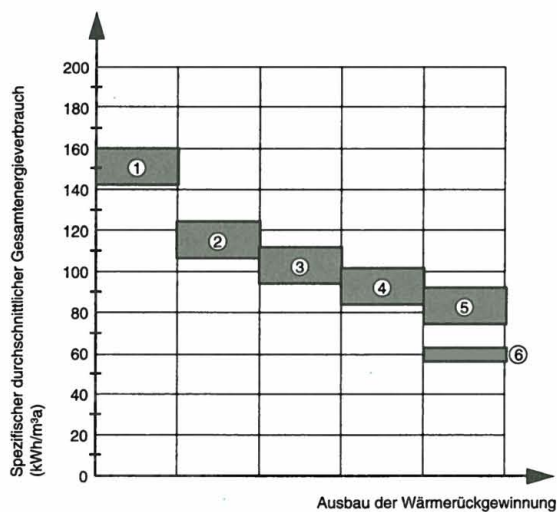
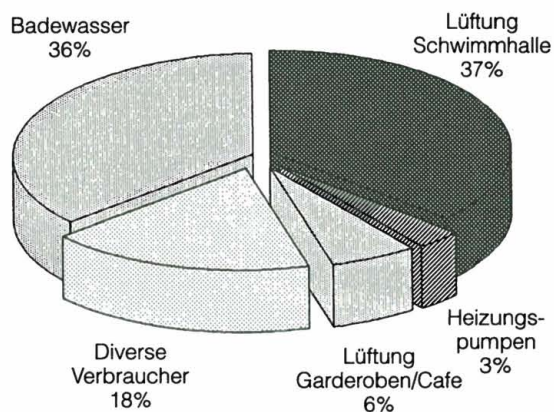
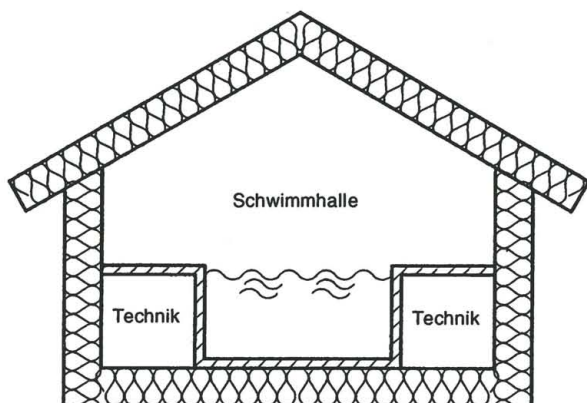


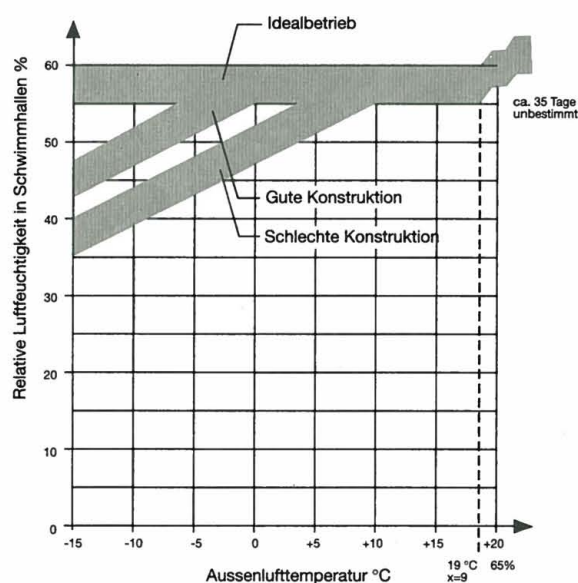


Bundesamt für Energiewirtschaft

# Rationelle Energienutzung in Hallenbädern



Mittlere Hallenbäder 20 000 – 30 000 m³ (SIA), 2 bis 3 Becken, etwa 500 m² Wasserfläche



Bernd Kannevischer, dipl. Ing. SIA, Zug  
Im Auftrag des Bundesamts für Energiewirtschaft





**Bundesamt für Energiewirtschaft**

# **Rationelle Energienutzung in Hallenbädern**

Dieser Bericht enthält Informationen zur rationellen Energienutzung in Hallenbädern.

Dabei werden Hinweise gegeben zu:

- Vorgehen beim Sanieren von Hallenbädern
- Grundsätze für die Planung von neuen Hallenbädern
- Massnahmen zur Energieeinsparung
- Inbetriebnahme, Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle

Im Anhang werden zudem die Ergebnisse der Feinanalyse von 5 Beispielen dargestellt.

Das Bundesamt für Energiewirtschaft gibt diesen Bericht zur Veröffentlichung frei, ohne sich abschliessend dazu zu äussern.





---

**Herausgegeben von:**

Bundesamt für Energiewirtschaft BEW

3003 Bern

**Ausgearbeitet durch:**

Ingenieurbüro B. Kannewischer

6300 Zug

Unter Mitwirkung von:

Ingenieurgemeinschaft Dr. Eicher & Pauli AG

4410 Liestal

Ingenieurbüro Löpfe AG

5000 Aarau

Ingenieurbüro Straub AG

7000 Chur

**Vertrieb:**

Eidgenössische Drucksachen- und  
Materialzentrale EDMZ

3000 Bern

**Copyright:**

Bundesamt für Energiewirtschaft BEW

3003 Bern





# Inhaltsverzeichnis

|                                                                    |        |
|--------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>1. Einleitung und Zielsetzung</b>                               | 2      |
| <b>2. Zusammenfassung</b>                                          | 3      |
| <b>3. Vorgehen beim Sanieren von Hallenbädern</b>                  | 4      |
| 3.1 Grobbeurteilung Energieverbrauch                               | 4      |
| 3.2 Feinanalyse                                                    | 9      |
| <b>4. Vorgehen/Grundsätze beim Planen von neuen Hallenbädern</b>   | 11     |
| 4.1 Allgemeines                                                    | 11     |
| 4.2 Grundsätze                                                     | 11     |
| <b>5. Energetische Kennzahlen</b>                                  | 14     |
| <b>6. Hinweise zur Energieeinsparung</b>                           | 15     |
| 6.1 Strufenplan                                                    | 15     |
| 6.2 Möglichkeiten zur Wärmeeinsparung                              | 15     |
| 6.3 Verbrauchsreduktion elektrische Energie                        | 20     |
| 6.4 Verbrauchserfassung                                            | 21     |
| <b>7. Inbetriebnahme, Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle</b> | 22     |
| <b>8. Literatur</b>                                                | 23     |
| <br><b>Anhang</b>                                                  | <br>25 |
| <b>A1 Beispiele von Feinanalysen</b>                               | 25     |
| A1.1 Hallenbad Loreto Zug                                          | 26     |
| A1.2 Hallenbad Sedrun                                              | 29     |
| A1.3 Hallenbad Liestal                                             | 32     |
| A1.4 Hallenbad Adliswil                                            | 35     |
| A1.5 Hallenbad Uster                                               | 38     |
| A1.6 Zusammenfassung der Energiekennzahlen                         | 42     |
| <b>A2 Definitionen</b>                                             | 43     |





# **1. Einleitung und Zielsetzung**

Der hohe Energieverbrauch der öffentlichen Hallenbäder belastet die Umwelt sowohl durch Abgasemissionen aus Feuerungen, als auch durch zuwenig genutzte Abwärme.

Die in den letzten Jahren stark gestiegenen Energiekosten können nur selten auf die Eintrittspreise überwälzt werden und führen deshalb, nebst anderen Einflussfaktoren, zu hohen Defiziten, welche die Budgets der Gemeinden belasten.

Die konzentriert anfallenden Abwärmemengen wie Abwasser aus den Becken und den Duschen, diverse Fortluftströme aus Lüftungen sowie Abgase aus den Feuerungen, ermöglichen den Einbau wirtschaftlicher Wärmerückgewinnungsanlagen (WRG). Durch solche Massnahmen kann eine wesentliche Reduktion des Energiebedarfs erreicht werden.

Durch die vorliegende Schrift sollen sowohl Impulse als auch Informationen für die Energieeinsparung in Hallenbädern gegeben werden. Der Schwerpunkt wird auf die Sanierung von bestehenden Bädern gelegt.

Es werden Sollwerte für Sanierungen sowie Zielwerte für Neubauten vorgeschlagen, welche mit einem guten Konzept sowie optimiertem Betrieb erreicht werden können.





## 2. Zusammenfassung

Diese Publikation informiert über das Gesamtthema des Energieverbrauchs in Hallenbädern.

Es werden Hilfsmittel für die Erstellung einer Grobbeurteilung angegeben. Aufgrund dieser Grobbeurteilung kann das Energiesparpotential abgeschätzt werden, das durch betriebliche Massnahmen und Verbesserung der bestehenden Technik erreicht werden kann.

Für eine Feinanalyse sind detaillierte Bestandesaufnahmen notwendig, aus denen ein Massnahmenkatalog für das weitere Vorgehen erarbeitet werden kann. Anhand von fünf konkreten Beispielen werden im Anhang die Ergebnisse der erreichbaren Energieeinsparung dargestellt.

Aus den Auswertungen dieser Arbeiten werden **Sollwerte für Umbauten** sowie **Zielwerte für Neubauten** formuliert.

Weiter wird darauf hingewiesen, dass beim Planen von neuen Hallenbädern eine konsequente Abwärmeebenutzung zu erfolgen hat.

Grundsätzliche Zielsetzung muss es sein, die verschiedenen Wärmerückgewinnungen (WRG) mit möglichst wenig Hilfsenergie zu betreiben.

Als Basis für die Detailplanung und Ausführung sollte eine Gesamtenergiekonzeption erarbeitet werden, welche die Veränderungen in allen Bereichen zusammenhängend aufzeigt.

Beim Einsatz von Elektrizität zur WRG muss auch die Wertigkeit dieser Energieform berücksichtigt werden. Die Wärmepumpen sollten deshalb eine Jahresarbeitszahl von etwa 3 und mehr aufweisen.





## 3. Vorgehen beim Sanieren von Hallenbädern

### 3.1 Grobbeurteilung Energieverbrauch

In jedem Hallenbad stellen sich bezüglich des Energieverbrauchs folgende Fragen:

- Werden die bestehenden technischen Anlagen optimal betrieben?
- Wie hoch ist der durchschnittliche Energieverbrauch in ähnlichen Bädern? (Ähnliche Grösse, Besucherzahlen und energietechnische Anlagen)
- Wieviel Energie könnte, neben der betrieblichen Optimierung, mit weiteren Massnahmen eingespart werden?

Diese Fragen interessieren besonders, weil betriebliche Massnahmen zur Energieeinsparung keine Investitionen erfordern und deshalb vordringlich auszuführen sind. Ausserdem ist es sehr wichtig, vor weiteren Investitionen sicher zu sein, dass die bestehenden Anlagen tatsächlich optimal betrieben werden, da der daraus resultierende Bedarf als Basis für die weiteren Überlegungen dient.

Um diese Fragen zu beantworten, sind Erhebungen durchgeführt worden, um **Durchschnittswerte des Energieverbrauchs** für ein Bad bestimmter Grösse und gegebenen WRG-Systemen zu erhalten. Der Verbrauch wurde festgelegt als Summe der zugeführten Endenergie Öl, Gas, Strom und Umgebungswärme (über Wärmepumpen genutzt), also Gesamtenergiezufuhr oder „Input“. Dabei wurde der untere Heizwert (Hu) eingesetzt.

Die hieraus erarbeitete Treppengrafik (Abb. 1) zeigt den **durchschnittlichen** Energieverbrauch solcher Bäder. Sie ermöglicht einen Vergleich des zu beurteilenden Bades mit einem korrekt betriebenen Bad mit gleichem Ausbaustandard. Ausserdem lassen sich die Einsparpotentiale durch den Einbau weiterer WRG-Anlagen rasch ermitteln.

Zur Ermittlung des Energiesparpotentials bei einer Gesamtanierung müssen die Sollwerte (Kap. 5) herangezogen werden.

### Bewertungsmassstab

In der Literatur finden sich verschiedene Bewertungsmassstäbe für den Energieverbrauch in Hallenbädern:

- umbauter Raum (Kubatur)
- Wasserfläche
- Energiebezugsfläche (gemäss SIA 180/4)

Die Wasserfläche erweist sich als kein guter Massstab, da in neuen Bädern die Becken kleiner sind, die Verdunstung durch vielfältige Einflüsse jedoch eher höher ist (Rutschen, Sprudelbecken, Wasserspieleinrichtungen, usw.). In den nachfolgenden Ausführungen werden deshalb folgende Bewertungsmassstäbe verwendet:

Im Rahmen der **Grobbeurteilung** wird die **Kubatur** herangezogen, da diese bei der Untersuchung von bestehenden Bauten meist bekannt ist. Ausserdem hat sich die Kubatur als guter Vergleichsmassstab erwiesen, obwohl in den SIA-Empfehlungen die Energiebezugsfläche eingesetzt wird.

Im Kapitel **Feinanalyse** sind alle drei vorstehenden Massstäbe enthalten, damit auch ein Vergleich mit Literaturwerten möglich ist. Da die Feinanalyse von Fachleuten erarbeitet wird, erlangt hier der Energieverbrauch bezogen auf die **Energiebezugsfläche**, sicher eine grössere Bedeutung.

