. > 40 000 m³

Bemerkung: Massgebend für die Einteilung ist eher die Wasserfläche als die Kubatur.



6.1.3 Energiekennzahlen Hallenbäder

Die „Energiekennzahl für Hallenbäder“ wird als Wärmebedarf oder Strombedarf (Nutzenergie) definiert, d. h. Wärmelieferung ab Heizkessel, Wärmepumpe oder Fernwärme bzw. Stromlieferung ab Stromzähler. Die Wärmeerzeugerverluste werden nicht berücksichtigt.



6.1.3.1 Basiswert

Die Energiekennzahlen müssen in zwei Schritten bestimmt werden. Im ersten Schritt wird der „Basiswert“ der Energiekennzahl bestimmt. Bezugsgrösse ist der umbaute Raum (Kubatur gemäss SIA 116) in m^3 .

Energiekennzahlen nach einer Gesamtsanierung (Basiswert):

	Wärme kWh/m^3	Strom kWh/m^3	Gesamt kWh/m^3
Lehrschwimmbecken	52	33	85
Kleine Hallenbäder	50	33	83
Mittlere Hallenbäder	45	33	78
Grosse Hallenbäder	45	33	78

Energiekennzahlen von Neubauten (Basiswert):

	Wärme kWh/m^3	Strom kWh/m^3	Gesamt kWh/m^3
Lehrschwimmbecken	50	30	80
Kleinere Hallenbäder	48	30	78
Mittlere Hallenbäder	43	30	73
Grosse Hallenbäder	43	30	73

Diese Energiekennzahlen basieren auf Messdaten von untersuchten Objekten.



6.1.3.2 Zuschläge Strom

In einem zweiten Schritt werden auch die speziellen Angebote für jedes Hallenbad individuell berücksichtigt, indem Zuschläge ermittelt werden.

1. Attraktionen im Hallenbad

- Rutsche (L= 60 m, H= 10 m, Betrieb 3 500 h/a)	ca. 14 000 kWh/a
- Wasser-Attraktionsanlage je Becken (5 – 10 Attraktionen, Betrieb 2 400 h/a)	ca. 12 000 kWh/a
- Luft-Attraktionsanlage je Becken (5 – 10 Attraktionen, Betrieb 2 400 h/a)	ca. 25 000 kWh/a

2. Sauna/Wellness

Saunakabine:	ca. 2 000 kWh/m ² a
Dampfbad:	ca. 4 000 kWh/m ² a

3. Fitnessraum

Mehrverbrauch im Fitnessraum (durch Kraft- und Ausdauergeräten, Klimatisierung)	ca. 50 kWh/m ² a
--	-----------------------------

4. Küche

Mehrverbrauch in der Küche	ca. 350 kWh/m ² a
----------------------------	------------------------------

6.1.3.3 Zuschläge Wärme

Im Bereich Wärme werden keine Zuschläge berücksichtigt.

6.1.3.4 Berechnungsbeispiel Strom

Grundlagen

Hallenbad Neubau 38 000 m³

1 Rutsche

2 Wasserattraktionsanlagen

1 Luftattraktionsanlage

2 Saunakabinen je 25 m²

1 Dampfbad 20 m²

Küche 50 m² und Restaurant

Energieverbrauch Strom ohne Zuschläge (Basiswert):

$$38\,000\text{ m}^3 \times 30\text{ kWh/m}^3\text{a} = 1\,140\,000\text{ kWh/a}$$

Zuschläge:

- Rutsche	14 000 kWh/a
- Wasserattraktionsanlagen 2 Stk	24 000 kWh/a
- Luftattraktionsanlage 1 Stk	25 000 kWh/a
- Wellness	
Saunakabine $50\text{ m}^2 \times 2'000\text{ kWh/m}^2\text{a} =$	100 000 kWh/a
Dampfbad $20\text{ m}^2 \times 4'000\text{ kWh/m}^2\text{a} =$	80 000 kWh/a
- Küche	
$50\text{ m}^2 \times 350\text{ kWh/m}^2\text{a} =$	<u>17 000 kWh/a</u>
Summe	1 337 000 kWh/a

Energiekennzahl Strom inkl. Zuschläge:

$$1\,337\,000\text{ kWh/a} : 38\,000\text{ m}^3 = \underline{\underline{35\text{ kWh/m}^3\text{a}}}$$

6.1.3.5 Wasserverbrauch von sanierten oder neuen Bädern

Der Wasserverbrauch in einem Hallenbad wird vor allem durch die eingebauten Systeme (Wasseraufbereitung) sowie die Besucherzahl bestimmt. Daher ist es sinnvoll, eine Energiekennzahl Wasser auf die Anzahl Besucher zu beziehen.

Der vielfältige Wasserverbrauch in einem Hallenbad lässt sich in Gruppen zusammenfassen:

- Beckenfüllung
- Beckenstetszulauf
- Duschwasserverbrauch
- Wasserverbrauch für WC-Anlagen/Reinigung etc.

Beckenfüllung:

Die Beckenfüllung wird in den meisten Bädern einmal pro Jahr durchgeführt. In Ausnahmefällen zweimal pro Jahr.

Beckenstetszulauf:

Die Mindestzugabe von Frischwasser beträgt gemäss SIA 385/9 mindestens 30 Liter pro Person. Aufgrund der benötigten Spülwassermenge für die Badewasserfilter wird diese Mindestzugabe meist überschritten.

Duschen:

Der Wasserbedarf für die Duschanlagen ist einerseits von den gewählten Duscharmaturen, andererseits vom Benutzerverhalten der Besucher abhängig und kann sehr stark schwanken.

Wasserverbrauch WC-Anlagen/Reinigung:

Auch in diesem Bereich ist der Verbrauch stark von den gewählten Armaturen abhängig. Ein weiterer Einfluss ergibt sich durch die Intensität der Reinigung sowie die Reinigungsarten.

Für die aufgezählten Gruppen können folgende durchschnittliche Wasserverbräuche in einem Hallenbad eingesetzt werden:

Verbraucher	l/Person	Anteil
- Beckenfüllung 1 - 2 x pro Jahr	ca. 5 - 10 l/Pers.	4 %
- Stetige, den Besucherzahlen angepasste Füllwasserzuspeisung in die Becken (mind. 30 l/Person) Durchschnittliche Zugabe:	ca. 50 l/Pers.	28 %
- Duschen vor und besonders intensiv nach dem Baden	ca. 50 - 80 l/Pers.	37 %
- Wasserverbrauch für WC, Waschbecken, Reinigung, Cafeteria	ca. 40 - 70 l/Pers.	31 %
Hieraus ergibt sich ein theoretischer Gesamtverbrauch von ca.	<u>145 - 210 l/Pers.</u>	100 %



6.1.4 Warmaussenbecken

Ein Warmaussenbecken ist immer ausserhalb der Systemgrenze angeordnet und muss separat betrachtet werden.

Folgende Energiedaten gelten als Richtwerte bei sanierten oder neuen Warmwasserbädern:

- Wärmeenergieverbrauch Warmaussenbecken im schweizerischen Mittelland:

- mit Abdeckung	ca. 8 500 kWh/m ² a
- mit Absenkbecken	ca. 7 500 kWh/m ² a
- Stromverbrauch:

- Basiswert	600 kWh/m ² a
- Zuschläge gemäss Kap. 7.1.3.2	

6.1.5 Freibäder

Auch bei Freibädern ist das Angebot sehr vielfältig. Um Energiekennzahlen festlegen zu können, muss auch eine Systemgrenze definiert werden. Aussagekräftige Energieverbräuche können nur für die Badebecken selbst angegeben werden (Strom und Wärme) und nicht für die Gebäude. Somit werden die Energiekennzahlen auf die Wasserfläche bezogen. Für zusätzliche Bereiche wie Garderobengebäude, Duschanlagen etc. sind die Unterschiede in Grösse und Angebot zu unterschiedlich, um einen Vergleich anstellen zu können.

6.1.5.1 Energiekennzahl Wärme

Freibäder dürfen gemäss MuKE 2008/2014 nur mit erneuerbarer Energie oder nicht anders nutzbarer Abwärme aufgeheizt werden. Elektrische Wärmepumpen dürfen eingesetzt werden, wenn eine Abdeckung der Wasserfläche gegen Wärmeverluste vorhanden ist.

Ein Grossteil der Wärmeenergie wird für die Erstaufheizung im Frühling benötigt. Vor allem bei Stahlbetonbecken fällt diese Erstaufheizung besonders ins Gewicht. Je früher die Erstaufheizung beginnt (kalte Nächte), desto mehr Wärmeenergie wird benötigt.

Aus diesen Energiespargründen sind die Becken möglichst spät in Betrieb zu nehmen sowie bei Sanierungen die Variante Edelstahlbecken zu prüfen.



Die zuzuführende Energiemeng um in der Badesaison von Mitte Mai bis Mitte September (ca. 120 Betriebstage) eine Temperatur von ca. 24°C zu erreichen, beträgt im schweizerischen Mittelland:

- Wärmebedarf je Saison inkl. Frischwasseraufheizung für normale, nicht windexponierte Lagen, bei konstanter Beckentemperatur (ca. 24°C) unabhängig von der Witterung ca. 430 – 480 kWh/m²
- Bei angepasster Betriebsweise, d. h. bei Unterbruch der Beheizung in Schlechtwetterperioden, Aufheizung erst am zweiten Schönwettertag, optimaler Nutzung der Sonneneinstrahlung in die Becken, Wärmerückgewinnung für Frischwasser, windgeschützter Lage wird der Wärmebedarf absinken auf ca. 400 kWh/m²

Durch eine Abdeckung der Wasserfläche in der Nacht, bzw. bei Schlechtwetter, wird der Wärmebedarf nochmals auf ca. 40 – 60 % reduziert werden.

Energiekennzahl Wärme von sanierten oder neuen Bädern

	Wärmebedarf Normalbetrieb kWh/m ² a	Wärmebedarf angepasste Betriebsweise kWh/m ² a
Freibad ohne Abdeckung	430 - 480	400
Freibad mit Abdeckung	215 - 240	160 - 240

6.1.5.2 Energiekennzahl Strom

Der Stromverbrauch wird in erster Linie durch die Badewasseraufbereitung bestimmt. Sinnvollerweise wird die Energiekennzahl Strom ebenfalls auf die Wasserfläche bezogen.

Die Energiekennzahl Strom von sanierten oder neuen Bädern beträgt für eine Badesaison von Mitte Mai bis Mitte September (ca. 120 Betriebstage) ca. 60 – 70 kWh/m²a.