### Dimensionen

Der Jahresenergieverbrauch wird im Rahmen der Grobbeurteilung in kWh angegeben, da dies für Betriebsfachleute eine eher üblichere Angabe ist.

Im Rahmen der Feinanalyse werden die Energiemengen in MJ angegeben.

### Bädereinteilung

Kleine, kompakte Bäder haben einen höheren spez. Energieverbrauch als grossvolumige Anlagen.

In der nachfolgenden Aufstellung sind dementsprechend die Bäder in 3 Kategorien unterteilt:





- Kleine Bäder  
Umbauter Raum 10 000 bis 15 000 m<sup>3</sup>  
1 Becken, evtl. mit Nicht-Schwimmbuch  
Wasserfläche ca. 200 bis 300 m<sup>2</sup>
- Mittlere Bäder  
Umbauter Raum 20 000 bis 30 000 m<sup>3</sup> meist mit 3  
getrennten Becken, evtl. auch 2 Becken mit  
Springerbucht  
Wasserfläche ca. 500 m<sup>2</sup>
- Grosse Bäder  
Umbauter Raum über 40 000 m<sup>3</sup>  
Schwimmerbecken mit 50 m Bahn  
Wasserfläche über 1 000 m<sup>2</sup>

wie Sauna, Solarien und Cafeteria gehören jedoch dazu.

- Für den Endenergieverbrauch werden alle zugeführten Energien addiert, z. B. Strom, Gas und Öl. Die Umweltenergie bei Einsatz von Grundwasser- oder Luftwärmepumpen ist ebenfalls zu addieren. (Bei Wärmepumpen zur Wärmerückgewinnung ist jedoch nur der aufgewendete Strom zu berücksichtigen!)
- Betriebstage 350 Tage/a  
Abweichende Betriebstage müssen linear interpoliert werden!

## Durchschnittliche Ist-Werte

In der Abb. 1 sind die durchschnittlichen Istwerte für den Endenergieverbrauch (Gesamtenergieverbrauch) in kWh/m<sup>3</sup> a eingetragen.

Der Richtwert für den durchschnittlichen Istwert ist in folgende Kategorien gegliedert:

Ausbau der WRG:

- ① Hallenbad mit Umluft ohne jegliche WRG. Bäder ohne Umluftbeimischung, also nur mit Fortluft (meist Dachventilatoren), weisen einen wesentlich höheren Verbrauch auf. Solche sind jedoch heute nur noch selten anzutreffen und sind deshalb hier nicht enthalten.
- ② Hallenbad mit Luft-WRG, z.B. Plattenwärmetauscher, Wärmepumpe oder kreislaufverbundenes WRG-System
- ③ Hallenbad mit Luft- und Beckenabwasser-WRG
- ④ Hallenbad mit Luft- und Beckenabwasser- sowie Duschenabwasser-WRG
- ⑤ Hallenbad mit WRG aus allen Bereichen wie, Luft, Beckenabwasser, Duschenabwasser sowie Nutzung der Kondensationswärme der Feuerungsabgase.

## Randbedingungen

Die Treppengrafik ist gültig für ein Hallenbad im schweizerischen Mittelland, das eine gute Auslastung aufweist.

Eine Korrektur für verschiedene Heizgradtage sowie Überlastung des Bads ist nicht vorgesehen, da dies in dieser Grobbeurteilung nicht entscheidend ist. Extreme Werte (tiefe durchschnittliche Aussenlufttemperatur sowie Besucherzahlen) müssen individuell berücksichtigt werden.

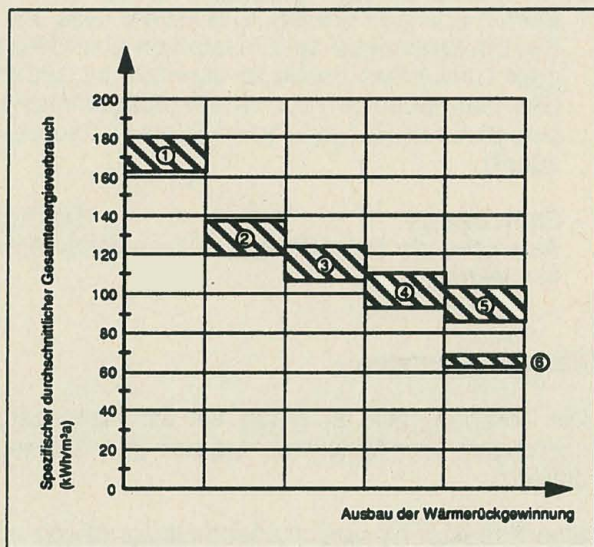
## Grundlagen für die Ermittlung der durchschnittlichen Istwerte

(Durchschnittswerte bestehender Bäder)

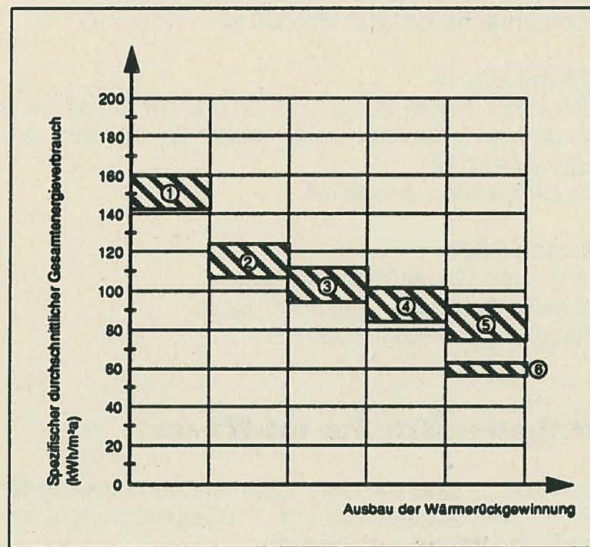
Folgende Grundlagen gelten für die Treppengrafiken in Abb. 1:

- Beckenwassertemperatur 27 – 28 °C
- Raumlufttemperatur  
in der Schwimmhalle 29 – 30 °C
- Die Kubatur wird als Gesamtkubatur inkl. Keller und Technikräume verstanden (SIA 116). Betriebsfremde Räume wie Turnhallen, Wohnungen usw. müssen subtrahiert werden. Betriebseigene Räume

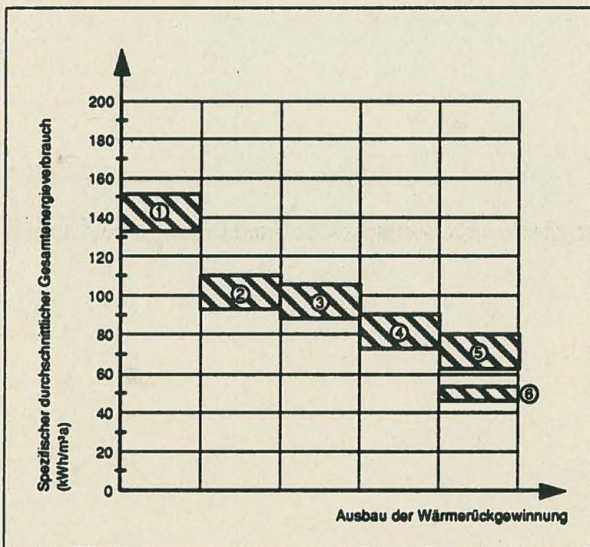




Kleine Hallenbäder 10 000 – 15 000 m³ (SIA), 1 bis 2 Becken, etwa 300 m² Wasserfläche



Mittlere Hallenbäder 20 000 – 30 000 m³ (SIA), 2 bis 3 Becken, etwa 500 m² Wasserfläche



Grosse Hallenbäder über 40 000 m³ (SIA), 50-m-Becken, über 1 000 m² Wasserfläche

Durchschnittliche Istwerte des Endenergieverbrauchs in kWh/m³ a; dem Gebäude gesamthaft zugeführte Energie (Gas, Öl, Strom) bei folgendem WRG-Ausbau:

- ① Hallenbad mit Umluft, ohne WRG;
- ② mit Luft-WRG;
- ③ mit Luft- und Beckenabwasser-WRG;
- ④ mit Luft-, Beckenabwasser- und Duschenabwasser-WRG;
- ⑤ mit Luft-, Beckenabwasser- und Duschenabwasser-WRG, sowie Nutzung der Kondensationswärme der Feuerungsabgase.
- ⑥ Sollwert bei guter Sanierung

Abb. 1: Durchschnittliche Istwerte des Endenergieverbrauchs für die Grobbeurteilung





## Energiesparpotential

Die in den vorstehenden Treppengrafiken angegebenen Werte sind als **durchschnittliche Istwerte** zu betrachten.

Die Energieeinsparung durch betriebliche Optimierung errechnet sich wie folgt:

$$\text{Istwert} - \text{durchschn. Istwert} = \text{Energiesparpotential}$$

Für ein zu untersuchendes Bad muss somit der auf die Kubatur bezogene Istwert ermittelt werden.

Anschliessend wird aus der Treppengrafik, entsprechend der Grösse und dem Ausbau der Wärmerückgewinnung des Bads, der durchschnittliche Istwert abgelesen.

Aus der Differenz dieser beiden Werte ergibt sich das Einsparungspotential für den entsprechenden Wärmerückgewinnungsstandard.

Auch wenn ein Bad den durchschnittlichen Istwert erreicht oder unterschreitet, können trotzdem beträchtliche Einsparungspotentiale bestehen!

### Vorgehen für die Grobbeurteilung:

|                     |                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Istwert:            | Der Endenergieverbrauch (Elektrisch, Fossil usw.) des zu untersuchenden Bads wird in kWh/m <sup>3</sup> a ermittelt.<br>Das Hallenbadvolumen wird gemäss SIA 116 bestimmt.                                                                    |
| Durchschn. Istwert: | Dieser Wert kann aus der Treppengrafik für ein Bad ähnlicher Grösse mit gleichem Ausbau der WRG entnommen werden und mit dem vorher ermittelten Ist-Wert verglichen werden.                                                                   |
| Ergebnis:           | Die Differenz aus Istwert und durchschn. Istwert gibt einen Hinweis darauf, ob die Anlagen korrekt betrieben werden. Sie kann aber auch die Folge eines schlechten Zustands der Anlagen oder einer schlechten Wärmedämmung des Gebäudes sein. |

## Beispiel

### Grundlagen:

Städtisches Hallenbad, freistehend, mit Tiefgarage und Wohnung, Baujahr 1959

|                                          |                            |
|------------------------------------------|----------------------------|
| - Gesamtkubatur .....                    | 24 600 m <sup>3</sup>      |
| - Beckenfläche .....                     | 494 m <sup>2</sup>         |
| Beckeninhalt .....                       | 900 m <sup>3</sup>         |
| - Temperaturen                           |                            |
| Becken 1 .....                           | 28 °C                      |
| Becken 2 .....                           | 30 °C                      |
| Luft in Schwimmhalle .....               | 31 °C                      |
| - Öffnungstage pro Jahr .....            | 330                        |
| - Jahresbesucherzahl inkl. Schulen ..... | 136 000                    |
| - Wärmeerzeuger .....                    | Heizkessel mit Gasfeuerung |
| - WRG                                    |                            |
| Lüftung .....                            | ja                         |
| Duschenabwasser .....                    | ja                         |
| Beckenabwasser .....                     | ja                         |
| Abgaskondensation .....                  | nein                       |





## Berechnung und Auswertung

|                      |                          |                       |
|----------------------|--------------------------|-----------------------|
| - Berechnung Kubatur | Gesamtkubatur .....      | 24 600 m <sup>3</sup> |
|                      | ./. Tiefgarage .....     | 1 900 m <sup>3</sup>  |
|                      | ./. Wohnung .....        | 300 m <sup>3</sup>    |
|                      | bereinigte Kubatur ..... | 22 400 m <sup>3</sup> |

### - Gesamtjahresenergieverbrauch (Endenergie)

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Gas .....                          | 2 300 000 kWh/a |
| Strom WP (für WRG) .....           | 140 000 kWh/a   |
| Strom allgemein .....              | 560 000 kWh/a   |
| Summe Energieverbrauch .....       | 3 000 000 kWh/a |
| ./. Wohnung ca. ....               | 40 000 kWh/a    |
| bereinigter Energieverbrauch ..... | 2 960 000 kWh/a |

### - Berechnung Istwert

$$\text{Istwert} = \frac{2\,960\,000 \text{ kWh/a}}{22\,400 \text{ m}^3} = 132 \text{ kWh/m}^3 \text{ a}$$

Da dieses Bad nur 330 Tage geöffnet ist, muss dieser Wert auf 350 Tage umgerechnet werden.

$$\text{Istwert} = 132 \times \frac{350}{330} = 140 \text{ kWh/m}^3 \text{ a}$$

### - Ermittlung durchschn. Istwert

Dieses Hallenbad gehört mit einer Kubatur von 22 400 m<sup>3</sup> und einer Wasserfläche von 494 m<sup>2</sup> in die mittlere Grössenordnung gem. Treppengrafik Abb. 1.

Ausbau der Wärmerückgewinnung ..... Stufe 4

Durchschnittlicher Istwert aus Treppengrafik Abb. 1 ..... 82 bis 100 kWh/m<sup>3</sup>a

### - Vergleich Istwert/durchschn. Istwert

Istwert ..... 140 kWh/m<sup>3</sup> a

Durchschnittlicher Istwert ..... 82 bis 100 kWh/m<sup>3</sup> a

Energiesparpotential durch betriebliche Optimierung ..... ca. 40 – 58 kWh/m<sup>3</sup>a

Mögliche Ursachen für den höheren Endenergieverbrauch dieses Beispiels sind, soweit diese aus den obigen Zahlen abgeleitet werden können:

- Eingebaute WRG-Anlagen funktionieren nicht optimal
- Erhöhte Temperaturen in den Becken und in der Schwimmhalle
- Ungenügende Baukonstruktion und Verglasung, da die Erstellung bereits auf das Jahr 1959 zurückgeht
- Während der Schliessung an 35 Tagen pro Jahr sind die technischen Anlagen zum grössten Teil in Betrieb

Weitere Hinweise zu den möglichen Ursachen vgl. Kap. 6.





### 3.2 Feinanalyse

#### Inhalt der Feinanalyse

Die Feinanalyse umfasst eine detaillierte Bestandesaufnahme sowie eine Ermittlung aller Verbräuche zur Erstellung der Energiebilanzen (Ist-Zustand). Anschliessend wird ein Massnahmenkatalog erarbeitet. Es werden die möglichen Einsparungen sowie die Investitionskosten berechnet. Energieflussdiagramme und Wirtschaftlichkeitsberechnungen ergänzen die Ausarbeitung.

Aufgrund dieser Feinanalyse kann ein Sanierungsprogramm erstellt werden.

Die im Anhang dieses Berichts enthaltenen konkreten Beispiele einer solchen Feinanalyse dienen als vergleichende Information.

#### Arbeitsschritte im Rahmen der Feinanalyse

Um die Zielsetzung einer rationellen Energieverwendung in Hallenbädern zu erreichen sind im Rahmen der Feinanalyse üblicherweise folgende Arbeiten notwendig:

- Bestandesaufnahme des gesamten Hallenbads einschliesslich der Betriebsdaten und der Besucherzahlen. Erheben des Energie- und Elektrizitätsverbrauchs. Auswertung der vorhandenen Hygiene-Berichte und Feststellung der Aufbereitungsleistungen, wobei diese mit den Besucherzahlen zu vergleichen sind.  
Erstellen der Verdunstungsberechnungen und den sich daraus ergebenden notwendigen Luftbilanzen. Überlegungen bezüglich Tag-/Nachtbetrieb.  
Beurteilung des baulichen und haustechnischen Zustandes, wobei der Schwerpunkt bei den technischen Anlagen liegt.
- Ermittlung des Elektrizitätsverbrauchs für die einzelnen Verbraucher wie Lüftung, Badewasser-aufbereitung, Heizung, Beleuchtung und Diverses.
- Analyse der Stromkosten unter Berücksichtigung von Hoch-, Nieder- und Leistungstarifen.
- Ermittlung des Gesamtwärmeverbrauchs sowie des Einzelwärmeverbrauchs für Transmission, Lüftung, Beckenheizung und Wassererwärmung.
- Ausarbeitung eines Energieflussdiagramms für Wärme und Elektrizität für den Ist-Zustand. Die Aufteilung der einzelnen Verbraucher erfolgt dabei aufgrund von Messresultaten und mit Hilfe von Berechnungen oder Energiebilanzmodellen.
- Energiekennzahlen Ist-Zustand ermitteln und Bewertung derselben soweit dies nicht bereits im Rahmen der Grobbeurteilung erfolgt ist.
- Massnahmenkatalog für wärmetechnische und elektrische Energiesparmassnahmen und mögliche Wärmerückgewinnungssysteme erarbeiten. Zusammenstellen von Massnahmenpaketen zur Realisierung. Aufzeigen der Zusammenhänge und Abhängigkeiten von wärmetechnischen und elektrischen Sparmassnahmen.
- Sparpotentiale der einzelnen Massnahmen berechnen und darstellen des Soll-Zustands für Wärme- und Elektrizität in einem Energieflussdiagramm.
- Kostenschätzung für die einzelnen Massnahmen oder Massnahmenpakete.
- Wirtschaftlichkeitsberechnung und Darstellung der Rückzahlfristen für die Massnahmenpakete unter Berücksichtigung der anstehenden Unterhaltsmassnahmen. Das heisst, die Investitionskosten für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen setzen sich zusammen aus den Mehrkosten für die Energiesparmassnahmen sowie dem Anteil des noch nicht abgeschriebenen Restwerts des Anlageteils. (vgl. Beispiel Abb. 2)
- Empfehlungen für das weitere Vorgehen. Erarbeiten eines Massnahmenplans, unterteilt in kurzfristige, mittelfristige und langfristige Massnahmen.





| Massnahmen                                    | Investitionen                                                                                                                                                                                             |                                                                     |                                                                           | Einsparungen                          |                                             |                                       | Wirtschaftlichkeit                                        |                 | Realisierung  |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------|---------------|
|                                               | Investitionen Gesamt<br>(Fr.)<br>(1)                                                                                                                                                                      | Heute erforderliche Unterhaltungs-<br>investitionen<br>(Fr.)<br>(2) | Investitionen für Energie-<br>sparmassnahmen<br>(Fr.)<br>(1)-(2)          | Einsparung an Energie<br>(kWh)<br>(3) | Einsparung an Energiekosten<br>(Fr.)<br>(4) | Mehraufwand Unterhalt<br>(Fr.)<br>(5) | Nutzungsdauer<br>(Jahre)<br>(Jahre)<br>(1)-(2)<br>(4)-(5) | Rückflusszeit*) |               |
| Beschreibung                                  |                                                                                                                                                                                                           |                                                                     |                                                                           |                                       |                                             |                                       |                                                           |                 |               |
| Wärmedämmung Fernleitung Heizung              | 8000.-                                                                                                                                                                                                    |                                                                     | 8000.-                                                                    | 35000                                 | 1470.-                                      |                                       | 30                                                        | 5,4             | mittelfristig |
| Wärmedämmung Fernleitung Sanitär              | 7000.-                                                                                                                                                                                                    |                                                                     | 7000.-                                                                    | 15000                                 | 630.-                                       |                                       | 30                                                        | 11,0            | mittelfristig |
| Zirkulationsunterbrechung                     | 500.-                                                                                                                                                                                                     |                                                                     | 500.-                                                                     | 3000                                  | 130.-                                       |                                       | 15                                                        | 3,8             | kurzfristig   |
| Ersatz-Umwälzpumpen                           | 9000.-                                                                                                                                                                                                    | 5000.-                                                              | 4000.-                                                                    | 2000                                  | 360.-                                       |                                       | 15                                                        | 11,1            | mittelfristig |
| Lüftung Schwimmhalle                          | 160000.-                                                                                                                                                                                                  | 120000.-                                                            | 40000.-                                                                   | 120000                                | 4000.-                                      | 800.-                                 | 15                                                        | 12,5            | mittelfristig |
| Lüftung Garderobe                             | 55000.-                                                                                                                                                                                                   | 43000.-                                                             | 12000.-                                                                   | 67000                                 | 3570.-                                      |                                       | 15                                                        | 3,4             | mittelfristig |
| Lüftung Nebenräume                            | 27000.-                                                                                                                                                                                                   | 22000.-                                                             | 5000.-                                                                    | 18000                                 | 1080.-                                      |                                       | 15                                                        | 4,6             | mittelfristig |
| Fensterfront                                  | 55000.-                                                                                                                                                                                                   |                                                                     | 55000.-                                                                   | 8000                                  | 1400.-                                      |                                       | 40                                                        | 161,0           | langfristig   |
| Teillastbetrieb der Badewasserpumpen (nachts) |                                                                                                                                                                                                           |                                                                     | Diese Massnahme ist nur mit einer neuen Becken-durchströmung realisierbar | 15000                                 | 1380.-                                      |                                       |                                                           |                 | mittelfristig |
| <b>Grundlagen</b>                             | Energiepreise:    - Öl                    35,0 Rp/kg bzw. 4,2 Rp/kWh<br>- Strom            HT                    17,0 Rp/kWh<br>NT                    9,2 Rp/kWh<br>*) Kapitalzins = Energiepreisteuerung |                                                                     |                                                                           |                                       |                                             |                                       |                                                           |                 |               |

Abb. 2: Zusammenstellung der Massnahmen einer Feinanalyse



## 4. Vorgehen/Grundsätze beim Planen von neuen Hallenbädern

### 4.1 Allgemeines

Bei Neuplanungen stellt die Wahl der Energieversorgung sowie das optimale Zusammenspiel aller Abwärmenutzungen grosse Anforderungen an den Fachingenieur. Detaillierte Energiebilanzen und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen für die Gesamtanlage, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Komponenten, sind durchzuführen.

Nachfolgend werden einige Grundsätze als Zielvorstellung für neue Hallenbäder aufgezeigt. Konkrete Systeme für einen sparsamen Energieverbrauch sind in Kap. 6 dargestellt.

### 4.2 Grundsätze

#### Gebäudehülle

- Die k-Werte der Gebäudehülle sollten deutlich unter den Zielwerten der Empfehlung SIA 380/1 Energie im Hochbau liegen.

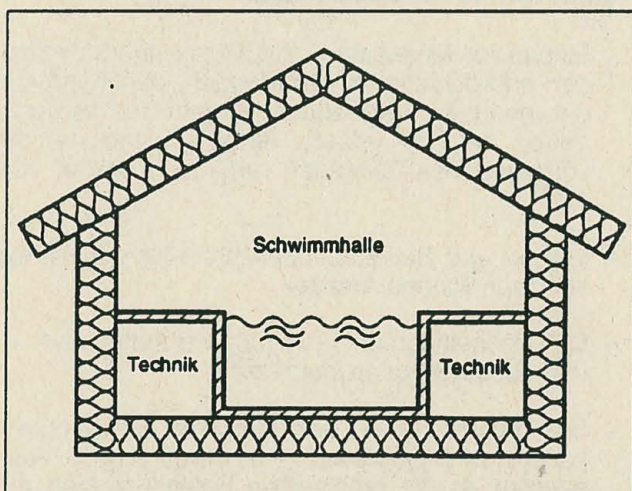


Abb. 3: Umfassende Wärmedämmung der Gebäudehülle

- Alle Aussenflächen, inkl. Kellerwände (Technik), Kellerboden sowie Beckenboden müssen wärmedämmend sein. Dadurch wird die Abwärme der Technik genutzt (vgl. Abb. 3).

- Nutzung der Sonnenenergie, d.h. ungehindertes tiefes Eindringen der Sonnenstrahlung durch die Fenster in den Raum ermöglichen. (Optimierte Disposition der Verglasung)
- Gebäudeundichtigkeiten niedrig halten, im speziellen die Fugendurchlässigkeiten von Fenstern.

#### Energieträger

- Möglichst Verwendung von erneuerbaren Energiequellen: Umweltwärme aus Grund- oder Oberflächenwasser und Luft, Sonne, Biomasse inkl. Holz, Geothermie usw.
- Das Energiesystem ist zu optimieren, damit für die erforderliche Nutzenergie möglichst wenig Endenergie benötigt wird (z.B. Einsatz von Elektro- und Gasmotor-Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke oder Gasheizkessel mit Brennwertnutzung).

#### Wärmeerzeuger

- Einsatz von Wärmeerzeugern mit hohen Jahreswirkungsgraden.
- Für die Kesselauswahl sind neben den kantonalen Energiegesetzen vor allem die Luftreinhalteverordnung (LRV) mit den Emissionsgrenzwerten zu berücksichtigen.
- Bei der Auswahl von neuen Kesseln ist ausserdem die Möglichkeit der Nutzung der Kondensationswärme der Abgase in die Abklärungen miteinzubeziehen. Zweckmässig wird diese Technologie sowohl für die Rücklaufanhebung, als auch für die Wassererwärmung eingesetzt.
- Bei Wärmepumpen optimieren der Komponenten (z.B. Enthitzer, Unterkühler, Wahl des Kältemittels) zur Erhöhung der Leistungsziffer.

#### Wärmerückgewinnung

Es ist auf eine konsequente Abwärmenutzung zu achten. Darunter fallen vor allem:

- Abgas-WRG bei Gasfeuerungen.





- WRG des Becken- und Duschenabwassers (evtl. 2-stufig).
- Optimieren der WRG der Lüftungsanlagen auf hohen Jahresgewinn. (Die höchsten Wirkungsgrade müssen bei der grössten Häufigkeit erreicht werden!)

### Freie Wärmemengen

- Anlagen konzipieren für die Nutzung der „freien Wärme“ von: Licht, Kraft, Hilfsantriebe (Ventilatoren, Pumpen usw.), Abwärme aus Elektroanlagen (Haartrockner, Solarien etc.), Sonne, Personen.
- Reduktion der Wärmeerzeugerleistung um die gewonnene freie Wärme.