6.2 Vorgehen

6.2.1 Grobanalyse

6.2.1.1 Ziel der Grobanalyse

Mit der Grobanalyse wird ein Hallenbad in einem ersten Schritt mit geringem Aufwand und innerhalb kurzer Zeit energetisch bewertet. Es werden Sparpotenziale für einen optimierten Energieeinsatz ersichtlich und erste Sofortmassnahmen aufgezeigt. Weitere, umfassendere Massnahmen, die zur Ausschöpfung der gesamten Sparpotenziale führen, können aus der Grobanalyse abgeleitet und in einem zweiten Schritt mit einer vertieften Analyse – einer Feinanalyse – konkretisiert werden.

6.2.1.2 Vorgehen Grobanalyse

Die Grobanalyse kann durch einen beauftragten Fachmann mit Energie-Know-how oder durch einen versierten Bademeister durchgeführt werden. Sie setzt sich aus folgenden Phasen zusammen:

Phase	Arbeitsschritte
Ist-Zustandserfassung	Sichtung der vorhandenen Planunterlagen, bzw. Ausmessung der Hallenbadgeometrie zur Erfassung der relevanten Raumvolumen, bzw.-Wasseroberflächen. Erfassung der Energieverbrauchsdaten. (Öl-, Gas-, Fernwärme, Stromverbrauch, usw.) über die letzten 2-3 Betriebsjahre Begehung mit dem Bademeister vor Ort zur Aufnahme von Schwachstellen.
Auswertung	Berechnung von spezifischen Verbrauchszahlen anhand der gemessenen Energieverbrauchsdaten und der verbrauchsbestimmenden Grössen des Bades. Bewertung der spezifischen Verbrauchszahlen mit entsprechenden Kenndaten Aufzeigen von energetischen Schwachstellen, Sofortmassnahmen und Bestimmung von möglichen Energiepotentialen für die Bereiche Strom, Wärme und Wasserverbrauch.
Berichterstattung	Verfassen eines Kurzberichtes mit den Resultaten der Grobanalyse und Vorschlägen für das weitere Vorgehen (konkrete Sofortmassnahmen vorschlagen, Empfehlung für weiter gehende Feinanalyse)

Tabelle 1 / Phasen der Grobanalyse

6.2.1.3 Ist-Zustand

Zur Erfassung des Ist-Zustandes ist für einen externen Energiefachmann eine Begehung des Hallenbades zusammen mit dem Bademeister vorzusehen. Ziel ist, einen Überblick über den Zustand des Hallenbades zu erhalten und die Betriebserfahrungen des Bademeisters aufzunehmen, um gezielt Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten aufzunehmen.

Die vorhandenen Planunterlagen (Prinzipschemata, Architekturpläne, Pläne der haustechnischen Anlagen und der Anlagen für die Badewasseraufbereitung) geben Auskunft über das existierende Energiekonzept und die Dimensionierung aller energetisch relevanten Anlagenteile (Beckengrößen, Kubaturen, Heizanlagen...). Der Betreiber beschafft alle vorhandenen Energieverbrauchszahlen der letzten 2 – 3 Jahre anhand von Messdatenerfassungen oder Abrechnungen von Energieversorgern. Für die Grobanalyse sind Jahresverbrauchszahlen ausreichend. Es wird von einem normalen Betriebsjahr ausgegangen, ausserordentliche betriebliche Verhältnisse oder bauliche Eingriffe, die einen grösseren Einfluss auf den Energieverbrauch der betrachteten Betriebsjahre haben, sind mit entsprechenden Korrekturen zu berücksichtigen. Der Einfluss des Jahresklimas wird in der Grobanalyse vernachlässigt.

Basis für die Berechnung der spezifischen Kennzahlen sind Nutzenergieverbräuche. Bei der Umwandlung der Primärenergieträger und beim Transport der Energieträger bis zum Hausanschluss fallen Verluste an. Die für ein Bad interessierende Nutzenergie entspricht in einigen Fällen der gelieferten Endenergie oder einer durch Umwandlung und Bezug von Umweltenergie bereitgestellten Nutzenergie.

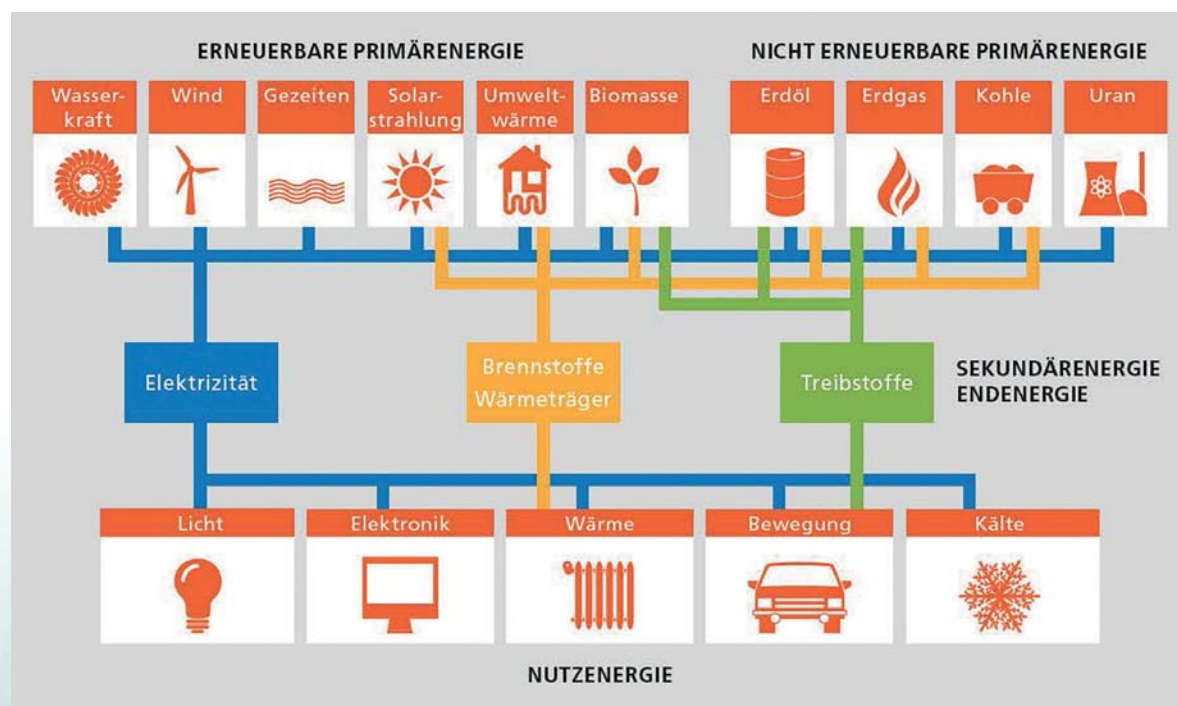


Abb.1: Energieformen. Quelle: Bundesamt für Energie



Falls die Nutzenergieverbräuche aus Originalenheiten umgerechnet oder aus Endenergieverbräuchen anderer Endenergieträger und Umweltenergie abgeleitet werden müssen, sind die Verbrauchszahlen wie folgt in Nutzenergie umzurechnen:

Wärmeerzeugung	Endenergie am Hausanschluss in Originaleinheiten	Wärmebedarf (gem. Kapt. 6.1.3) Nutzenergie in kWh
Ölheizung:	Ölverbrauch in Liter	(Ölverbrauch in l) x 9.0 kWh/l*
Gasheizung:	Gasverbrauch in kWh Ho oberer Heizwert oder Brennwert	(Gasverbrauch in kWh Ho) x 0.85*
Fernwärme:	Fernwärmebezug in kWh	Fernwärmebezug in kWh x 1.0
Wärmepumpe	Stromverbrauch in kWh	Stromverbrauch in kWh x 3.0*
BHKW:	Gasverbrauch in kWh Ho oberer Heizwert oder Brennwert	(Gasverbrauch in kWh Ho) x 0.55*

Stromerzeugung	Endenergie am Hausanschluss in Originaleinheiten	Strombedarf (gem. Kapt. 6.1.3) Nutzenergie in kWh
BHKW:	Gasverbrauch in kWh Ho oberer Heizwert oder Brennwert	(Gasverbrauch in kWh Ho) x 0.3*
Photovoltaik	Stromerzeugung kWh	Stromerzeugung in kWh x 1.0

**Berücksichtigung aller Wirkungsgrade*

Zusätzlich zu den Energieverbräuchen sind die Besucherzahlen pro Jahr zu erfassen, um den spezifischen Wasserverbrauch zu analysieren.

In der Grobanalyse sind mindestens folgende Energien und Ressourcen zu berücksichtigen:

1. Gesamter Wärmebedarf innerhalb der Systemgrenzen gemäss Kap. 6.1.1
2. Gesamter Stromverbrauch innerhalb der Systemgrenzen gemäss Kap. 6.1.1
3. Gesamter Wasserverbrauch innerhalb der Systemgrenzen gemäss Kap. 6.1.1



6.2.1.4 Bewertung

Berechnung der spezifischen Verbrauchszahlen für

	Hallenbäder (HB)	Warmaussenbecken (WAB)	Freibäder (FB)
Wärme	Spezifischer Wärmebedarf in kWh/m³a: Jahreswärmeverbrauch als Summe der Nutzenergie aus der Produktion aller Wärmeerzeuger, dividiert durch die Kubatur des Hallenbades innerhalb der betrachteten Systemgrenzen.	Spezifischer Wärmebedarf in kWh/m²a: Jahreswärmeverbrauch als Summe der Nutzenergie aus der Produktion aller Wärmeerzeuger, dividiert durch die Fläche der Warmaussenbecken.	Spezifischer Wärmebedarf in kWh/m²a: Jahreswärmeverbrauch als Summe der Nutzenergie aus der Produktion aller Wärmeerzeuger, dividiert durch die Fläche der beheizten Publikumsbecken.
Strom	Spezifischer Strombedarf in kWh/m³a: Jahresstromverbrauch als Summe der Nutzenergie aus Netzstrombezug und Eigenproduktion mit BHKW oder Photovoltaik, dividiert durch die Kubatur des Hallenbades innerhalb der betrachteten Systemgrenzen	Spezifischer Strombedarf in kWh/m²a: Jahresstromverbrauch als Summe der Nutzenergie aus Netzstrombezug und Eigenproduktion mit BHKW oder Photovoltaik, dividiert durch die Fläche der Warmaussenbecken.	Spezifischer Strombedarf in kWh/m²a: Jahresstromverbrauch als Summe der Nutzenergie aus Netzstrombezug und Eigenproduktion mit BHKW oder Photovoltaik, dividiert durch die Fläche der Publikumsbecken.
Wasser	Spezifischer Wasserbedarf in l/Person: Jahreswasserbezug für Badewasser, inklusive Erstfüllung und für sanitäre Installationen wie Duschen und WC, dividiert durch die jährliche Besucherzahl innerhalb der betrachteten Systemgrenzen	Der Wasserverbrauch eines Warmaussenbeckens wird im Hallenbad erfasst und beurteilt.	Spezifischer Wasserbedarf in l/Person: Jahreswasserbezug für Badewasser, inklusive Erstfüllung und für sanitäre Installationen wie Duschen und WC, dividiert durch die jährliche Besucherzahl innerhalb der betrachteten Systemgrenzen



Vergleich der resultierenden spezifischen Verbrauchszahlen mit den Kennzahlen sanierter Bäder gemäss Kap. 6.1.3. Werden diese Kennzahlen unterschritten, kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass der energetische Zustand des Schwimmbades zufriedenstellend ist. Offensichtliche lokale Schwachstellen sollten deswegen aber nicht unberücksichtigt bleiben und allenfalls vertieft analysiert werden.