### Heizungsanlagen

- Möglichst feine Heizgruppenunterteilungen entsprechend den erforderlichen Bedürfnissen. (Nord-/Südfassade, Betriebszeiten der Anlagen, individuelle Raumlufttemperatur usw.)
- Niedrige Heizungs-Vorlauftemperaturen (ca. 50°C) um die Wärmeverluste der Verteilung gering zu halten und die Möglichkeit für die Nutzung von Alternativheizsystemen offen zu halten.
- Auf eine Bodenheizung in der Schwimmhalle kann meist verzichtet werden, wenn durch die Abwärme der darunterliegenden Technik eine Deckentemperatur von 28 bis 30°C resultiert.
- Flächenheizungen sind jedoch nötig im Bereich von Sitzbänken und Liegeflächen.
- Gute Wärmedämmung von sämtlichen Verteilungen sowie den Armaturen.

### Sanitäre Anlagen

- System-Trennung der Nieder- und Hochtemperaturverbraucher (z.B. Anlage mit 40°C für Duschen; Anlage mit 50 bis 60°C für Restaurant, Wohnungen usw.)

Dabei muss das Legionellenproblem beachtet werden, vor allem wenn das Bad von Risikogruppen besucht wird. (Periodische Temperaturerhöhung der Leitungsnetze und betriebliche Massnahmen, wie regelmässige Abschlemmung und Reinigung des Wassererwärmers.

- Einsatz von Duschensparköpfen und Zeitsteuerung der Duschen.
- Trennung des Abwassersystems für separate Erfassung derjenigen Abwässer, welche der WRG zugeführt werden sollen.

### Lüftungsanlagen

- Optimierte Luftmengenauslegung in Bezug auf die Entfeuchtung der Schwimmhallen. Festlegung der Beckenwasser- und Raumlufttemperaturen (vgl. Kap. 6).
- Evtl. Untergliederung der Lüftungsanlagen für verschiedene Beckenbereiche, damit die Anlagen angepasst an die Verdunstungen und Temperaturen gefahren werden können.

### Badewasseraufbereitung

Das Gesamtsystem Wasseraufbereitung besteht aus den Teilbereichen: Beckenhydraulik, Aufbereitungsanlage und Desinfektion. Eine gesamthafte Betrachtung ist unumgänglich.

Übergeordnet ist die Sicherstellung der Umwälzleistung gemäss SIA 385/1 sowie dem Nachtrag 385/11 für verschiedene Becken.

Sonderfälle, welche besondere Beachtung erfordern, sind Kinderplanschbecken, Warmbecken, Sprudelbecken und Wasserrutschbahnen.

### Elektrische Hilfsaggregate und Maschinen

- Einsatz von Motoren mit hohen Wirkungsgraden.
- Günstige Platzierung und Einbau, damit die freie Wärme genutzt werden kann.

### Betrieb und Unterhalt

- Einbau von Messgeräten für Wärme und Strom inkl. den erforderlichen Unterteilungen, damit jederzeit die genauen Verbrauchsmengen der verschiedenen Anlagen erfasst, analysiert und mit den vorgegebenen Sollwerten verglichen werden können.
- Impuls- und Betriebsstundenzähler für die wichtigsten technischen Anlagen.
- Die Messeinrichtungen sind zweckentsprechend und gut ablesbar zu installieren.
- Das Führen einer fachgerechten Energiebuchhaltung wird empfohlen. Nur durch solche Massnahmen ist die rechtzeitige Erkennung von Störungen möglich.
- Betriebliche Optimierung von sämtlichen technischen Anlagen. So sollten z.B. nur diejenigen Anlagen in Betrieb sein, die tatsächlich benötigt werden.





## **Elektro-Anlagen**

- Möglichst die Elektroanlagen in der Niedertarifzeit betreiben.
- Blindstromkompensationsanlagen für motorische Verbraucher und Leuchtstoffröhren.
- Automatische Spitzenlaststeuerung (Abschaltung von vorgegebenen Anlagen) um den Stromspitzenbedarf möglichst tief zu halten.





## 5. Energetische Kennzahlen

Aufgrund der Ausführungen in diesem Bericht sowie der Feinanalyse der im Anhang ausgeführten Beispiele und weiterem statistischem Material, werden Sollwerte für Sanierungen sowie Zielwerte für Neubauten formuliert.

Die Werte werden getrennt angegeben für kleine, mittlere sowie grosse Hallenbäder (vgl. Kap. 3.1.2). Um einen Vergleich zwischen Grobbeurteilung und Feinanalyse sowie Literaturangaben vornehmen zu können, werden die Soll- bzw. Zielwerte in verschiedenen Einheiten angegeben.

### Sollwerte für Sanierungen

|               | Sollwerte bezogen auf            |                         |                                                |                         |
|---------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|
|               | die Kubatur<br>(gemässe SIA 116) |                         | die Energiebezugsfläche<br>(gemässe SIA 180/4) |                         |
|               | in MJ/m <sup>3</sup> a           | in kWh/m <sup>3</sup> a | in MJ/m <sup>2</sup> a                         | in kWh/m <sup>2</sup> a |
| Kleines Bad   | 240                              | 67                      | 1300                                           | 361                     |
| Mittleres Bad | 220                              | 61                      | 1100                                           | 306                     |
| Grosses Bad   | 200                              | 56                      | 1000                                           | 278                     |

Tabelle 1: Sollwerte der Energiekennzahl für sanierte Bäder (Summe der Energiekennzahlen für Wärme und Elektrizität) mit mittlerer bis guter Gebäudewärmedämmung. Mit einer schlechten Wärmedämmung sind die Werte nicht zu erreichen.

### Zielwerte für Neubauten

|               | Zielwerte bezogen auf            |                         |                                                |                         |
|---------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|
|               | die Kubatur<br>(gemässe SIA 116) |                         | die Energiebezugsfläche<br>(gemässe SIA 180/4) |                         |
|               | in MJ/m <sup>3</sup> a           | in kWh/m <sup>3</sup> a | in MJ/m <sup>2</sup> a                         | in kWh/m <sup>2</sup> a |
| Kleines Bad   | 210                              | 58                      | 1100                                           | 306                     |
| Mittleres Bad | 180                              | 50                      | 900                                            | 250                     |
| Grosses Bad   | 170                              | 47                      | 800                                            | 222                     |

Tabelle 2: Zielwerte der Energiekennzahl für neue Bäder (Summe der Energiekennzahlen für Wärme und Elektrizität)





## 6. Hinweise zur Energieeinsparung

Diese Hinweise beziehen sich auf die Sanierung bestehender Bäder, sind jedoch auch für Neubauten gültig.

### 6.1 Stufenplan

Für die Energieeinsparung in Bädern ist folgendes stufenweises Vorgehen zweckmässig:

1. Verbrauchsminderung durch betriebliche Massnahmen.
2. WRG aus der Fortluft, dem Becken- und Duschabwasser sowie den Feuerungsabgasen.
3. Verminderung der Wärmeverluste durch Wärmedämmung der Gebäudehülle (speziell bei den Fenstern) und der technischen Installationen.
4. Optimierte Energieerzeugung für die dann noch notwendige Restenergie.

(Bei Neubauten stehen die Wärmedämmmassnahmen an erster Stelle.)

### 6.2 Möglichkeiten zur Wärmeeinsparung

Nachfolgend werden einige Kriterien aufgeführt, welche im Rahmen von Energiesparmassnahmen geprüft werden sollten:

#### Betriebliche Massnahmen

Folgende Punkte stehen im Vordergrund:

- Reduktion der Temperaturen (Abb. 4)
- Erhöhung der Raumluftfeuchte (Abb. 5), soweit dies bauphysikalisch möglich ist
- Betriebsangepasste Laufzeiten der Maschinen einstellen
- Prüfen der Regelung, auch im Hinblick auf die Ausnutzung von freier Wärme aus Haartrocknern, Beleuchtung und Sonneneinstrahlung
- Drosseln der Duscharmaturen
- Laufzeit der Duschen kontrollieren, evtl. reduzieren
- Sparschaltungen bei Lüftungen und Wasseraufbereitung

- Frischwasserzugabe der Becken optimieren, entsprechend der SIA-Norm 385/1
- Aussenluftanteile der Lüftung kontrollieren evtl. Klappeneinstellung verändern
- Effizienz der WRG prüfen
- Abgastemperatur der Kessel prüfen, evtl. Leistung der Brenner reduzieren
- Laufzeit der Haartrockner reduzieren
- Warmwassertemperatur senken
- Luftfilter reinigen
- Abschaltungen bei Betriebsstillstand, z.B. Feiertage, Ferien und auch Revisionszeiten!
- usw.

Im Rahmen der Durchführung dieser Massnahmen sind sorgfältige Protokolle über Messungen und Feststellungen notwendig.

#### Richtwerte

##### Hygienische Richtwerte aus der SIA-Norm 385/1

Für die Wasseraufbereitung ist die SIA-Richtlinie 385/1 massgebend. In dieser Richtlinie ist für die Beeinflussung des Energiebedarfs vor allem der Frischwasserbedarf zu beachten.

Der minimale Bedarf je Besucher beträgt 30 l täglich. Zum Beispiel in einem Hallenbad, welches 300 Besucher pro Tag aufweist, müssen mindestens 9 m<sup>3</sup> Frischwasser täglich zugegeben werden. Bei ungenügender Wasserqualität kann aufgrund der Analyse des Kantonschemikers ein höherer Frischwasserzusatz notwendig werden.

Der Mittelwert liegt bei rund 50 l/Person täglich.





### Luft- und Wassertemperaturen

Die Lüftung in Schwimmhallen muss die Behaglichkeit der Besucher sicherstellen und gleichzeitig Schäden am Gebäude vermeiden.

Richtwerte für die Temperaturen gemäss Diagramm.

(Beispiel: Wasser 28 °C, Luft 29.5 °C)

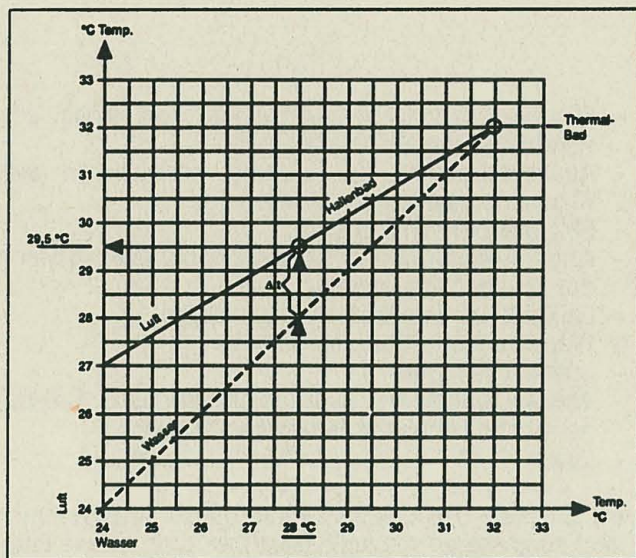


Abb. 4: Richtwerte für Luft- und Wassertemperaturen

### Luftfeuchtigkeit

Die Luftfeuchtigkeit wird gemäss nachfolgendem Diagramm an der Schwülegrenze für unbedeckte Personen geregelt. Für neuere, gut wärmedämmte Schwimmhallen wird empfohlen, auf eine Feuchtigkeit von 15 g/kg zu regeln. Für alte oder teilsanierte Bauten ist eine Feuchtigkeit von 14 g/kg empfehlenswert.

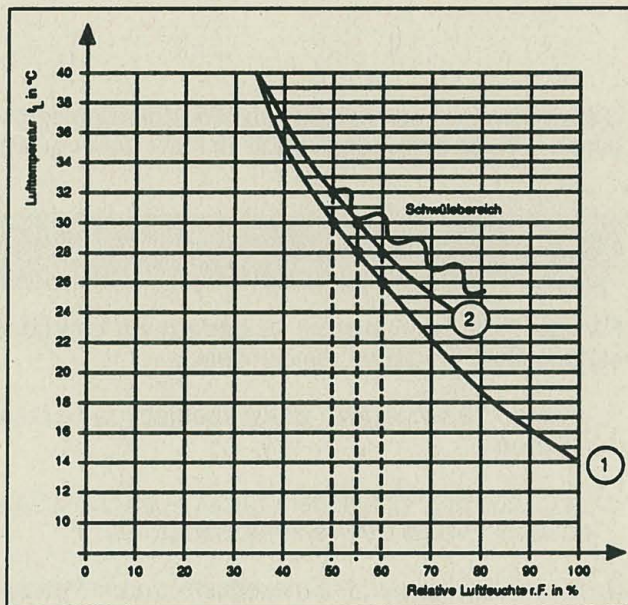


Abb. 5 Schwülekurve mit leicht erweitertem Bereich für Hallenbäder, aus welcher die Abhängigkeiten von Temperatur- und relativer Luftfeuchtigkeit entnommen werden kann.

- ① Schwülekurve nach Lancaster-Castens-Ruge.
- ② Schwülekurve für unbedeckte Personen im Hallenbad

Eine Absenkung der Raumlufttemperatur in der Nacht bringt keine Energieeinsparung, weil bei Lufttemperaturen nahe der Wassertemperatur die Verdunstung infolge der Grenzschichtkonvektion ansteigt (feuchte Luft ist leichter als trockene). Die Einsparung durch die Temperaturabsenkung würde durch den Mehrverbrauch zur Entfeuchtung aufgewogen.





Die jahreszeitliche Veränderung der relativen Luftfeuchtigkeit in Abhängigkeit von der inneren Fensteroberflächentemperatur zeigt schematisch das Diagramm Abb. 6. Aus diesem Diagramm lässt sich ablesen, dass bei schlechter Baukonstruktion oder ungenügender Verglasung im Winter die Luftfeuchtigkeit der Schwimmhalle tiefer sein muss, woraus ein erhöhter Energieverbrauch resultiert!

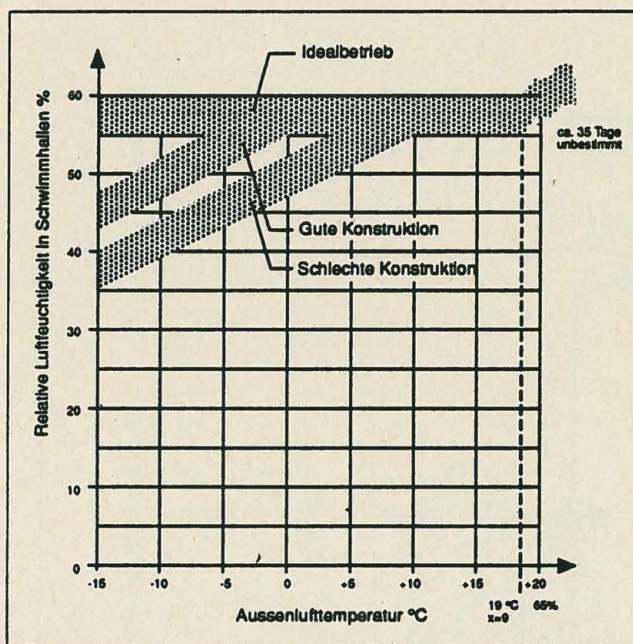


Abb. 6: Luftfeuchtigkeiten in Schwimmhallen in Abhängigkeit der Aussenlufttemperatur

### Verdunstung

Als Grundlage für die Bemessung der Lüftung in der Schwimmhalle hat die Verdunstung eine zentrale Bedeutung und ist deshalb sorgfältig, entsprechend den gültigen Richtlinien (SWKI 85-1 Lüftungsanlagen in Hallenbädern), zu ermitteln.

### Wärmedämmung

- Verbesserung der Gebäudehülle, insbesondere der Verglasung.
- Beckenwärmedämmung gegenüber kalten Räumen.
- Wärmedämmung für Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärinstallationen.
- Beckenabdeckung (Isolierende oder die Verdunstung verhindernde Beckenabdeckungen müssen mit einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsberechnung überprüft werden, wenn die Stillstandszeiten über 12 Stunden betragen).

### Massnahmen zur WRG

Nachfolgend werden die wesentlichen Massnahmen zur WRG in einem Hallenbad aufgeführt. Dabei gilt folgender Grundsatz:

Die Abwärme sollte immer zuerst soweit als möglich direkt genutzt werden. Erst dann ist als zweite Stufe der Einsatz einer Wärmepumpe zu prüfen.

### WRG Lüftung

Hier stehen Plattenwärmetauscher, vornehmlich Kunststoff oder beschichtete Aluminium-Plattenwärmetauscher, Glasrohrwärmetauscher, kreislaufverbundene WRG-Systeme (Glykol) oder Wärmepumpen zur Verfügung.

Sehr wichtig ist die Optimierung der WRG auf den optimalen Jahresrückgewinn, **nicht** auf die tiefste Aussenlufttemperatur.

Für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Systeme ist der Energieaufwand für die Entfeuchtung gegenüberzustellen. Bei Entfeuchtung mit Aussenluft ist die Energie für die Erwärmung der jeweils notwendigen Aussenluftmenge unter Berücksichtigung der WRG zu berechnen. Bei Kondensation der in der Luft enthaltenen Feuchte mit einer Wärmepumpe sind Energieaufwand und Energiegewinne zu ermitteln, zuzüglich die Erwärmung der minimal erforderlichen Aussenluft.

Es ist das Ziel, ein Konzept zu erarbeiten, welches mit minimalem Gesamtenergieaufwand die Wärmerückgewinnung und Entfeuchtung durchführt.

Empfehlenswert ist die Ausführung 2stufiger Anlagen bei der Schwimmhallenlüftung. Es wird hierbei zuerst unter Einsatz von Rekuperativtauschern (z.B. Plattenwärmetauscher) nur ein Teil der Wärme zurückgewonnen.

In der 2. Stufe wird die Restwärme von tieferer Temperatur mit Hilfe einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Die Kondensationsenergie wird an die Zuluft oder das Beckenwasser abgegeben.

Die Hauptaufgabe der Wärmepumpe ist in solchen Anlagen jedoch die Entfeuchtung.



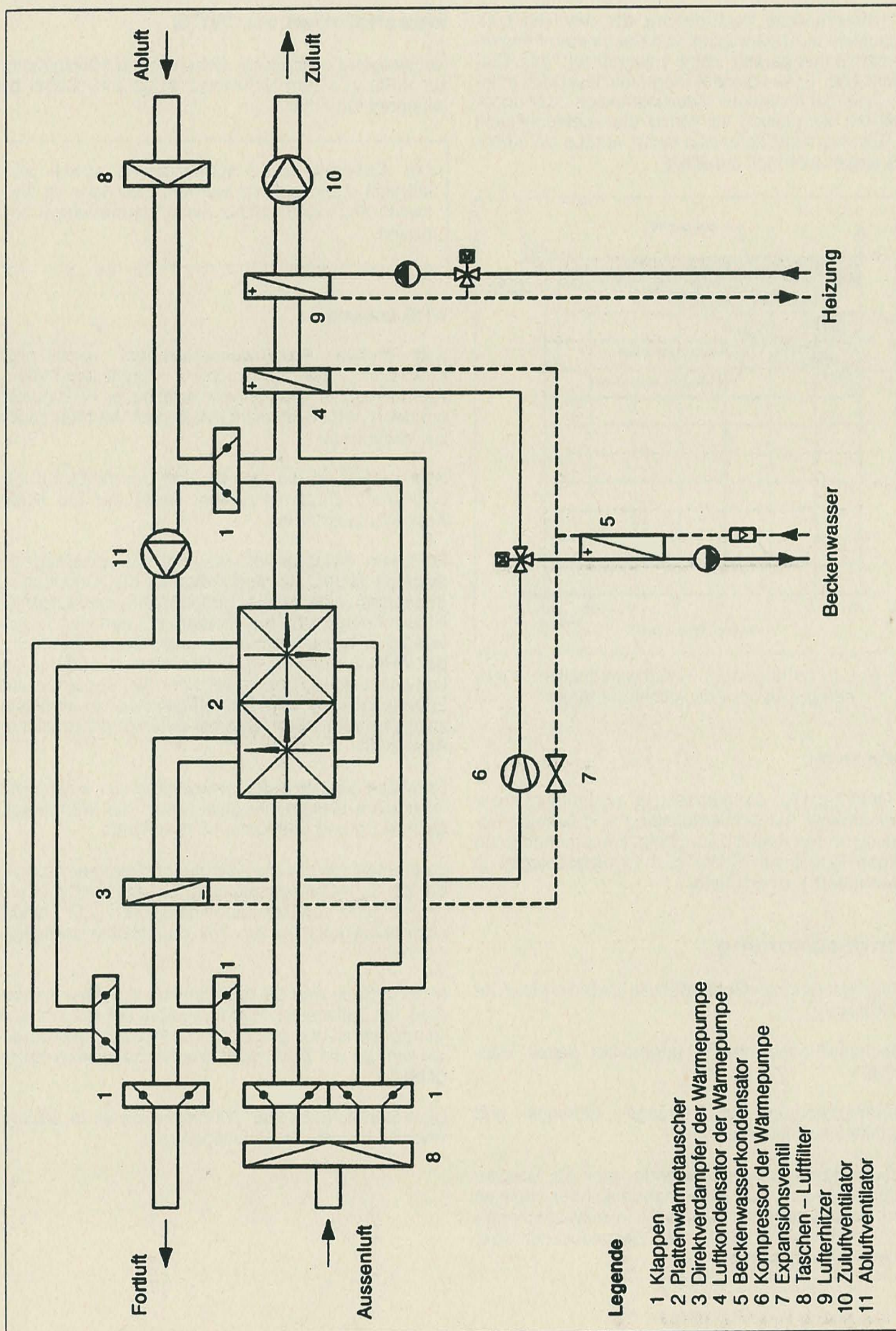


Abb. 7: Luftaufbereitung Schwimmhalle



**WRG aus dem stetigen Beckenablaufwasser**

Diese praktisch hilfsenergiefreie WRG ist die wirtschaftlichste Form der Energieeinsparung in einem Hallenbad und sollte deshalb in keinem Bad fehlen. Dabei wird der Stetsablauf des Beckens über einen Plattenwärmetauscher geführt, indem das abfließende Wasser abgekühlt und dabei das zufließende Wasser bis auf 2 K unter Beckenwassertemperatur erwärmt wird. Die überwiegende Zahl, auch älterer Bäder, ist mit einer derartigen WRG ausgerüstet.

**Filterspülwasser-WRG**

Diese Massnahme erfordert, zusätzlich zum Wärmetauscher für die Stetsablauf-WRG, ein Speicherbecken, um das abgekühlte Wasser für die Rückspülung zu speichern. Wenn dieser Platz für einen Speicher vorhanden ist, oder in die Anlage integriert werden kann, ist hier ebenfalls eine wirtschaftliche Energiesparmöglichkeit gegeben.

**Duschenabwasser-WRG**

Auch hier ist es zweckmässig, in zwei Stufen vorzugehen, indem zuerst mit direkten Wärmetauschern eine Vorkühlung erreicht wird. Die Restabkühlung kann dann mit einer Wärmepumpe erfolgen.

**Abgas-WRG**

Dies ist eine sehr wirtschaftliche Massnahme in Hallenbädern, da die mit niedriger Temperatur anfallende Kondensationswärme z.B. direkt für die Beheizung oder für die Warmwasservorwärmung eingesetzt werden kann. Gerade hierin liegt ein wesentlicher Vorteil der Gasfeuerung.



## 6.3 Verbrauchsreduktion elektrische Energie

Der Stromverbrauch in neueren Hallenbädern gliedert sich etwa wie folgt:

|                                                       |          |
|-------------------------------------------------------|----------|
| - Lüftungsanlagen<br>(2-stufige WRG zur Entfeuchtung) | 30 - 40% |
| - Badewasseraufbereitung                              | 30 - 40% |
| - Heizungspumpen                                      | 3 - 5%   |
| - Beleuchtung und div. Verbraucher                    | 15 - 25% |

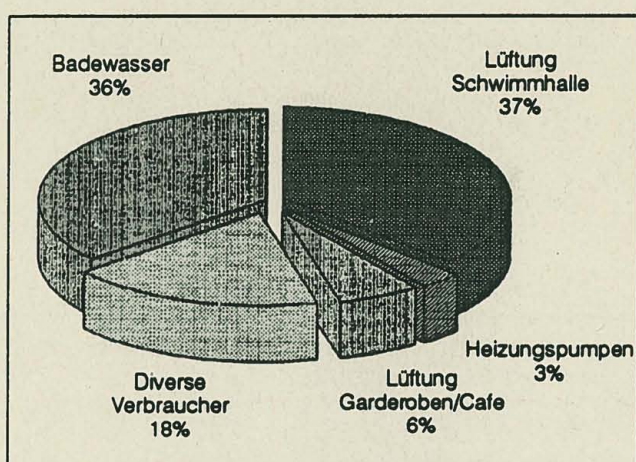


Abb. 8: Aufteilung des elektrischen Energieverbrauchs im Hallenbad Uster

Unter Berücksichtigung dieser Aufteilung sind bei Einsparungen entsprechende Schwerpunkte zu setzen:

### Badewasseraufbereitung

- Anlagendimensionierung gemäss SIA 385/1.
- Auslegung der Gesamtanlage auf niedrigen Druckverlust (Dimensionierung von Armaturen, Rohrleitungen und Wärmetauscher, Optimierung des Vordrucks der Düsen).
- Keine Drosselung von dauernd laufenden Pumpen, sondern Laufräder anpassen.
- Teilströme nicht durch Drosselung des Gesamtstroms sondern mit Teilstrompumpen betreiben.
- Pumpenleistung auf mehrere Maschinen aufteilen, damit bei Teillastbetrieb zurückgeschaltet werden kann.
- Nachtbetrieb mit reduzierter Umwälzleistung. Aus hygienischen Gründen ist nach Betriebsende am Abend ein Nachlauf zu berücksichtigen, welcher individuell ermittelt werden muss. Umwälzleistung in der Nacht ca. 30%. Die effektiv erforderliche Um-

wälzleistung ist im Hinblick auf eine ausreichende Beckendurchströmung individuell mit einem Farbstoff festzulegen. Die Zeit zur gleichmässigen Durchmischung kann nachts auf ca. 20 Minuten ansteigen. (Während der Betriebszeit ist diese Einmischzeit, gemäss SIA 385/1, mit maximal 15 Minuten angegeben.)