Werden die Kennzahlen für sanierte Bäder überschritten, so ist Handlungsbedarf vorhanden. Es soll eine Feinanalyse empfohlen werden, um konkrete Massnahmen zu ermitteln, mit denen der Energie- und Wasserverbrauch optimiert werden kann.

6.2.1.5 Empfehlung

Betriebliche Sofortmassnahmen, die machbar und sehr wirtschaftlich sind, sind unverzüglich zu ergreifen. Mängel, welche erkennbar sind und die Betriebssicherheit beeinträchtigen, sind ebenfalls sofort zu beheben. Offensichtliche Mängel, die zu einem Mehrverbrauch an Energie oder Wasser führen, sollen ebenfalls unmittelbar angegangen werden. Die Wirtschaftlichkeit der dazu notwendigen Massnahmen ist aber vorgängig zu prüfen. Dazu wird eine Wirtschaftlichkeitsanalyse analog Kapitel 6.2.2 durchgeführt. Wenn sich dabei ein Kosten-Nutzen-Verhältnis < 1 herausstellt, so ist die Massnahme umzusetzen.

Werden die Kennwerte nicht eingehalten oder wenn weitere Schwachstellen ohne unmittelbaren Handlungsbedarf festgestellt werden, ist die Durchführung einer vertieften Untersuchung in Form einer Feinanalyse zu empfehlen.

6.2.1.6 Berichterstattung

Die Resultate der Grobanalyse und Vorschläge für die unmittelbare Umsetzung von Massnahmen sowie das weitere Vorgehen werden in einem Kurzbericht zusammengefasst und dem Auftraggeber in einer Besprechung erläutert.

6.2.1.7 Aufwand Grobanalyse

Der Aufwand für die Grobanalyse hängt stark von den verfügbaren Grundlagen ab. Bei gut dokumentierten Bädern ist mit einem Aufwand von 3 bis 6 Arbeitstagen zu rechnen. Wenn hingegen zusätzliche Messungen oder Aufnahmen vor Ort notwendig sind, um die Energie- und Ressourcenverbräuche oder Gebäudedaten zu erfassen, ist mit entsprechend höherem Aufwand zu rechnen.

Leistung	Aufwand
Datensammlung, Begehung	1 Arbeitstag
Messkampagnen (optional)	1-4 Arbeitstage
Auswertung	1-3 Arbeitstage
Berichterstellung	1-2 Arbeitstage
Gesamtaufwand (ohne Messkampagne)	3-6 Arbeitstage

Tabelle 2 / Aufwand der Grobanalyse

6.2.2 Feinanalyse

6.2.2.1 Grundlagen

6.2.2.1.1 Ziel der Feinanalyse

Die Grobanalyse gemäss Kapitel 6.2.1 zeigt auf, ob eine Feinanalyse für das Bad sinnvoll oder gar unumgänglich ist. Sofern ein Badbetreiber beträchtliche Mängel erkennt, die zu einem erhöhten Energieverbrauch führen oder wenn die Energiekennzahlen überschritten werden, ist eine Feinanalyse ebenfalls angezeigt, auch ohne Grobanalyse. Steht die Sanierung eines Bades an, soll die Feinanalyse in jedem Fall als Teil des Vorprojekts erstellt werden; vergleiche Kapitel Förderbeiträge. In der Feinanalyse werden konkrete Energiemassnahmen und ihre Wirtschaftlichkeit aufgezeigt. Die Analyse dient dem Bauherr oder Betreiber als Entscheidungsgrundlage für die Realisierung und die Budgetplanung.

6.2.2.1.2 Systemgrenzen

Die Systemgrenzen sollen gemäss den Definitionen in Kapitel 6.1.1 angewendet werden. Die Abgrenzung für die Feinanalyse wird zusammen mit dem Bauherr bestimmt und soll alle Bereiche erfassen, für welche der Betreiber selbst zuständig ist. Es sollen auch Hinweise gemacht werden, ob ausserhalb der definierten Systemgrenzen Komponenten zu finden sind, welche einen erheblichen Einfluss auf die Energiebilanz bewirken.



6.2.2.1.3 Anforderungen

Damit der Bauherr über die Planung der Massnahmen entscheiden kann, muss das Gesamtergebnis der Feinanalyse herausgehoben werden:

- Erzielbare Energieeinsparung und nutzbare Energieproduktion
- Notwendige Investitionen $\pm 25\%$
- Energiekosteneinsparungen
- Wirtschaftlichkeit und Massnahmenpakete
- Erfüllung der energetischen Beurteilungskriterien

Eine Feinanalyse ist eine Studie und keine Ausführungsplanung. Sie dient als Entscheidungsgrundlage für die weitere Planung. Dies gilt sowohl in Bezug auf die Genauigkeit als auch auf den Detaillierungsgrad der Beschreibung. Die Herleitung der Kosten und der Energieeinsparungen sind transparent darzustellen. Verlangt sind keine Anleitungen zur Ausführung und keine Vorschläge für bestimmte Produkte oder Fabrikate.

Die Feinanalyse zeigt konkrete Massnahmenpakete auf, mit denen Bäder die energetischen Beurteilungskriterien erfüllen können. Aufgrund der tatsächlich realisierten Massnahmen, der Entwicklung der Technologie und der Energiepreise sollten die Feinanalysen alle 5 bis 10 Jahre auf den neusten Stand gebracht werden.

6.2.2.2 Vorgehen Feinanalyse

6.2.2.2.1 Vorbereitungsarbeiten der beauftragten Ingenieure

Der beauftragte Ingenieur bzw. das beauftragte Team muss ein Experte für Hallen- und Freibäder sein und ausgewiesenes Fachwissen in den Bereichen Strom, Wärmeerzeugung, Badewasseraufbereitung, Gebäudehülle etc. mitbringen. Nach der Auftragserteilung muss der beauftragte Ingenieur beim Betreiber die notwendigen Unterlagen anfordern. Die praktischen Erfahrungen haben gezeigt, dass sich die Ingenieure nach der ersten Begehung mit dem Bademeister einen Eindruck über die wichtigsten Verbesserungsmöglichkeiten und die Arbeitsschwerpunkte machen können.

Es ist abzuklären, ob wichtige Datengrundlagen fehlen und zusätzliche Messkampagnen notwendig sind. Diese sollen sofort umgesetzt werden. Die Messeinrichtungen dienen auch später der allgemeinen Betriebsoptimierung und sollten deshalb über den laufenden Betriebshaushalt finanziert werden.

Es hat sich gezeigt, dass der Bademeister bei der Bearbeitung der Feinanalyse eine wichtige Stütze ist. Mit seinen Erfahrungen und Detailkenntnissen über das Bad kann er wichtige Grundlagen und Hinweise für mögliche Massnahmen liefern. Eine enge Zusammenarbeit ist deshalb sinnvoll und unabdingbar.



6.2.2.2.2 Phasen der Feinanalyse

Die Feinanalyse wird in vier Phasen erstellt, wobei eine abschliessende Erfolgskontrolle mit Betriebsoptimierung nicht zur Aufgabe der Feinanalyse gehört (der Aufwand für die Erfolgskontrolle muss im Auftrag separat behandelt werden).

Tabelle 3 / Phasen der Feinanalyse

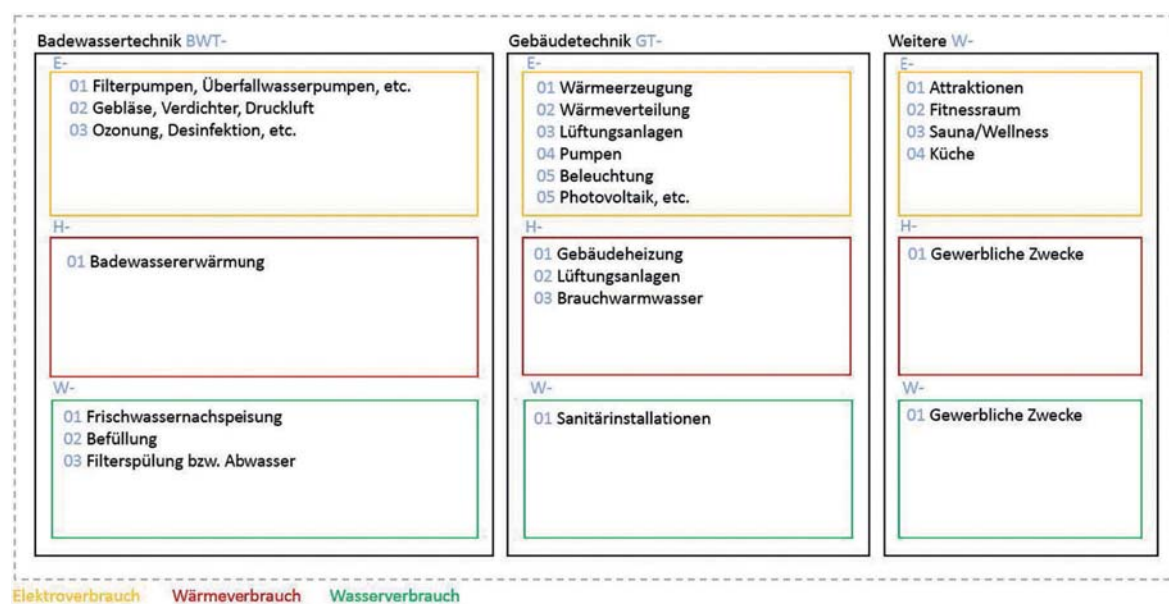
Phase	Schritt	Arbeiten
1	Ist-Zustand	• Einteilung Bad in Kategorie gemäss Kapitel 6.1.2 • Unterlagen- und Datenbeschaffung (mit Bademeister) • Badewasserqualität (Anforderung, Rückmeldung) • Raumklima (Anforderung, Rückmeldung) • Begehung (mit Bademeister) • Messkampagnen vornehmen sofern Grundlagen fehlen • Aufnahme der relevanten Energieverbraucher • Aufnahme realisierter und geplanter Energiemassnahmen • Mögliche energetische Massnahmen ermitteln • Energiebilanz Ist-Zustand (Elektrizität, Wärme, Wasser getrennt) • Bewertung Ist-Zustand (Energiekennzahlen Kapitel 6.1.3) • Besprechung Zwischenresultat mit Bauherr
2	Einzelmassnahmen	• Einzelmassnahmen auflisten • Kurzbeschreibung jeder Massnahme • Energieeinsparungen (Elektrizität, Wärme, Wasser getrennt) • Investitionen (gesamte und energiebedingte Investitionen) • Wirtschaftlichkeit anhand Kosten- / Nutzenverhältnis
3	Massnahmenpakete	• Bildung von Massnahmenpaketen nach Realisierungsphasen • Energieeinsparungen, Kosten und Wirtschaftlichkeit paketweise ermitteln • Energiebilanz Soll-Zustand (Energiekennzahlen Kapitel 6.1.3) • Beurteilungskriterien im Soll-Zustand erfüllt (ja oder nein) • Beurteilung externer Potenziale
4	Berichterstattung	• Erstellung eines Berichtes mit Empfehlung • Präsentation der Resultate an einer Sitzung (mit Entscheidungsträger)
	Erfolgskontrolle	• Bei Ausführungsplanung, Bauausführung • Nach Realisierung (mit Betriebsoptimierung)

6.2.2.2.3 Phase 1: Ist-Zustand

Im Ist-Zustand werden der Energieverbrauch der relevanten Anlageteile sowie deren energetischer und allgemeiner Zustand ermittelt.