Aufgrund der Kennlinie der Pumpe sowie der Anlagenkennlinie ist der Einsatz einer speziellen „Nachtpumpe“ häufig angebracht.

### Lüftungsanlagen

- Anlagendimensionierung und Teillastschaltungen gemäss SWKI-Richtlinien 85-1 «Lüftungsanlagen in Hallenbädern».
- Lüftungsanlagen dem effektiven Bedarf entsprechend betreiben (Vermeidung zu hoher, unnötiger Luftmengen).
- Schwimmhallenlüftung mit mehreren Ventilatorstufen ausrüsten, damit eine optimale Anpassung an den Betrieb möglich ist (automatische Steuerung über die Feuchterege lung).
- Entfeuchtungswärmepumpen sollen ebenfalls in mehreren Stufen schaltbar sein, dementsprechend ist dann ein Steuerprogramm gekoppelt für Ventilator und Wärmepumpe nötig. (Es empfiehlt sich diese Stufenschaltung messtechnisch im Betrieb zu kontrollieren und zu optimieren.)
- Ventilatoren mit guten Wirkungsgraden auswählen.
- Während der Nacht kann bei guter Baukonstruktion mit erhöhter Feuchte gefahren werden. Dies reduziert den Energieaufwand für die Entfeuchtung.
- Beim Einsatz einer Wärmepumpenentfeuchtung ist es ausserdem möglich, in der Nacht die Aussenluft abzuschalten und nur mit Umluft zu fahren.
- Aus bauphysikalischen Gründen ist im Sommer eine weitgehende Abschaltung der Lüftungsanlagen möglich. Im schweiz. Mittelland und ausserhalb der normalen Öffnungszeiten sind nachfolgende Betriebsarten der Lüftungsanlagen als zweckmässig anzusehen:





| Anlageteil                 | ca.<br>Mai-September                                                     | ca.<br>Oktober-April |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Schwimmhalle*              | Takt-Betrieb<br>bei reduzierter<br>Luftmenge<br>abgestellt<br>abgestellt | reduziert            |
| Duschenräume               |                                                                          | reduziert            |
| Garderoben-Räume           |                                                                          | reduziert            |
| Desinfektions-<br>räume    | voll                                                                     | voll                 |
| übrige technische<br>Räume | Zeitprogramm                                                             | Zeitprogramm         |

\* automatische Regelung

### Beleuchtung und diverse Verbraucher

- Haartrockner mit reduzierter elektrischer Heizleistung einsetzen (höhere Luftgeschwindigkeit, dafür wesentlich niedrigere Heizleistung von 1.0 - 1.5 kW verwenden).
- Neues Beleuchtungskonzept mit vermehrtem Einsatz von Sparlampen (wie z.B. Fluoreszenzröhren mit elektronischen Vorschaltgeräten).

## 6.4 Verbrauchserfassung

Zur Verbesserung der energiegerechten Betriebsführung sollen für die verschiedenen Verbrauchergruppen folgende Messgeräte eingebaut werden:

### Fossile Energie

- Ölstandmesser: Je Öltank, geeicht in Litern
- Brennstoffmessung: Bei Wärmeerzeugern mit Gas- oder Ölbrennern pro Leistungsstufe entweder Betriebsstunden- und Impulszähler; oder Brennstoffdurchfluss- und Impulszähler; bei stufenlos verstellbaren Gas- oder Ölbrennern ein Brennstoffdurchflusszähler
- Wärmezähler: Für verpachtete oder mitversorgte Anlagen und Bauteile, wie Restaurant, Sauna, Wohnungen usw.

### Elektrische Energie

Je 1 Elektrizitätszähler für:

- Wärmepumpen
- Wasseraufbereitung (Betriebsstundenzähler für die Umwälzpumpen.)
- Sämtliche Hilfsaggregate der Heizungs-, Lüftungs-, Sanitärinstallationen (Ventilatoren, Pumpen, Kompressoren usw.)
- Beleuchtung
- Sauna
- Restaurant
- Wohnung oder verpachtete Bereiche

### Wasser

Je 1 Wasserzähler für:

- den Becken zugeführte Wassermenge (Je Becken 1 Zähler)
- den Warmwasserverbrauch
- verpachtete Bereiche

Diese Messeinrichtungen sind gut ablesbar zu installieren. Die Messresultate werden in entsprechende Tabellen wöchentlich übertragen.

Das Führen einer fachgerechten Energiebuchhaltung wird empfohlen. Nur durch solche Massnahmen ist die rechtzeitige Erkennung von Störungen möglich.





## 7. Inbetriebnahme, Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle

### Inbetriebnahme

Bevor die Anlage in Betrieb genommen wird, müssen alle Sollwerte klar definiert werden:

- Temperaturen
- Feuchte
- Luftmengen
- Betriebszeiten
- Besucherzahl
- usw.

Aufgrund dieser Daten werden die Anlagen eingestellt, die gemessenen Werte in einem Protokoll festgehalten. Gleichzeitig sollte auch überprüft werden, ob die geforderten Leistungen erreicht werden.

Die Abnahme der Anlage sollte gemäss SWKI-Richtlinie 88-1 erfolgen.

### Betriebsoptimierung

In der Startphase des Betriebs müssen diese Sollwerte überprüft und aufgrund von ersten Betriebserfahrungen evtl. korrigiert werden. Für diese Optimierung können die eingebauten Messgeräte bereits erste Resultate liefern. Durch die evtl. Attraktivitätssteigerung des Bads ist es möglich, dass die zugrundegelegten Besucherzahlen nicht stimmen. Diese Tatsache muss im Rahmen der Betriebsoptimierung ebenfalls berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Optimierung der Anlage ist nochmals auf Kap. 6 hinzuweisen.

Die Auswirkungen dieser Optimierungsmaßnahmen auf den ganzen Betrieb müssen beobachtet werden.

### Erfolgskontrolle

Es ist nicht immer möglich, möglichst rasch eine aussagekräftige Erfolgskontrolle durchzuführen. Die benötigten Verbrauchswerte müssen über mehrere Monate gesammelt werden.

Es ist aber wichtig, dass eine Erfolgskontrolle durchgeführt wird. Dabei sind allenfalls veränderte Rahmenbedingungen zu berücksichtigen (Betriebszeiten, Besucherzahlen usw.).

Aufgrund dieser Erfolgskontrolle müssen evtl. nochmals Betriebsoptimierungen durchgeführt werden.

Es ist sinnvoll den Fachingenieur mit einem separaten Auftrag zur Planung, Begleitung und Auswertung der Erfolgskontrolle zu betrauen.

Die Durchführung erfolgt in enger Zusammenarbeit mit dem Betriebspersonal.

Eine lückenlose Verbrauchsstatistik (Energiebuchhaltung) muss geführt werden. Diese Resultate bilden die Grundlage für eine laufende Verbesserung des Betriebs. Zudem ist es dann möglich, verdeckte Störungen in der Anlage frühzeitig zu erkennen.





## 8. Literatur

### Normen/Richtlinien

- SIA 380/1 Energie im Hochbau
- SIA 385/1 Anforderung an das Wasser und an die Wasseraufbereitungsanlagen in Gemeinschaftsbädern
- SIA 385/11 Ergänzungen zu 385/1
- SWKI 85-1 Lüftungsanlagen in Hallenbädern
- SWKI 88-1 Abnahmeprotokolle

– Schriftenreihe der Schweizerischen Vereinigung für Gesundheitstechnik (SVG), insbesondere

- Nr. 97: Lüftung in Schwimmhallen  
(B. Kannewischer)
- Nr. 98: Optimierung der Wasseraufbereitung in öffentlichen Hallen- und Freibädern  
(B. Kannewischer)
- Nr. 100: Planung, Bau und Betrieb von Sprudelbecken  
(B. Kannewischer)
- Nr. 101: Sonnenbeheizte Freibäder  
(B. Kannewischer)

– Schweizer Energiefachbuch

### Hinweise auf ausländische Normen

- Richtlinien für den Bäderbau vom Koordinierungskreis der Verbände:  
Deutsche Gesellschaft für das Badewesen  
Deutscher Schwimm-Verband  
Deutscher Sportbund
- DIN 19643  
Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser









# Anhang

## A.1 Beispiele zur Feinanalyse

Nachfolgend sind die Kurzfassungen der Feinanalyse von fünf konkreten Beispielen aufgezeigt.

Bei diesen Beispielen handelt es sich um Objekte, die nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden können.

Das Hallenbad Loreto Zug ist ein Schulhallenbad ohne eigene Energiezentrale.

Beim Hallenbad Sedrun muss berücksichtigt werden, dass dieses Bad auf 1400 m. ü. Meer liegt.

In Adliswil wurden bereits in den letzten Jahren verschiedene Sparmassnahmen getroffen. Ausserdem besitzt dieses Bad eine hohe Kubatur. Diese Faktoren wirken sich positiv auf die Ist-Werte aus.

Das neue, erweiterte Hallenbad Uster kann nicht eindeutig als Altbau oder Neubau bezeichnet werden. Die sehr guten Energiekennwerte zeigen jedoch, dass das Bad mit einem Neubau verglichen werden darf.

Die Ergebnisse der Analysen sind nachfolgend kurz dargestellt und auf einen einheitlichen Raster gebracht worden.

Bei den Sanierungsmassnahmen sind lediglich die wichtigsten Massnahmen aufgeführt, ohne dabei Details zu erwähnen. Dabei stehen die Massnahmen an den technischen Anlagen im Vordergrund.





### A.1.1 Hallenbad Loreto Zug

Beim Hallenbad Loreto handelt es sich um ein Schulbad, das auch der Öffentlichkeit zugänglich ist.

Das Bad wurde 1969 eröffnet, 1973 musste aber das Bad bezüglich Organisation, Funktion und vor allem bauphysikalischer Aspekte saniert und überarbeitet werden.

Die Schwimmhalle (inkl. Nebenräume) ist baulich in den Sporttrakt der Schulanlage integriert.

#### Gebäudedaten und Grundlagen

|                                                                                       |                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| - Baujahr                                                                             | 1968                   |
| - Gebäudevolumen (SIA 116)                                                            | 6 800 m <sup>3</sup>   |
| - Energiebezugsfläche (inkl. Höhenkorrektur)                                          | 1 160 m <sup>2</sup>   |
| - Wasserfläche: - Schwimmerbecken 25 m x 11 m<br>mit 2 Hubböden, getrennt verstellbar | 275 m <sup>2</sup>     |
| - Wasservolumen                                                                       | ca. 930 m <sup>3</sup> |
| - Wassertemperatur                                                                    | 29 °C                  |
| - Lufttemperatur Schwimmhalle                                                         | 31 °C                  |
| - Besucherzahl pro Jahr                                                               | ca. 42 100             |
| - Betriebstage pro Jahr                                                               | ca. 300                |

#### Technische Anlage:

| Ist-Zustand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sanierungsvorschlag zur Energieeinsparung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Heizungsanlage:</b></p> <p>Die Heizenergie wird über eine 100 Meter lange Fernleitung bezogen, die ganzjährig auf 75 °C gehalten wird. In der Heizzentrale wurde vor drei Jahren ein neuer Ölheizkessel eingebaut. Dieser Heizkessel liefert die Energie für die gesamte Schulanlage.</p>                                    | <p>Die Fernleitung, welche sich in einem begehbaren Stollen befindet, wird nachträglich besser wärmedämmte. Am Unterverteiler im Hallenbad werden die Armaturen mit einer Wärmedämmung versehen. Die Umwälzpumpen werden ersetzt und richtig dimensioniert.</p>                                                                                                        |
| <p><b>Sanitäranlage:</b></p> <p>Die Wassererwärmung erfolgt ebenfalls in der Heizzentrale im Schulhaus. Das 60 °C warme Wasser gelangt über eine Fernleitung ins Hallenbad. Dort wird es auf 40 °C heruntergemischt. Die Zirkulation ist 24 Stunden pro Tag in Betrieb. Alle Duschen sind mit einer Zeitautomatik ausgerüstet.</p> | <p>Die Zirkulation wird in der Nacht ausgeschaltet. Die Fernleitung wird nachträglich besser wärmedämmte. Eine Duschenabwasser-WRG ist nicht realisierbar, da die Abwasserleitungen im Kellerboden einbetoniert sind. Eine dezentrale Wassererwärmung ist aus Platzgründen nicht realisierbar.</p>                                                                     |
| <p><b>Lüftungsanlage Schwimmhalle:</b></p> <p>Entfeuchtet wird mit Aussenluft/Umluft. Die Anlage läuft immer auf Vollast, es ist keine WRG eingebaut. Luftmenge 13 000 m<sup>3</sup>/h.</p>                                                                                                                                        | <p>Einbau eines Kompakt-Lüftungsgeräts mit integrierter Entfeuchtungs-Wärmepumpe und Plattenwärmetauscher. Durch die Mehrstufigkeit dieses Geräts ist eine optimale Anpassung an die jeweiligen Betriebszustände möglich. Wenn die Kondensatorenergie der Wärmepumpe nicht mehr an die Zuluft abgegeben werden kann, wird diese Energie ins Beckenwasser geleitet.</p> |





#### Lüftungsanlage Garderobe und Nebenräume:

Diese beiden Anlagen sind reine Zu-/Fortluftanlagen. Es ist keine WRG eingebaut. Die Anlagen laufen Tag und Nacht mit maximaler Luftmenge. Garderobe 5 000 m<sup>3</sup>/h, Nebenräume 1 500 m<sup>3</sup>/h.