Aus Effizienzgründen sollen nicht alle Energieverbraucher bis ins Detail untersucht werden, sondern die grösseren Energieverbraucher und vor allem jene mit energetischen Verbesserungsmöglichkeiten. Es sollen aber so viele Einzelverbraucher ermittelt werden, bis insgesamt mehr als 80 % des Energieverbrauches erfasst wird. Bei vielen Hallenbädern ergeben sich bei den Lüftungsanlagen, den Filterpumpen und der Beleuchtung ein Schwerpunkt zur Energieoptimierung. Bei Freibädern stehen die Filterpumpen im Vordergrund.

Für das gesamte Bad wird eine vollständige Energie- und Wasserbilanz im Ist-Zustand erstellt und nach folgendem Schema unterteilt:



Der Energieverbrauch der einzelnen Anlageteile kann entweder mit einer Messung ermittelt oder aufgrund der installierten Leistung, der Betriebsart und der effektiven Betriebsstunden pro Jahr geschätzt werden. Wo Daten fehlen und die Beschaffung einen unverhältnismässigen Aufwand nach sich ziehen würde, können plausible Erfahrungswerte eingesetzt werden. Bei Verbrauchern mit grossem Anteil an den gesamten möglichen Einsparungen soll der Energieverbrauch möglichst auf Messungen gestützt sein.

In der Feinanalyse werden Komponenten vertieft geprüft, welche die folgenden Bedingungen erfüllen:

Baukörper

Komponenten	Beschreibung	Bedingung	Bemerkung
Gebäudehülle	Aussenwände, Dächer	weisen offensichtliche Mängel auf.	Keine detaillierte Beurteilung nach SIA 380
Klimazonen	Abtrennung zwischen Klimazonen im Hallenbad	weisen offensichtliche Mängel auf	Keine detaillierte Beurteilung nach SIA 380

Tabelle 4 / Bedingungen für eine Feinanalyse im Bereich des Baukörpers.

Allgemein Technik

Komponenten	Beschreibung	Bedingung	Bemerkung
Alle	Alter	Nutzungsdauer erreicht, sanierungsbedürftig	Gemäss SIA 480
Alle	Zustand	Störungsanfällig, sanierungsbedürftig	
Alle	Energieverbrauch elektrisch	>10'000 kWh/a	Bei Dauerbetrieb ab 1 kW
Motoren Allgemein	Effizienzklasse	< IE3 bzw. gesetzliche Vorgaben nicht erfüllen	EU-Verordnung Nr. 547/2012. Wenn die Effizienzklasse nicht bekannt ist, können folgende Klassen verwendet werden: Vor 2000: IE0 Ab 2000: IE1 Ab 2012: IE2 Ab 2015: IE3

Tabelle 5 / Bedingungen, welche eine Feinanalyse auslösen im Bereich der allgemeinen Komponenten



Badewassertechnik

Komponenten	Beschreibung	Bedingung	Bemerkung
Filterpumpen	Umwälzleistung	Kein Teillastbetrieb	SIA385/9:2011
Filterpumpen	Effizienzklasse	< IE3 bzw. gesetzliche Vorgaben nicht erfüllt	EU-Verordnung Nr. 547/2012
Filterspülung	Spülwasserbecken	Nicht vorhanden	
Stetslauf	WRG	Nicht vorhanden	
Stetslauf	WRG	Temperaturspreizung >2 K	
Druckluftanlage	Dichtheit System	Leckagen vorhanden	
Druckluftanlage	Betriebsdruck	>6 bar	
Attraktionen	Sprudelanlagen	Keine benutzerabhängige Steuerung	

Tabelle 6 / Bedingungen für Feinanalyse bestimmter Komponenten der Badewassertechnik

Gebäudetechnik

Komponenten	Beschreibung	Bedingung	Bemerkung
Wärmeerzeugung	nichterneuerbare Energien	Höchstanteil überschritten	MuKE n, Vollzugshilfe EN-1
Nassläufer- Umwälzpumpen	1 bis 2500 W	Energie-Effizienz-Index EEI > 0.23	EU-Verordnung Nr. 547/2012
Wärmeverteilung	Heizleitungen	Ungenügend gedämmt	MuKE n
Wärmeabgabe	Heiztemperaturen	>40°C	MuKE n
Wärmeabgabe	Regulierung	Nicht Benutzerabhängig	MuKE n
Lüftungsanlage Schwimmbad	Ventilatormotor	Effizienzklasse < IE3	EU-Verordnung Nr. 327/2011
	Antrieb	Kein Direktantrieb	<5 kW
	Volumenstrom	≠ Auslegung	SWKI 2004-1
	Aussenluftanteil	>30%	



Gebäudetechnik

Komponenten	Beschreibung	Bedingung	Bemerkung
Wärmeerzeugung	nichterneuerbare Energien	Höchstanteil überschritten	MuKE n, Vollzugshilfe EN-1
Nassläufer-Umwälzpumpen	1 bis 2500 W	Energie-Effizienz-Index EEI > 0.23	EU-Verordnung Nr. 547/2012
Wärmeverteilung	Heizleitungen	Ungenügend gedämmt	MuKE n
Wärmeabgabe	Heiztemperaturen	>40°C	MuKE n
Wärmeabgabe	Regulierung	Nicht Benutzerabhängig	MuKE n
Lüftungsanlage Schwimmbad	Ventilatormotor	Effizienzklasse < IE3	EU-Verordnung Nr. 327/2011
	Antrieb	Kein Direktantrieb	<5 kW
	Volumenstrom	≠ Auslegung	SWKI 2004-1
	Aussenluftanteil	>30%	
	WRG	Jahresnutzungsgrad <75%	SIA382/1
Lüftungsanlage Nebenräume	Regulierung	Betriebsartensteuerung fehlt	SWKI 2004-1
	Ventilatormotor	Effizienzklasse < IE3	EU-Verordnung Nr. 327/2011
	Antrieb	Kein Direktantrieb	<5 kW
	Volumenstrom	≠ Auslegung	SIA382/1
	WRG	Jahresnutzungsgrad <75%	SIA382/1
Sanitäranlage	Warmwasserleitungen	Ungenügend gedämmt	MuKE n
Sanitäranlage	Warmwasserspeicher	Nicht konform mit „Anforderung an Energieeffizienz“	SIA385/1
Sanitäranlage	Warmwasserspeicher	Ungenügend gedämmt	MuKE n
Sanitäranlage	Warmwasserspeicher	Zirkulationsleitung	
Sanitäranlage	WRG Duschen	Nicht vorhanden	
Beleuchtung	LED	Nicht vorhanden	SIA380/4
Beleuchtung	Bewegungsmelder	Nicht vorhanden	z.B. in Garderoben
Beleuchtung	Tageslichtabhängig	Keine Lichtsteuerung	
Storen	Tageslichtabhängig	Keine Storensteuerung	
Unterverteilung	Blindstrom-kompensation	Nicht vorhanden	

Tabelle 7 / Bedingungen für Feinanalyse bestimmter Komponenten der Gebäudetechnik

Weitere

Komponenten	Beschreibung	Bedingung	Bemerkung
Becken	Beckenabdeckung	Nicht vorhanden	bei öffentlichen Hallenbädern meist unwirtschaftlich
Aussenrutsche	Wärmedämmung	Nicht vorhanden	
Aussenrutsche	Betrieb	Ausserhalb der Nutzungszeiten	
Attraktionen	Betrieb	Ausserhalb der Nutzungszeiten	
Sauna	Lastmanagement	Nicht vorhanden	Bei mehreren Saunakabinen den Verbrauch glätten.
Sauna	WRG Lüftung	Nicht vorhanden	

Tabelle 8 / Bedingungen für Feinanalyse weiterer Komponenten

Wasser

Komponenten	Beschreibung	Bedingung	Bemerkung
Abwasser	Mehrfachnutzung	Nicht vorhanden	
Ausgleichsbecken	Notüberlauf	Offensichtlicher Wasserverlust	aufgrund unpassender Niveauschaltpunkte
Duschen	Wasserspararmatur	Nicht vorhanden	
Duschen	Zeitsteuerung	Nicht vorhanden	
Restaurant/Küche	Wasserspararmatur	Nicht vorhanden	
Fitness / Sauna	Wasserspararmatur	Nicht vorhanden	
Attraktionen	Wassermenge einreguliert	Nicht vorhanden	

Tabelle 9 / Bedingungen für Feinanalyse der Wasserbilanz

Die Verbraucher können in der Zusammenstellung (Anhang 1) zusammengefasst werden.



6.2.2.2.4 Phase 2: Einzelmassnahmen

Für die im Ist-Zustand ausgewählten Komponenten mit Verbesserungsmöglichkeiten sind konkrete Massnahmen auszuarbeiten. Die in der Feinanalyse vorgeschlagenen Einzelmassnahmen müssen technisch machbar sein und die gesetzlichen, hygienischen und betrieblichen Rahmenbedingungen der Anlage erfüllen. Die Energieeinsparung wird ausgehend vom Ist-Zustand über die Reduktion der effektiven mittleren Jahresleistung einerseits und über den Energieverbrauch nach der Energieoptimierung ermittelt.

Für jede Einzelmassnahme werden die Investitionen berechnet bzw. geschätzt. Bei grossen Beträgen werden möglichst Richtpreisofferten eingeholt. Bei kleineren Beträgen oder geringen Unsicherheitsfaktoren können von den entsprechenden Spezialisten Erfahrungswerte eingesetzt werden. Der Anteil energiebedingter Mehrinvestitionen, welche die gesetzlichen Vorgaben übertreffen, und die Mehrinvestitionen für zusätzlichen Raum sind abzuschätzen und separat auszuweisen. Investitionen für Unterhalt, Werterhaltung, Wertvermehrung, Schadensbehebung oder Massnahmen zur Erfüllung von gesetzlichen Anforderungen sind keine energiebedingten Investitionen.

Aufgrund des teilliberalisierten Strommarktes in der Schweiz sind bei grösseren Bädern mit einem Stromverbrauch > 100 000 kWh pro Jahr (Stand 2016) die Verträge mit dem Energieversorgungsunternehmen zu prüfen und allfällige Konkurrenzofferten einzuholen. Auch wenn diese Massnahmen zu keiner Energieeinsparung führen, können sie für den Bauherrn finanziell attraktiv sein.

Für jede Einzelmassnahme sind im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit nachfolgende Angaben zu machen. Eine Anleitung zur Berechnung ist in Kapitel 6.2.2.4 Wirtschaftlichkeitsberechnung zu finden.

- Nutzungsdauer
- Investitionen (gesamt und energiebedingt)
- Jahreskosten
- Jahresnutzen
- Kosten-Nutzen-Verhältnis

Die Energiekosten bzw. Energiekosteneinsparungen werden differenziert nach den Energieträgern berechnet. In der Regel werden bei der Elektrizität für alle Massnahmen die mittleren Preise eingesetzt. Nur wenn das Gesamtergebnis durch Tarifunterschiede beträchtlich beeinflusst wird, sollen für einzelne Massnahmen die Tarife differenziert nach Hoch- und Niedertarif sowie dem Leistungspreis betrachtet werden. Es soll ebenfalls geprüft werden, ob Energieeinsparungen durch die Umsetzung der Massnahmen zu höheren Tarifen führen könnten. Dies kann z. B. bei Verträgen mit Stromversorgern der Fall sein, wenn durch die Energieeinsparungen eine Mengenschwelle für zusätzliche Rabatte unterschritten wird.

Einzelmassnahmen mit einem Kosten-Nutzen-Verhältnis $K / N \leq 1$ sind wirtschaftlich, da die Kosten insgesamt kleiner sind als die Einsparungen. Sie werfen einen Gewinn ab.

Die Einzelmassnahmen können in der Zusammenstellung der Massnahmen (Anhang 2) zusammengefasst werden.



6.2.2.2.5 Phase 3: Massnahmenpakete

Die Einzelmassnahmen sind nach drei Realisierungsphasen zu unterteilen:

- Sofortmassnahmen
- Kurzfristige Massnahmen
- abhängige Massnahmen

Die Zuteilung der Einzelmassnahmen zu den Massnahmenpaketen erfolgt nach folgenden Kriterien:

Sofortmassnahmen (SM): in 0 bis 2 Jahren realisieren

- sehr wirtschaftlich (Kosten-Nutzen-Verhältnis < 0.4) oder dringende Anpassung an heutige Anforderungen bzw. Schadensbehebung zur Verminderung von Substanzverlusten.
- Keine Folgeprobleme auf spätere Massnahmen, voneinander unabhängig.
- Keine betrieblichen, badewassertechnischen, bauphysikalischen oder technischen Probleme.

Kurzfristige Massnahmen (KM): in 2 bis 5 Jahren realisieren

- Die Massnahmen werden im Rahmen eines Projektes weiter untersucht und in der Ausführungsplanung umgesetzt.

Abhängige Massnahmen (AM): in 1 bis 10 Jahren realisierbar

- Massnahmen, die wegen schlechtem Kosten-Nutzen-Verhältnis oder anderen Abhängigkeiten nur im Zusammenhang mit allgemeinen Sanierungs-, Unterhalts- oder Erneuerungsarbeiten ausgeführt werden können.

Die Massnahmenpakete können in der Zusammenstellung der Massnahmen (Anhang 2) zusammengefasst werden.



6.2.2.2.6 Phase 4: Berichterstattung

Der Bericht über die Feinanalyse wird so dargestellt, dass:

- die relevanten Erkenntnisse, die für die Entscheidung des Betreibers über die anschliessende Ausführungsplanung notwendig sind, enthalten sind (alle Detailunterlagen wie Messungen, Berechnungen sind zu archivieren, v. a. für die spätere Planung und Erfolgskontrolle),
- die Berechnungen und Schlussfolgerungen nachvollziehbar sind,
- die vorgeschlagenen Massnahmen in Studienqualität in der Projektierungsphase übernommen werden können,
- die Energieeinsparungen, die Kosten, der Nutzen und das Kosten-Nutzen-Verhältnis für jede einzelne Massnahme und die drei Massnahmenpakete für den Realisierungsentscheid ersichtlich sind,
- alle für das Ergebnis relevanten Betriebsparameter, Grundannahmen, Anlagenzustände, Abgrenzungen usw. festgehalten sind.

6.2.2.2.7 Erfolgskontrolle

Nach der Realisierung ist zu prüfen, ob die in der Feinanalyse vorgeschlagenen Massnahmen vollständig in das Gesamtprojekt aufgenommen und anschliessend auch umgesetzt wurden. Mit einer Erfolgskontrolle soll geprüft werden, ob die energetische Wirkung und die Wirtschaftlichkeit erreicht wurden oder warum nicht bzw. warum einzelne Massnahmen nicht realisiert werden konnten.

Die Erfolgskontrolle kann vom selben Bäderspezialisten durchgeführt werden, welcher die Feinanalyse erstellte oder von einem unabhängigen Fachmann für Bäder.

Als Grundlage für die Erfolgskontrolle dient die Feinanalyse gemäss Kapitel 6.2.2. Der erneute Vergleich mit den Energiekennzahlen nach der Realisierung gemäss Kapitel 6.1.3 zeigt den Erfolg der umgesetzten Massnahmen auf beziehungsweise den Bedarf von eventuellen Nachbesserungen.

6.2.2.3 Aufwand

Der Aufwand für eine Feinanalyse ist neben einem effizienten Vorgehen von vielen Einflussfaktoren abhängig. Es wird davon ausgegangen, dass das notwendige Datenmaterial beim Betreiber in ausreichender Qualität verfügbar ist. Vergleiche dazu die Listen in Kapitel 6.2.2.2.3 (Phase 1: Ist-Zustand). Der Aufwand gilt für Fachleute mit Erfahrungen bei der Erstellung von Feinanalysen für Bäder.

Der Aufwand für die Erfolgskontrolle muss im Auftrag separat behandelt werden.

Es wird für ein mittleres Hallenbad (Wasserfläche 500-1 000 m², mit einer Attraktion) oder ein Freibad (Wasserfläche < 1 500 m², mit einer Attraktion) mit einem Aufwand für die Feinanalyse von 11 bis 22 Arbeitstagen gerechnet, ohne zusätzliche Messkampagnen. Messkampagnen können weitere 3 bis 10 Arbeitstage beanspruchen. Die Wasseraufbereitung erfolgt nach einem Verfahren nach SIA 385/9:2011.

Phase	Leistung	Aufwand
1	Ist-Zustand	2 - 5 Arbeitstage
2	Einzelmassnahmen	5 - 10 Arbeitstage
3	Massnahmenpakete	1 - 2 Arbeitstage
4	Berichterstattung	3 - 5 Arbeitstage
1-4	Gesamtaufwand	11 - 22 Arbeitstage

bei Bedarf	Messkampagnen	3 - 10 Arbeitstage
------------	---------------	--------------------

Tabelle 10 / Aufwand für Feinanalyse



6.2.2.4 Wirtschaftlichkeitsberechnung

6.2.2.4.1 Grundsätze zur Wirtschaftlichkeit

Die Beurteilung der Kosten darf sich keinesfalls auf die Beurteilung der Investitionen beschränken; das führt zu einem falschen Bild. Das entscheidende Kriterium ist eine umfassende Wirtschaftlichkeitsberechnung über die Lebensdauer. Diese beinhaltet eine vollumfängliche Kostenbetrachtung, neben den Investitionen werden selbstverständlich auch die Betriebs- und Energiekosten berücksichtigt. Dabei wird die gesamte Nutzungsdauer der Massnahmen betrachtet. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit hat sich in der Schweiz und Deutschland die Kosten-Nutzen-Methode durchgesetzt. Die Grundlagen stützen sich in diesem neuen Handbuch auf Angaben aus den SIA-Normen (SIA 480:2004 und SIA 480:2016). In diesen Normen wird verlangt, dass neben einer betriebswirtschaftlichen Berechnung auch eine Variante mit den externen Kosten den Entscheidungsträgern unterbreitet wird. Die meisten Betreiber berücksichtigen bei ihren Entscheidungen aber nicht nur die betriebswirtschaftlichen und die externen Kosten, sondern weitere Aspekte wie Versorgungssicherheit, Betriebssicherheit, Nachhaltigkeit, Klimaschutz etc.

Ziel der Bäder ist es ein Massnahmenpaket mit möglichst grossen Energieeinsparungen umzusetzen, das als Gesamtpaket auch wirtschaftlich ist (Kosten-Nutzen-Verhältnis unter 1.0). Damit sind auch Massnahmen, die für sich alleine betrachtet unwirtschaftlich sind, aber eine weitere Energieeinsparung ermöglichen, dennoch umzusetzen. Bei dieser Wirtschaftlichkeitsgrenze werden auch die externen Kosten und eine zukünftige Energiepreisteuerung berücksichtigt.

6.2.2.4.2 Kosten-Nutzen-Methode

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Energiemassnahmen wird die Methode des Kosten-Nutzen-Verhältnisses mit der Annuität angewendet. Dabei werden die gesamten durchschnittlichen Kosten pro Jahr, die durch die Energiemassnahme über ihre Nutzungsdauer verursacht werden, mit dem gesamten jährlichen Nutzen verglichen.

Die jährlichen Kosten ergeben sich aus den:

- Kapitalkosten der energiebedingten Mehrinvestitionen
- Wartungs- und Unterhaltskosten (zusätzlicher Aufwand an Personal, Nebenkosten usw.).

Der jährliche Nutzen ergibt sich aus:

- Energiekosteneinsparungen und allenfalls
- weiteren Betriebskosteneinsparungen.

Im Normalfall kann die Nutzungsdauer einheitlich nach drei einfachen Kategorien unterteilt werden. Dabei wird bei höher belasteten Anlagenteilen durch den Bäderbetrieb von einer kürzeren Nutzungsdauer ausgegangen. In begründeten Fällen und bei grossen Energieeinsparungen kann eine differenzierte Betrachtung der Nutzungsdauer (vgl. SIA 380/1 und SIA 480) herangezogen werden.

Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung			
	Nutzungsdauer q	Mittelwertfaktor m**	Annuitätsfaktor a*
Gebäudesubstanz, Rohrleitungen	30 Jahre	1.320	0.051
Elektromechanische Ausrüstung	15 Jahre	1.163	0.084
Elektro-, Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechnik (EMSRL)	10 Jahre	1.111	0.117
* Bei einem Kalkulationszinssatz i von 3%			
** bei einer Energiepreis- und Betriebskostensteigerung e von 2%			

Tabelle 11 / Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung

6.2.2.4.2.1 Kosten

Die Jahreskosten der Energiemassnahmen werden aus den Kapitalkosten für die energiebedingten Mehrinvestitionen plus eventuellen zusätzlichen Unterhalts- und Betriebskosten berechnet. Dabei soll als Kalkulationszinssatz der geltende Ansatz für öffentliche Vorhaben verwendet werden. Keinesfalls sollte ein Zinssatz verwendet werden, der höher ist als der aktuell bei langfristiger Zinsbindung erzielbare.

Als Grundlage der Berechnung gilt die SIA 480:2016, Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau. Für Projekte der öffentlichen Hand wurde in der Version von 2004 ein Kalkulationszinssatz von 5 % empfohlen. Im heutigen Zinsumfeld ist ein Kalkulationszinssatz von 2 bis 3 % realistischer. Zur Berechnung des Annuitäts- und Mittelwertfaktors können auch Tabellen zugezogen werden.

Die Investitionen beinhalten sämtliche Aufwendungen für Planung, Bau, Inbetriebnahme, Anlagekosten usw. Dabei sind auch die Honorare für die Planung und Realisierung zu berücksichtigen.

Bei der Beurteilung von Energiemassnahmen sollen in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht die gesamten Investitionen zugrunde gelegt werden, sondern nur die energetisch bedingten Mehrinvestitionen. Vielfach werden Teile der Bäder nicht aus energetischen Gründen ersetzt, sondern im Zuge einer allgemeinen Sanierung. Investitionen für allgemeinen Unterhalt, Werterhaltung oder Wertvermehrung, Bauschadenbehebung, Erfüllung gesetzlicher Anforderungen etc. sind nicht den Energiemassnahmen anzulasten. Bei einem altersbedingten Ersatz einer Pumpe ist z. B. im Wirtschaftlichkeitsvergleich nur jener Betrag der Ausgaben zu berücksichtigen, der für eine Variante mit Sparmotoren höhere Ausgaben verursacht als eine Variante mit heute üblichen Motoren. Falls ein Anlageteil aus rein energetischen Gründen vorzeitig ersetzt wird und die Nutzungsdauer noch nicht erreicht hat, muss hingegen der gesamte Restbuchwert des Anlageteils in der energetischen Kostenrechnung berücksichtigt werden.



Die Investitionen alleine sind keine Grundlage für eine seriöse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, dazu braucht es eine gesamtheitliche Betrachtung mit der Kosten-Nutzen-Methode.

$$K = I \cdot a + A \cdot m \qquad a = \frac{(1+i)^q \cdot i}{(1+i)^q - 1} \qquad m = \frac{(1+\frac{i-e}{1+e})^q - 1}{(\frac{i-e}{1+e}) \cdot (1+\frac{i-e}{1+e})^q} \cdot a$$

K = Kapitalkosten [Fr./a]

I = energiebedingte Investitionen [Fr.]

a = Annuitätsfaktor [-]

A = Betriebs- und Unterhaltskosten [Fr./a]

m = Mittelwertfaktor der Energiepreissteigerung und der Betriebskostensteigerung [-]

q = Nutzungsdauer [a]

i = Kalkulationszinssatz [%]

e = Energiepreis- und Betriebskostensteigerung [%]

6.2.2.4.2.2 Nutzen

Der Jahresnutzen berechnet sich aus den mittleren jährlichen Energieeinsparungen, über die gesamte Nutzungsdauer der Massnahme betrachtet. Dabei wird die Energiepreisteuerung mit dem Mittelwertfaktor berücksichtigt. Insbesondere bei öffentlichen Einrichtungen sind für die Entscheidungen auch die externen Kosten aufzuzeigen.

Die Investitionen im Energiebereich sind gekennzeichnet durch eine lange Nutzungsdauer; die Wirtschaftlichkeitsanalyse erfordert daher eine langfristige Betrachtungsweise. Da Energiepreise bedingt durch den Markt veränderliche Grössen sind, sollte ihrer Entwicklung während der Nutzungsdauer Rechnung getragen werden. Die Verwendung von unsicheren Annahmen für die Zukunft wird immer noch zu realistischeren Ergebnissen führen, als wenn von heutigen Tarifen ausgegangen wird. Die Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigt dieses dynamische Verhalten, indem die aktuellen Preise mit dem Mittelwertfaktor der Energiepreisteuerung multipliziert werden. Grundlagen für die jährliche Energiepreisänderung finden sich in der Norm SIA 480:2016.

$$N = N_e \cdot m + N_b \cdot m$$

N = Jahresnutzen [Fr./a]

N_e = jährliche Energiekosteneinsparungen [Fr./a]

N_b = jährliche Betriebskosteneinsparungen [Fr./a]

m = Mittelwertfaktor der Energiepreissteigerung und der Betriebskostensteigerung [-]

6.2.2.4.2.3 Externe Kosten

Im Nutzen werden nur die betriebswirtschaftlichen Kosteneinsparungen berücksichtigt. Energieeinsparungen vermindern die Umweltbelastung und führen damit auch ausserhalb des Bades zu weiteren Kosteneinsparungen. Die Bevölkerung wie auch die Wirtschaft profitieren von diesem volkswirtschaftlichen Nutzen, weshalb dies auch bei öffentlichen Institutionen in einer gesamtheitlichen Betrachtung berücksichtigt werden soll. Der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein SIA macht für die Berechnung der externen Kosten konkrete Angaben [SIA 480:2016].

Die externen Kosten werden in der Feinanalyse ausserhalb des betriebswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Verhältnisses qualitativ beschrieben. Die verschiedenen Energieträger verursachen unterschiedliche externe Kosten und haben unterschiedliche Auswirkungen auf externe Kosten wie Verlust von Landwirtschaftsfläche, Gesundheit, Bautenschäden.

6.2.2.4.2.4 Kosten-Nutzen-Verhältnis

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit wird das Kosten-Nutzen-Verhältnis herangezogen, das folgendermassen berechnet wird:

$$\text{Kosten - Nutzen - Verhältnis} = \frac{K}{N}$$

Massnahmenpakete mit $K/N < 1$ sind wirtschaftlich, da die Kosten insgesamt kleiner sind als die Einsparungen. Sie werfen einen Gewinn ab. Neben einer rein betriebswirtschaftlichen Betrachtung wird auch eine Variante mit den externen Kosten als Entscheidungsgrundlage herangezogen.

Berechnungsbeispiel anhand einer Einzelmassnahme:

Zwei alte Filterpumpen (Baujahr 1980) müssen aus Altersgründen ersetzt werden. Dieser Anlass soll genutzt werden, um das Antriebssystem und die Arbeitsmaschine energetisch zu optimieren. Aus diesen Überlegungen resultieren eine Pumpe und ein Antriebssystem, das die betrieblichen Anforderungen erfüllt und einen besseren energetischen Nutzungsgrad aufweist.

Kosten: Die Investitionen für den Ersatz der beiden Filterpumpen inklusive Steuerung, weiterer Anpassungen und Honorare betragen 85 000 Fr. Für einen üblichen Ersatz der Filterpumpen – ohne energetische Optimierung würden Investitionen von 65 000 Fr. entstehen. Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Energiesparmassnahmen sind somit energiebedingte Zusatzinvestitionen von 20 000 Fr. zu berücksichtigen.

Mittels der Annuität werden nun die jährlichen Kapitalkosten berechnet (Annahmen für diesen Fall: Kalkulationszinssatz $i = 3\%$, Nutzungsdauer $q = 15$ Jahre, ergibt Annuitätsfaktor $a = 0,084$):

$$K_1 = I \cdot a = 20\,000 \text{ Fr.} \cdot 0,084 = 1\,680 \text{ Fr./a}$$

Bei den Betriebskosten ist folgender Mehraufwand während der Nutzungsdauer von 15 Jahren zu erwarten: Zusätzlich eine Pumpenreinigung (Demontage der Pumpe) pro Jahr, Kostenaufwand A ca. 500 Fr./a. Annahmen für diesen Fall: Betriebskostensteigerung $e = 2\%$, ergibt Mittelwertfaktor $m = 1,163$

$$K_A = A \cdot m = 500 \text{ Fr./a} \cdot 1,163 = 582 \text{ Fr./a}$$

Damit resultieren jährliche Kosten von

$$K = K_1 + K_A = 1\,680 \text{ Fr./a} + 582 \text{ Fr./a} = 2\,262 \text{ Fr./a}$$

Nutzen: Bei einem jährlichen Energieverbrauch der heutigen Pumpen von 100 000 kWh ergibt sich bei einer Nutzungsgradverbesserung von 0,45 auf 0,55 eine Einsparung von 18 182 kWh/a. Bei einem Energiepreis von 0,15 Rp. / kWh ergeben sich Einsparungen von 2 727 Fr./a.

Bei den Wartungs- und Unterhaltskosten ist folgender Minderaufwand zu erwarten: Die Revision der modernen Motoren muss nicht mehr jedes Jahr durchgeführt werden, sondern nur noch alle zwei Jahre: Kosteneinsparung ca. 600 Fr./a.

Annahme: Die Energiepreissteigerung und die Betriebskostensteigerung entwickeln sich gleich mit $e = 2\%$ und somit einem Mittelwertfaktor $m = 1,163$. Damit resultiert ein jährlicher Nutzen während der Nutzungsdauer von 15 Jahren von

$$N = N_e \cdot m + N_b \cdot m = (2\,727 \text{ Fr./a} \cdot 1,163) + (600 \text{ Fr./a} \cdot 1,163) = 3\,869 \text{ Fr./a}$$

Kosten-Nutzen-Verhältnis:

$$\frac{K}{N} = \frac{2\,262 \text{ Fr./a}}{3\,869 \text{ Fr./a}} = 0,58$$

Die Massnahme ist bei einem Kosten-Nutzen-Verhältnis von 0,58 wirtschaftlich. Die zusätzlichen Investitionen von 20 000 Fr. lohnen sich, es resultiert über die Nutzungsdauer der nächsten 15 Jahre ein Gewinn von $15 \cdot 1\,607,- = 25\,105 \text{ Fr.}$

Externe Kosten

Die Einsparung an Strom bewirkt zusätzlich eine Reduktion der externen Kosten, wie Kosten für Gesundheitsschäden, Bautenschäden und Landwirtschaftsschäden. Der Ersatz der Pumpen ist über den betriebswirtschaftlichen Nutzen hinaus zusätzlich aus volkswirtschaftlicher Sicht sinnvoll.



6.2.2.5 Pflichtenheft für Feinanalyse

Die energetische Feinanalyse ist sinnvollerweise ein Teil einer umfassenden Sanierungsstudie.