Die Lüftungsgeräte werden ersetzt. Die neuen Geräte sind mit einem Plattenwärmetauscher ausgerüstet (Rekuperativ-WRG). Die Anlagen werden bedarfsabhängig auf zwei Stufen betrieben.

#### Badewasseranlage:

Die Wasseraufbereitung erfolgt in vier Stufen: Vorfiltration, Flockung, Filtration mit Drucksandfilter und Desinfektion mit Elektrochlor. Im Stetsablauf ist ein Plattenwärmetauscher eingebaut, der das abfließende Wasser abkühlt und das Frischwasser bis auf 2 K unter die Beckenwassertemperatur vorwärmt. Die Umwälzleistung beträgt konstant 170 m<sup>3</sup>/h.

Die Umwälzpumpen werden in der Nacht im Teillastbetrieb gefahren (50%). Dies ist im Zusammenhang mit der Erneuerung der Beckendurchströmung möglich. Die WRG kann optimiert werden.

#### Baukörper:

Der Baukörper weist keine Schäden auf.

k-Werte:

- Flachdach (neu saniert) ca. 0.3 W/m<sup>2</sup>K
- Aussenwand gegen Erdreich ca. 1.0 W/m<sup>2</sup>K
- Fenster ca. 3.5 W/m<sup>2</sup>K

Durch das Ersetzen der Fensterfront (besserer k-Wert) kann zusätzlich Wärmeenergie eingespart werden. Diese Investition kann jedoch nicht in nützlicher Frist amortisiert werden.

Da das Bad in den Sporttrakt integriert ist, sind die Aussenflächen klein.

#### Diverse Verbraucher:

Die Beleuchtungskörper sind zum Teil mit Energiesparlampen ausgerüstet.

Eine weitere Verbrauchsreduktion ist im Hinblick auf die Erneuerung der Decke möglich (neues Beleuchtungskonzept).

Die Haartrockner sind mit Zeitautomatik versehen.

Da die Haartrockner demnächst ersetzt werden müssen, werden diese neu mit einer Annäherungselektronik ausgerüstet.





## Energieverbrauch

Aufgrund nachträglich eingebauter Zähler und mit Hilfe von Berechnungen wird der Energieverbrauch der einzelnen Verbraucher der letzten Jahre bestimmt. Als Systemgrenze für das Hallenbad wird der Austritt der Fernleitung aus der Heizzentrale gewählt. Der Wärmeerzeugerverlust wird nicht berücksichtigt.

|                                      | Ist-Zustand<br>MWh/a | Nach Sanierung<br>MWh/a |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Fossile Energie</b>               |                      |                         |
| - Lüftung Schwimmhalle               | 150                  | 20                      |
| - Lüftung Nebenräume                 | 150                  | 38                      |
| - Badwassererwärmung                 | 40                   | 35                      |
| - Transmission Gebäude               | 20                   | 20                      |
| - Duschwassererwärmung               | 40                   | 40                      |
| - Fernleitungs-/Zirkulationsverluste | 90                   | 37                      |
| Summe (Fernleitungsinput)            | <u>490</u>           | <u>190</u>              |
| <b>Elektrische Energie</b>           |                      |                         |
| - Lüftung Schwimmhalle               | 40                   | 55                      |
| - Lüftung Nebenräume                 | 20                   | 15                      |
| - Badwasseraufbereitung              | 80                   | 65                      |
| - Umwälzpumpen Heizung/Sanitär       | 10                   | 8                       |
| - Diverse Verbraucher                | 30                   | 27                      |
| Summe                                | <u>180</u>           | <u>170</u>              |

Der Mehrverbrauch an elektrischer Energie für die Lüftung Schwimmhalle resultiert aus der Entfeuchtung mittels Wärmepumpe. Diese Energie wird zum grössten Teil als Wärmeenergie wieder dem Bad (Luft oder Wasser) zugeführt.

## Energiekennzahlen

|                   | Energiekennzahl bezogen auf                |                                |                                     |                             |
|-------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
|                   | Energiebezugsfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | Kubatur<br>MJ/m <sup>3</sup> a | Wasserfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | Besucherzahl<br>MJ/Besucher |
| Ist-Zustand       |                                            |                                |                                     |                             |
| Energiekennzahl:  |                                            |                                |                                     |                             |
| - Fossile Energie | 1 521                                      | 259                            | 6 415                               | 42                          |
| - Elektr. Energie | 559                                        | 95                             | 2 356                               | 15                          |
| - Total           | 2 080                                      | 354                            | 8 771                               | 57                          |
| Nach Sanierung    |                                            |                                |                                     |                             |
| Energiekennzahl:  |                                            |                                |                                     |                             |
| - Fossile Energie | 590                                        | 101                            | 2 487                               | 16                          |
| - Elektr. Energie | 528                                        | 90                             | 2 225                               | 15                          |
| - Total           | 1 118                                      | 191                            | 4 712                               | 31                          |

Projektverfasser: B. Kannewischer, Ingenieurbüro AG, Zug





## A.1.2 Hallenbad Sedrun

Das Hallenbad Sedrun wird vor allem in der Wintersaison stark benutzt (300 – 400 Besucher pro Tag). In der Zwischensaison (April – Juni und Oktober – Dezember) ist es geschlossen.

Die Besucherzahlen sind in den letzten Jahren stark angestiegen (Gratiseintritt für Skipassinhaber).

Sedrun befindet sich auf 1400 m ü. Meer, was einen erhöhten Energieverbrauch zur Folge hat.

### Gebäudedaten und Grundlagen

|                                              |                       |
|----------------------------------------------|-----------------------|
| – Baujahr                                    | 1970                  |
| – Gebäudevolumen (SIA 116)                   | 7 600 m <sup>3</sup>  |
| – Energiebezugsfläche (inkl. Höhenkorrektur) | 1 935 m <sup>2</sup>  |
| – Wasserfläche                               |                       |
| – Publikumsbecken 25 m x 12,5 m              | =312,5 m <sup>2</sup> |
| – Planschbecken 17,5 m <sup>2</sup>          | 330 m <sup>2</sup>    |
| – Wasservolumen                              | 460 m <sup>3</sup>    |
| – Wassertemperatur                           | 29 °C                 |
| – Lufttemperatur Schwimmhalle                | 31 °C                 |
| – Besucherzahl pro Jahr                      | ca. 42 500            |
| – Betriebstage pro Jahr                      | ca. 270               |

### Technische Anlage:

| Ist-Zustand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Sanierungsvorschlag zur Energieeinsparung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Heizungsanlage:</p> <p>Als Wärmeerzeuger ist ein Ölheizkessel CTC, Baujahr 1969, eingebaut. Mit einer Leistung von 800 kW ist der Kessel stark überdimensioniert, der Wirkungsgrad ist schlecht.</p> <p>Die Badewassererwärmung erfolgt mit einem 60 kW Elektro-Durchflusswassererwärmer.</p>                                                                                            | <p>Der Heizkessel wird durch einen neuen Ölheizkessel ersetzt. Als alternative Wärmeerzeugung könnte jedoch auch eine Holzschnitzelfeuerung eingebaut werden. Die Badewassererwärmung wird ans Heiznetz angeschlossen. Auf dem Dach werden ca. 100 m<sup>2</sup> Sonnenkollektoren erstellt, die das Beckenwasser erwärmen.</p>                                         |
| <p>Lüftungsanlagen:</p> <p>Bei der Lüftungsanlage der Schwimmhalle ist ein kreislaufverbundenes WRG-System eingebaut. Entfeuchtet wird mit Aussenluft/Umluft. Die Anlage wird mit konstanter Luftmenge betrieben. Die Lüftungskanäle sind schlecht bis gar nicht wärmegeklämt.</p> <p>Die Lüftungsanlagen für die Nebenräume besitzen keine WRG, ein Teillastbetrieb ist nicht möglich.</p> | <p>Neu wird eine Entfeuchtungs-Wärmepumpe eingebaut. Die Kondensationsenergie wird ins Becken abgegeben. Die Anlage wird betriebsabhängig gefahren. Die Lüftungskanäle werden besser wärmegeklämt.</p> <p>Die bestehenden Monoblocs müssen ersetzt werden. Dabei wird ein kreislaufverbundenes WRG-System eingebaut. Die Anlagen werden neu lastabhängig betrieben.</p> |





### Sanitäranlage:

Die Wassererwärmung erfolgt über den Heizkessel. Der 1200 l Speicher wird auf 70 °C aufgeheizt. Die Zirkulation ist 24 Std. pro Tag in Betrieb.

Die Zirkulation wird ausserhalb der Nutzungszeit ausgeschaltet. Es ist vorgesehen, eine Duschenabwasser WRG-Anlage (Rekuperativ) einzubauen.

### Badewasseranlage:

Die Badewasseranlage ist mit einem 2stufigen WRG-System ausgerüstet. In der ersten Stufe wird der Stetsablauf über einen Plattenwärmetauscher auf ca. 20°C abgekühlt. Eine Wärmepumpe kühlt das Wasser anschliessend noch auf 15°C ab, bevor es in die Kanalisation fliesst. Die rückgewonnene Energie beider Stufen wird ins Ausgleichsbecken geleitet.

Die zweite Stufe der WRG läuft nicht optimal, diese soll optimiert werden. Ausserhalb der Betriebszeiten wird das Becken abgedeckt. Die Beckenwasserumwälzleistung wird in der Nacht reduziert. Die Wassertemperatur wird auf 27°C reduziert.

### Gebäude:

Das Gebäude ist schlecht wärmegeklämt.

Verschiedene Bauteile werden bezüglich Wärmedämmung verbessert.

### Diverses:

Einsatz von Sparlampen, Haartrockner mit Annäherungselektronik.

## Energieverbrauch

|                            | Ist-Zustand<br>MWh/a | Nach Sanierung<br>MWh/a |
|----------------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Fossile Energie</b>     |                      |                         |
| - Lüftungsanlagen          | 162                  | 86                      |
| - Transmission Gebäude     | 224                  | 75                      |
| - Wassererwärmung          | 58                   | 39                      |
| - Verluste                 | 170                  | 96                      |
| Summe                      | <u>614</u>           | <u>296</u>              |
| <b>Elektrische Energie</b> |                      |                         |
| - Badewassererwärmung      | 265                  | 88                      |
| - Lüftungsanlagen          | 27                   | 22                      |
| - Badewasseraufbereitung   | 55                   | 40                      |
| - Umwälzpumpen Heizung     | 28                   | 25                      |
| - Diverse Verbraucher      | 41                   | 35                      |
| Summe                      | <u>416</u>           | <u>210</u>              |





# Energiekennzahlen

|                                    | Energiekennzahl bezogen auf                |                                |                                     |                             |
|------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
|                                    | Energiebezugsfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | Kubatur<br>MJ/m <sup>3</sup> a | Wasserfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | Besucherzahl<br>MJ/Besucher |
| Ist-Zustand                        |                                            |                                |                                     |                             |
| Energiekennzahl:                   |                                            |                                |                                     |                             |
| - Fossile Energie                  | 1 141                                      | 290                            | 6 687                               | 52                          |
| - Elektr. Energie                  | 776                                        | 198                            | 4 552                               | 35                          |
| - Total                            | 1 917                                      | 488                            | 11 239                              | 87                          |
| Nach Sanierung                     |                                            |                                |                                     |                             |
| Energiekennzahl:                   |                                            |                                |                                     |                             |
| - Fossile Energie                  | 552                                        | 140                            | 3 233                               | 25                          |
| - Elektr. Energie                  | 391                                        | 100                            | 2 294                               | 18                          |
| - Total                            | 943                                        | 240                            | 5 527                               | 43                          |
| - Gewinn mit Sonnenkollektoren ./. | 118                                        | 30                             | 631                                 | 5                           |
| - Netto                            | 825                                        | 210                            | 4 896                               | 38                          |

## Bemerkung:

Vereinzelte Massnahmen sind nicht in vernünftiger Zeit zu amortisieren: Neue Fenster, WRG-Dusche, Solaranlage. In den Energiekennzahlen sind diese Sanierungsmassnahmen jedoch enthalten.

Projektverfasser: Ingenieurbüro Straub AG, Chur





### A.1.3 Hallenbad Liestal

Beim Hallenbad Liestal handelt es sich um ein öffentliches Hallenbad.