6.2.2.5.1 Ziel

Ziel des Pflichtenheftes ist es, die Aufgaben sowie die Grundannahmen für die Feinanalyse möglichst einheitlich und präzise festzulegen. Es ermöglicht dem Bauherrn, einen Auftrag zu formulieren. Dadurch soll gewährleistet werden, dass der Bauherr vom beauftragten Ingenieur eine Analyse erhält, welche:

- die gesetzten Ziele bezüglich Energie- und Wassersparen erreicht
- dem heutigen Stand der fachlichen Anforderungen entspricht
- vollständig ist und alle sinnvollen Energiesparmöglichkeiten umfassend abdeckt
- die Kosten nicht durch unnötige Aufwendungen erhöht

Umgekehrt soll das Pflichtenheft auch sicherstellen, dass der Ingenieur vom Bauherrn die zur Bearbeitung notwendigen Unterlagen erhält und der Auftrag bezüglich Genauigkeit und Umfang sowie nicht energetischer Abklärungen abgegrenzt ist. Die Feinanalyse ist keine umfassende Sanierungsstudie.

Bei Lehrschwimmbecken, kleineren Hallenbädern und kleineren Freibädern ist der Aufwand für die Feinanalyse, im Verhältnis zu den absoluten Einsparungen, relativ betrachtet höher als bei grossen Anlagen. Die Feinanalyse soll in diesen Fällen vereinfacht durchgeführt werden, d. h. grössere Massnahmen sollen ins Zentrum gerückt werden.

6.2.2.5.2 Checkliste

Die nachfolgenden Checklisten sollen den an der Feinanalyse beteiligten Parteien helfen, die Aufgaben zu definieren.



Vom Bauherr zur Verfügung zu stellende Daten / Dienstleistungen	
Allgemeine Angaben	• Objektbezeichnung und Adresse • Eigentümer und Betreiber • Kontaktpersonen • Allgemeine Ausgangslage, Ist- und zukünftiger Zustand genau definieren • Sicherstellung der notwendigen Messungen (Installation, Ablesung) • Energetische Vorabklärungen (Grobcheck, Einzelmassnahmen abgeben) • Baujahr der Anlage • Besucherzahlen • Öffnungszeiten • Revisionszeiten • Beckentemperaturen • Raumlufttemperaturen • Bestandespläne
Sanierungshistorie	• erfolgte allgemeine und energetische Sanierungen • erfolgte Erweiterungen, Ausbauten
Geplante Veränderungen	• Allgemeine und energetische Sanierungsabsichten • Geplante Erweiterungen, Umbauten • Veränderung der Besucherzahlen
Angaben zum Betrieb	Jeweils Monatswerte von einem „normalen“ Betriebsjahr und Jahressumme, möglichst von den letzten drei Jahren. • Verbrauch und Kosten Elektrizität, Brennstoffe, Fernwärme • Wasser- und Abwassermenge
Beschreibung der Technik	• Übersichtsschema • Prinzipschemas der einzelnen Gewerke • Regelung der Anlage (Teillastbetrieb, Hallenklima, Schlechtwetter) • Schnittstellen
Technische Unterlagen	• Angaben der wichtigen Elektrizitätsverbraucher • Angaben der wichtigen Energieerzeugungsanlagen • Angaben der wichtigen Wasserverbraucher
Begehung mit Betriebspersonal	• Begleitung durch Betriebspersonal • Zustand der wichtigen Energieverbraucher / Erzeuger vermitteln • Energetische und allgemeine Mängel vermitteln • Zusätzliche Unterlagen über Energieverbrauch und Betriebsstunden liefern • Installation und Ablesung zusätzlicher Messungen absprechen

Tabelle 12 / Pflichtenheft Feinanalyse Bauherr



Vom beauftragten Ingenieur zu ermittelnde Daten	
Ist-Zustand	• Aufnahme aller wichtigen Energieverbraucher • Energiebilanz Ist-Zustand differenziert nach Anlageteilen für Elektrizität, Wärme, Wasser • Bewertung Energiekennwerte und allgemeiner Ist-Zustand
Massnahmen-katalog	• Einzelmassnahmen gegliedert nach Massnahmenpaket • Nutzungsdauer • Investitionen getrennt nach Gesamt- und energiebedingten Mehrinvestitionen • Energieeinsparung differenziert nach Elektrizität und Wärme • Wassereinsparungen • Jahreskosten der energetische Mehrinvestitionen mit Annuität plus Unterhaltskosten • Jahresnutzen • Kosten-Nutzen-Verhältnis
Dokumente	• Bericht • Empfehlung Massnahmenpakete • Energiebilanz • Wirtschaftlichkeit

Tabelle 13 / Pflichtenheft Feinanalyse Ingenieur





6.2.2.6 Anhang

6.2.2.6.1 Anhang 1

Zusammenstellung der Energieverbraucher



Beschreibung	Fabrikat	Typ	Leistung	Betriebs- stunden	Saison	Energiebedarf	Bemerkungen	Bewertung
			[kW]	[h/d]	[d/a]	[kWh/a]		
Filterpumpe	Herborner	Herborner.X-PM	11	14	250	38'500	Tagbetrieb	
			6	10	250	15'000	Nachtbetrieb	
Badewassererwärmung						500'000	Wärmezähler	

Tabelle 14 / Zusammenstellung der Energieverbraucher



6.2.2.6.2 Anhang 2

Zusammenstellung der Wasserverbraucher





6.2.2.6.3 Anhang 3

Zusammenstellung der Massnahmen der
Feinanalyse und ihrer Wirtschaftlichkeit





6.3 Förderbeiträge

Spätestens im Rahmen einer Sanierung oder Erweiterung lohnt es sich, ein Hallenbad systematisch nach Energiepotenzialen vertieft zu analysieren und die sinnvollen Energiemassnahmen umzusetzen, zumal auch Bund, Kantone, Gemeinden und weitere Institutionen auf vielfältige Art und Weise Energiestudien und Energiemassnahmen finanziell unterstützen. Auch für Hallen- und Freibäder existieren verschiedene Fördermöglichkeiten. Dank diesen Fördermitteln erhalten Hallenbadbetreiber einen finanziellen Anreiz, vermehrt Energiemassnahmen zu realisieren. Zudem können Planer mit Unterstützung von Fördergeldern an Studien bei Hallen- und Freibädern systematisch Energiepotenziale ermitteln bzw. spätestens bei einem Vorprojekt die energetisch optimalsten Varianten vertiefter untersuchen.

Nachfolgend werden die verschiedenen „Fördertöpfe“ für Energiemassnahmen bei Hallenbädern auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene im Überblick dargestellt. Weitere Informationen dazu können beim Verein InfraWatt (www.infrawatt.ch), den jeweiligen kantonalen Energiefachstellen oder unter www.energiefranken.ch eingeholt werden. Dabei sollte auch immer nach dem aktuellen Stand gefragt werden, da sich die verfügbaren Budgets oder die Förderbedingungen rasch ändern können.

6.3.1 Landesweite Fördermittel

Für Hallen- und Freibäder stehen in der Schweiz drei unterschiedliche Förderquellen zur Verfügung, welche die wichtigsten Energiebereiche abdecken, aber von verschiedenen Trägerschaften mit gänzlich unterschiedlichen Anforderungen betrieben werden:

- | | |
|--|-------------|
| • Stromsparmassnahmen: | ProKilowatt |
| • Erneuerbare Stromproduktion (KEV): | Swissgrid |
| • Erneuerbare Wärme/Abwärme (CO ₂ -Kompensation): | KliK |

6.3.1.1 Stromsparmassnahmen (ProKilowatt)

ProKilowatt fördert Stromsparmassnahmen für die verschiedensten Bereiche, auch bei Hallen- und Freibädern. Interessant ist, dass auch Machbarkeitsstudien finanziell unterstützt werden können. Das Programm wird von der Geschäftsstelle ProKilowatt unter Leitung des Bundesamtes für Energie umgesetzt und vom KEV-Fonds aus der Stromabgabe finanziert.

Von ProKilowatt werden Massnahmen gefördert, die realisiert werden und zu Stromeinsparungen führen. Die Vergütung richtet sich nach der Höhe der Stromeinsparungen und einem maximalen Anteil an die Investitionen von derzeit 15 – 40 %.

Bedingung ist, dass die Stromsparmassnahmen nachweislich zusätzlich realisiert werden und nicht gesetzlich vorgeschrieben sind. Übererfüllungen sind erlaubt, z. B. beim Grossverbrauchermodell.

- Information: **www.prokilowatt.ch**

6.3.1.2 Erneuerbare Stromproduktion (KEV)

Über die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) wird der Bau von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien finanziell gefördert. Die Gelder stammen aus der Abgabe auf das Schweizer Stromnetz. Trägerschaft des Förderprogrammes ist die nationale Netzgesellschaft Swissgrid unter Leitung des BFE.

Für Hallenbäder steht die Stromproduktion aus Solarenergie im Vordergrund, allenfalls noch Windkraftanlagen. Kleine Photovoltaikanlagen werden gemäss heutiger Verordnung mit Investitionsbeiträgen gefördert, grössere Anlagen mit einer Vergütung für den eingespeisten Strom. Inwiefern auch zukünftig neue Anlagen gefördert werden, kann bei Swissgrid nachgefragt werden.

- Auskunft zum aktuellen Stand der kostendeckenden Einspeisevergütung KEV: **www.swissgrid.ch/kev**

6.3.1.3 Erneuerbare Wärme und Abwärme (KliK)

Die Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation (KliK) fördert u. a. neue Wärmepumpen, Holzheizungen, Abwasserwärme, Fernwärme aus Kehrrichtverbrennungsanlagen, Anlagen zur Nutzung von Abwärme aus Industrie oder EDV-Zentralen etc. KliK kauft zertifizierte CO₂-Reduktionen und garantiert dafür bis 2020 einen fixen Preis von 100 Fr. pro Tonne CO₂, je nach zukünftigem CO₂-Gesetz auch länger. Bedingungen für die Förderung sind, dass es sich nicht um Neubauten handelt, die alternative Heizanlage neu erstellt und bestehende fossile Heizungen ersetzt werden. Die alternative Anlage darf noch nicht realisiert bzw. Werkverträge dürfen noch nicht unterzeichnet sein. Deshalb ist es wichtig, dass das Gesuch rechtzeitig, also noch in der Planungsphase, eingereicht wird.

Ist bei einem Hallenbad der Ersatz einer alten Erdöl- oder Erdgasheizung durch eine neue Wärmepumpe, Holzheizung oder durch die Nutzung von interner oder externer Abwärme geplant, so empfiehlt es sich, die Eingabe eines Gesuches an KliK zu prüfen. Wenn ein Hallenbad an einen Wärmeverbund oder ein Fernwärmenetz angeschlossen wird und Wärme aus Biomasse (Holz, Abfall), Wärmepumpen oder Abwärme bezieht, kann der Hallenbadbetreiber direkt oder indirekt von Fördermitteln profitieren, wenn entsprechende Mittel rechtzeitig bei KliK beantragt werden. Baut der Hallenbadbetreiber hingegen einen Nahwärmeverbund selber auf und liefert auch Wärme an andere Bezüger, besteht die Möglichkeit, das Projekt beim Programm „Wärmeverbünde“ bei InfraWatt einzugeben (info@infra-watt.ch). Dies hat den Vorteil, dass der Bewilligungsprozess einfach und schnell vor sich geht.

- Auskunft: **www.infrawatt.ch** oder **www.klik.ch**



6.3.2 Förderung durch die Kantone

Viele Kantone fördern die Energieoptimierung aktiv, wobei das Schwergewicht bei Massnahmen an der Gebäudehülle und von alternativen Heizanlagen liegt. Auch Energieanalysen oder Machbarkeitsstudien werden von Kantonen zum Teil unterstützt. Informationen geben die Energiefachstellen des Standortkantons.

- Liste der Energiefachstellen aller Kantone:
www.energieschweiz.ch/de-ch/erneuerbare-energien/finanzierung-subventionen/gebaeudeprogramm-und-kantonale-programme.aspx

6.3.3 Förderung in einzelnen Gemeinden

Auch Gemeinden oder Energieversorgungsunternehmen haben zum Teil Förderprogramme für die Energieoptimierung, wobei gemeindeeigene Bauten z. T. ausgeschlossen sind. Es empfiehlt sich ,direkt bei der Gemeinde nachzufragen oder in einem ersten Schritt auf nachfolgender Website nachzuschauen.

- Überblick zu jeder Gemeinde in der Schweiz: **www.energiefranken.ch**





Quellenverzeichnis

Titelseite	©	Coverbild BBGmarconex AG, Marketing & Kommunikation
Kapitel 1	©	Coverbild Leu's Home Art GmbH Fotolia.com 2016
Seite 13 / Abb. 1	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG www.leadership-management.ch
Kapitel 2	©	siehe Seite 38
Seite 29 / Abb. 1	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Diagramm
Seite 31 / Abb. 2	©	Hunziker Betatech AG www.energie.ch , 10.06.2015
Seite 33 / Abb. 3	©	Hunziker Betatech AG KASAG 2015
Seite 33 / Abb. 4	©	Hunziker Betatech AG Foto 2015
Seite 37 / Abb. 5	©	Hunziker Betatech AG www.thunerwetter.ch 2015
Seite 37 / Abb. 6	©	Hunziker Betatech AG www.tepax.de 2015
Seite 38 / Abb. 7	©	Hunziker Betatech AG www.wagner-solar.com
Seite 38 / Abb. 8	©	Hunziker Betatech AG www.inplan.at
Seite 39 / Abb. 9	©	Hunziker Betatech AG http://www.schwimmbad-zu-hause.de/die-sonne-betreffend/
Seite 40 / Abb. 10	©	Hunziker Betatech AG http://www.ucy-energy.com/photovoltaik.htm
Kapitel 3	©	siehe Seite 60
Seite 51	©	BSB AG http://www.my-whirlpool.de/whirlpools/w195/wasser.png , 15.06.2016
Seite 52 / Abb. 1	©	BSB AG http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar_Einsatzb-reiche-der-Solarenergie_165598.html?img=15&layout=galerie , 15.06.2016
Seite 53 / Abb. 2	©	BSB AG Himmel: http://rosen-apotheke.de/haut-und-sonne/sonnenwirkung Sonne: Windows cliparts Würfel: http://www.kaufbazar.de/69083441-w%C3%BCrfel-regal-holz , 15.06.2016
Seite 53 / Abb. 3	©	BSB AG http://www.3dworld-wide.com/rubiks_cube.html , 15.06.2016
Seite 53 / Abb. 4	©	BSB AG http://www.bauweise.net/grundlagen/architekt/gebaeudeform.htm , 15.06.2016
Seite 54 / Abb. 5	©	BSB AG http://www.bauen.de/ratgeber/hausbau/bauratgeber/planung/artikel/artikel_hausplanung-tips-fuer-angehende-bauherren.html , 15.06.2016
Seite 57 / Abb. 6	©	Beck Schwimmbadbau AG Grafik
Seite 59 / Abb. 7	©	BSB AG http://www.oeko.de/oekodoc/1602/2012-457-de.pdf , Seite 14, 15.06.2016
Seite 59 / Abb. 8	©	BSB AG http://www.oeko.de/oekodoc/1602/2012-457-de.pdf , Seite 7, 15.06.2016
Seite 59 / Abb. 9	©	BSB AG http://gode-elementebau.de/Sonnenschutzglas.htm , 15.06.2016
Seite 60 / Abb. 10	©	BSB AG http://www.hydro.com/en/Press-room/News/Archive/2011/Indian-building-keeps-humming-even-during-power-outages/ , 15.06.2016
Seite 60 / Abb. 11	©	BSB AG http://www.solitek.eu/lt/ , 15.06.2016
Seite 60 / Abb. 12	©	BSB AG http://www.ebay.de/ , 15.06.2016 primrose-garten
Seite 61 / Abb. 13	©	BSB AG http://www.hei.at/de/led-glasselements/index.php , 15.06.2016
Seite 61 / Abb. 14	©	BSB AG http://www.ebay.de/ , 15.06.2016 User: bobowaytoway
Seite 61 / Abb. 15	©	BSB AG http://www.ebay.de/ , 15.06.2016 User: led-store_waldheim
Seite 62 / Abb. 16	©	Beck Schwimmbadbau AG Grafik
Seite 64 / Abb. 17	©	Beck Schwimmbadbau AG Grafik
Seite 66 / Abb. 18	©	BSB AG http://www.alles-dicht.com/BLOWER%20DOOR.html , 15.06.2016
Seite 66 / Abb. 19	©	BSB AG http://www.balkon-dachterrasse.de/balkon.html , 15.06.2016
Seite 68 / Abb. 20	©	Beck Schwimmbadbau AG Grafik
Seite 69 / Abb. 21	©	Beck Schwimmbadbau AG Grafik
Seite 70 / Abb. 22	©	BSB AG http://www.architonic.com/de/pmsht/dorma-automatic-komplett-tueren-dorma/1103402 , 15.06.2016
Seite 71 / Abb. 23	©	BSB AG http://www.dorma.com/de/de/oeffnen_schliessen/automatische_schie-be-_und_sondertueren/index-162-3400.html , 15.06.2016

Seite 71 / Abb. 24	©	BSB AG http://www.automatische-tuere.de/automatische-tueren-hotel.htm , 15.06.2016
Seite 71 / Abb. 25	©	BSB AG http://www.bosy-online.de/Luftschleier.htm http://www.dorma.com/de/de/oeffnen_schliessen/automatische_schiebe-_und_sondertueren/index-162-3400.html , 15.06.2016
Seite 71 / Abb. 26	©	BSB AG http://www.directindustry.de/prod/tmi-llc/product-25028-461847.html http://www.dorma.com/de/de/oeffnen_schliessen/automatische_schiebe-_und_sondertueren/index-162-3400.html , 15.06.2016
Seite 72 / Abb. 27	©	BSB AG http://www.duden.de/rechtschreibung/Drehtuer , 15.06.2016
Seite 73 / Abb. 28	©	BSB AG http://www.kawneer.com/kawneer/germany/de/product.asp?cat_id=602&prod_id=2846 , 15.06.2016
Seite 74 / Abb. 29	©	BSB AG https://www.stabalux.com/de/pfosten-riegel-fassade-stahl/ , 15.06.2016
Seite 74 / Abb. 30	©	BSB AG http://www.wicon.com/ , 15.06.2016
Seite 74 / Abb. 31	©	BSB AG http://www.ib-inco.de/ , 15.06.2016
Seite 74 / Abb. 32	©	BSB AG https://m.kampmann.co.uk/index.php?con_cat=160&con_lang=1&products_id=192 , 15.06.2016
Seite 74 / Abb. 33	©	BSB AG http://www.cf-haustechnik.de/heizkoerper.htm , 15.06.2016
Seite 77 / Abb. 34	©	BSB AG http://www.meier-systems.ch/en/referenzen?category=44&action=objec-tlist , 15.06.2016
Seite 77 / Abb. 35	©	BSB AG http://www.meier-systems.ch/en/referenzen?category=44&action=objec-tlist , 15.06.2016
Seite 78 / Abb. 36	©	BSB AG https://www.rutscherlebnis-community.de/erlebnisbader-und-wasserrutschen/bester-wasser-rutschenpark/ , 15.06.2016
Seite 79 / Abb. 37	©	BSB AG Agrob Buchtal
Seite 79 / Abb. 38	©	BSB AG Agrob Buchtal
Seite 79 / Abb. 39	©	BSB AG Agrob Buchtal

Kapitel 4

	©	siehe Seite 88
Seite 86 / Abb. 1	©	Hunziker Betatech AG Merkblatt 13, www.topmotors.ch
Seite 88 / Abb. 2	©	Hunziker Betatech AG www.indirekte-beleuchtung.com
Seite 91 / Abb. 3	©	Hunziker Betatech AG Hans Rudolf Rös, Beleuchtungstechnik für Praktiker, 2015.
Seite 92 / Abb. 4	©	Hunziker Betatech AG Quelle: Osram
Seite 93 / Abb. 5	©	Hunziker Betatech AG Quelle: Osram
Seite 94 / Abb. 6	©	Hunziker Betatech AG Quelle: Osram
Seite 94 / Abb. 7	©	Hunziker Betatech AG LED: http://aquaticdesignla.com/?p=754 OLED: http://www.kult-lampen.de/vorreiter-und-award-magnet-oled-lampe-oviso-von-ribag/
Seite 102 / Abb. 8	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Grafik
Seite 105 / Abb. 9	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Roeske, Schwimm- und Badebeckenwasser
Seite 105 / Abb. 10	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Roeske, Schwimm- und Badebeckenwasser
Seite 106 / Abb. 11	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Captura ®
Seite 106 / Abb. 12	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Captura ®
Seite 107 / Abb. 13	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Aquasuisse
Seite 107 / Abb. 14	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Aquasuisse
Seite 113 / Abb. 15	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Herborner Pumpen
Seite 114 / Abb. 16	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Herborner Pumpen
Seite 115 / Abb. 17	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG Prominent
Seite 119 / Abb. 18	©	HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG www.biral.ch \ europäische Richtlinien
Seite 134 / Abb. 19	©	Hunziker Betatech AG Grafik

Kapitel 5

	©	siehe Seite 143
Seite 143 / Abb. 1	©	Wasserrutsche Leu's Home Art GmbH Fotolia.com 2016

Kapitel 6

	©	Leu's Home Art GmbH Fotografie Aussenbecken
Seite 158 / Abb. 1	©	Hunziker Betatech AG Bundesamt für Energie, Faktenblatt Nr. 1: Basiswissen Energie





A series of horizontal lines for writing, spanning the width of the page.



Lined writing area with horizontal lines.