#### Gebäudedaten und Grundlagen

|                                                                |                       |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------|
| - Baujahr                                                      | 1974                  |
| - Gebäudevolumen (SIA 116)                                     | 23 380 m <sup>3</sup> |
| - Energiebezugsfläche (inkl. Höhenkorrektur)                   | 4 475 m <sup>2</sup>  |
| - Wasserfläche                                                 |                       |
| - Schwimmbecken                                                | 340 m <sup>2</sup>    |
| - Nichtschwimmerbecken                                         | 132 m <sup>2</sup>    |
| - Sprungbecken                                                 | 100 m <sup>2</sup>    |
|                                                                | 572 m <sup>2</sup>    |
| - Wasservolumen                                                | 1 060 m <sup>3</sup>  |
| - Wassertemperatur                                             | 28 °C                 |
| - Lufttemperatur Schwimmhalle                                  | 30 °C                 |
| - Warmwassertag einmal pro Woche<br>(Wasser 30 °C, Luft 31 °C) |                       |
| - Betriebstage pro Jahr                                        | ca. 320               |

#### Technische Anlage:

| Ist-Zustand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sanierungsvorschlag zur Energieeinsparung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Heizungsanlage:</b></p> <p>Als Wärmeerzeuger sind zwei Kombikessel zu je 1 050 kW installiert. Diese Kessel sind überdimensioniert.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>Die beiden Heizkessel werden durch einen Öl-/Gas-Heizkessel ersetzt. Zusätzlich wird ein Blockheizkraftwerk eingebaut. Die Wassererwärmung erfolgt neu in einem freistehenden Wassererwärmer.</p>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>Lüftungsanlagen:</b></p> <p>Bei der Lüftungsanlage der Schwimmhalle wurde 1981 eine Entfeuchtungswärmepumpe eingebaut. Die Abluft wird direkt über Dach ins Freie geführt. Die Anlage kann 2stufig betrieben werden, die Regulierbarkeit ist jedoch schlecht. Luftmenge 35 000 – 40 000 m<sup>3</sup>/h.</p> <p>Bei den Lüftungsanlagen für die Nebenräume ist keine WRG-Anlage eingebaut. Die Anlagen sind überdimensioniert.</p> | <p>Neu wird ein Kompaktmonobloc eingebaut mit integrierter, 2stufiger WRG. Die erste Stufe erfolgt rekuperativ (Plattenwärmetauscher). Eine Entfeuchtungswärmepumpe dient als zweite Stufe der WRG. Die Anlage wird bedarfsabhängig betrieben. Die Luftmenge wird auf max. 25 000 m<sup>3</sup>/h reduziert.</p> <p>Die Anlagen werden ersetzt und neu mit einem Rekuperativ-Wärmetauscher ausgerüstet. Die Anlagen werden lastabhängig betrieben.</p> |





**Sanitäranlage:**

Die Wassererwärmung erfolgt über den Kombikessel. Die Duschen sind mit einer Zeitsteuerung ausgerüstet.

Neu wird eine Duschenabwasser WRG-Anlage eingebaut. Das Duschenabwasser wird in einer ersten Stufe mittels Wärmetauscher abgekühlt. In der zweiten Stufe wird das Abwasser durch eine Wärmepumpe zusätzlich abgekühlt.

Neu erfolgt die Wassererwärmung in 3 Stufen. Zuerst wird das Kaltwasser über den Wärmetauscher der Duschenabwasser-WRG vorerwärmt. Die Kondensationswärme der Abwasser-WP (von Duschen sowie Badewasser) wird als zweite Stufe genutzt. Die Nachheizung auf die Solltemperatur erfolgt über den Heizkessel.

**Badewasseranlage:**

Die Badewasseraufbereitung erfolgt in 4 Stufen: Vorfiltrierung, Flockung, Filtrierung mit Drucksandfilter, Desinfektion mittels Ozonanlage und Elektrochlor. Als WRG-Anlage ist ein Plattenwärmetauscher im Stetsablauf eingebaut. Die Umwälzleistung beträgt 275 m³/h.

Die WRG-Anlage wird verbessert, indem zusätzlich eine Wärmepumpe den Stetsablauf abkühlt. Die Beckenwassererwärmung erfolgt nur noch über diese WP. Die Beckenwasserumwälzpumpen werden ersetzt und richtig dimensioniert.

**Energieverbrauch**

|                                         | Ist-Zustand<br>MWh/a | Nach Sanierung<br>MWh/a |
|-----------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Fossile Energie</b>                  |                      |                         |
| - Transmission                          | 644                  | 600 1)                  |
| - Lüftung Schwimmhalle                  | 460                  | 25                      |
| - Lüftung Garderobe/Nebenräume          | 460                  | 90                      |
| - Badewassererwärmung                   | 138                  | 1)                      |
| - Duschwassererwärmung                  | 184                  | 31                      |
| - Verlust Wärmeverteilung               | 184                  | 190                     |
| - Verlust Wärmeerzeugung                | 230                  | 186                     |
| - Stromproduktion mittels BHKW          |                      | 228                     |
| Summe                                   | <u>2300</u>          | <u>1350</u>             |
| <b>Elektrische Energie</b>              |                      |                         |
| - Lüftung Schwimmhalle                  | 73                   | 25                      |
| - Entfeuchtungs-WP Lüftung Schwimmhalle | 138                  | 100                     |
| - Lüftung Garderobe/Nebenräume          | 43                   | 15                      |
| - Badewasserpumpen                      | 145                  | 70                      |
| - Umwälzpumpen Heizung                  | 36                   | 10                      |
| - Beleuchtung                           | 51                   | 40                      |
| - Erwärmung Bad-/Duschwasser (WP)       |                      | 107                     |
| - Diverse Verbraucher                   | 239                  | 161                     |
| Summe                                   | <u>725</u>           | <u>528</u>              |
| Abzüglich elektrische Energie aus BHKW  |                      | ./ 228                  |
|                                         |                      | <u>300</u>              |

1) Wärmeerzeugung mittels Elektrowärmepumpe





### Energiekennzahlen

|                   | Energiekennzahl bezogen auf                |                                |                                     |                             |
|-------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
|                   | Energiebezugsfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | Kubatur<br>MJ/m <sup>3</sup> a | Wasserfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | Besucherzahl<br>MJ/Besucher |
| Ist-Zustand       |                                            |                                |                                     |                             |
| Energiekennzahl   |                                            |                                |                                     |                             |
| - Fossile Energie | 1 800                                      | 345                            | 14 080                              | 75                          |
| - Elektr. Energie | 580                                        | 110                            | 4 560                               | 24                          |
| - Total           | 2 380                                      | 455                            | 18 640                              | 99                          |
| Nach Sanierung    |                                            |                                |                                     |                             |
| Energiekennzahl   |                                            |                                |                                     |                             |
| - Fossile Energie | 1 090                                      | 210                            | 8 500                               | 47                          |
| - Elektr. Energie | 241                                        | 46                             | 1 890                               | 10                          |
| - Total           | 1 331                                      | 256                            | 10 390                              | 57                          |

### Bemerkung:

Die Wärmeerzeugung mittels Elektro-Wärmepumpen wurde bei der Energiekennzahl für elektrische deklariert. Der Gasmehraufwand für die Stromerzeugung mittels BHKW dagegen ist bei der Kennzahl für fossile Energie (Gas/Öl) eingesetzt.

Projektverfasser: Ingenieurbüro Dr. Eicher & Pauli AG, Liestal





### A.1.4 Hallenbad Adliswil

Beim Hallenbad Adliswil wurden in den letzten Jahren verschiedene Sanierungsarbeiten durchgeführt, die auch zur Energieeinsparung dienten.

Die nachfolgenden Zahlen basieren auf dem Ist-Zustand 1988.

#### Gebäudedaten und Grundlagen

|                                              |                       |
|----------------------------------------------|-----------------------|
| – Baujahr                                    | 1973                  |
| – Gebäudevolumen (SIA 116)                   | 25 180 m <sup>3</sup> |
| – Energiebezugsfläche (inkl. Höhenkorrektur) | 3 485 m <sup>2</sup>  |
| – Wasserfläche                               |                       |
| – Schwimmerbecken                            | 330 m <sup>2</sup>    |
| – Sprungbecken                               | 152 m <sup>2</sup>    |
| – Nichtschwimmerbecken                       | 106 m <sup>2</sup>    |
| – Planschbecken                              | 15 m <sup>2</sup>     |
|                                              | 603 m <sup>2</sup>    |
| – Wasservolumen                              | 1 221 m <sup>3</sup>  |
| – Wassertemperatur durchschnittlich          | 29.5 °C               |
| – Lufttemperatur Schwimmhalle                | 31 °C                 |
| – Besucherzahl pro Jahr                      | ca. 85 400            |
| – Betriebstage pro Jahr                      | ca. 335               |

#### Technische Anlage:

| Ist-Zustand                                                                                                                                                                                                                                                          | Sanierungsvorschlag zur Energieeinsparung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Heizungsanlage:</p> <p>In der Heizzentrale ist ein Ölheizkessel (930 kW) sowie ein Gasheizkessel (465 kW) eingebaut, die Jahreswirkungsgrade betragen ca. 92%. Die Vorlauftemperaturen auf den Heizverteiler sind hoch.</p>                                       | <p>Die Vorlauftemperatur zum Verteiler wird gesenkt. Die Armaturen am Heizverteiler werden wärmege-dämmt. Das hydraulische Konzept wird verändert, damit weni-ger Umwälzpumpen notwendig sind.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Lüftungsanlagen:</p> <p>Die Lüftungsanlage für die Schwimmhalle ist mit einem kreislaufverbundenen WRG-System ausgerüstet. Die Anlage wird 2stufig betrieben. Entfeuchtet wird mit Aussenluft. Die max. Luftmenge wurde auf 35 000 m<sup>3</sup>/h ausgelegt.</p> | <p>Die Luftmenge wird reduziert. Neu wird im Winter mit Aussenluft entfeuchtet, im Sommer mit einer Wärmepumpe. (Anmerkung des Autors: Die Luftmenge muss gemäss SWKI 85-1 aufgrund der Verdunstung sowie der Feuchtedifferenz (Delta x = 6 g/kg im Betrieb) eingehalten werden. WRG-Konzept: Primär reku-perativer Wärmetauscher, sekundär Wärmepumpe. Betrieb gemäss Gesamtenergiebilanz in der Schwimmhalle). Die Luftkanäle werden neu dimensioniert und besser wärmege-dämmt.</p> |
| <p>Die Lüftungsanlagen der Nebenräume sind ohne WRG ausgeführt.</p>                                                                                                                                                                                                  | <p>Neu wird eine WRG-Anlage eingebaut.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |





### Sanitäranlage:

In der Heizzentrale ist ein 1500 l Wassserwärmer installiert, der über die Heizkessel aufgeheizt wird.  
Die Wassertemperaturen sind hoch.  
Es ist eine Mischwasseranlage eingebaut, welche die Duschen versorgt.  
Die Duschen sind mit einer Zeitautomatik ausgerüstet.

Der Wassserwärmer wird neu näher beim Sanitärverteiler plaziert.  
Die Zirkulationsleitungen werden demontiert. Neu werden Heizbänder installiert.

### Badewasseranlage:

Die Wasseraufbereitung erfolgt in verschiedenen Stufen:  
Filtrierung in Kieselgurfilter sowie Aktivkohlefilter, Desinfektion mit Chlor.

Beim Stetsablauf ist eine zweistufige WRG eingebaut:  
1. Stufe über Plattenwärmetauscher  
2. Stufe über Wärmepumpe.  
Die Kondensationsenergie der WP wird ins Becken abgegeben.  
Die Badewasserumwälzleistung beträgt ca. 300 m<sup>3</sup>/h.

Die Umwälzleistung wird stark reduziert.  
Der Durchfluss über den Aktivkohlefilter wird erhöht.  
Die Stetszulaufmenge wird reduziert.

### Energieverbrauch

|                                         | Ist-Zustand<br>MWh/a | Nach Sanierung<br>MWh/a |
|-----------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Fossile Energie</b>                  |                      |                         |
| - Transmission                          | 1 085                | 593                     |
| - Lüftungsanlagen                       | 611                  | 470                     |
| - Duschwassererwärmung                  | 260                  | 260                     |
| - Verlust Wärmeerzeugung und Verteilung | 168                  | 113                     |
| Summe                                   | <u>2 124</u>         | <u>1 436</u>            |
| <b>Elektrische Energie</b>              |                      |                         |
| - Badewassererwärmung (WP)              | 28                   | 5                       |
| - Badewasseranlage                      | 67                   | 48                      |
| - Lüftung Schwimmhalle                  | 117                  | 81                      |
| - Lüftung Nebenräume                    | 30                   | 30                      |
| - Umwälzpumpen Heizung                  | 25                   | 16                      |
| - Diverses                              | 87                   | 75                      |
| Summe                                   | <u>354</u>           | <u>255</u>              |





# Energiekennzahlen

|                   | Energiekennzahl bezogen auf                |                                |                                     |                             |
|-------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
|                   | Energiebezugsfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | Kubatur<br>MJ/m <sup>3</sup> a | Wasserfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | Besucherzahl<br>MJ/Besucher |
| Ist-Zustand       |                                            |                                |                                     |                             |
| Energiekennzahl:  |                                            |                                |                                     |                             |
| - Fossile Energie | 2 194                                      | 302                            | 12 681                              | 89                          |
| - Elektr. Energie | 366                                        | 50                             | 2 113                               | 15                          |
| - Total           | 2 560                                      | 352                            | 14 794                              | 104                         |
| Nach Sanierung    |                                            |                                |                                     |                             |
| Energiekennzahl:  |                                            |                                |                                     |                             |
| - Fossile Energie | 1 483                                      | 205                            | 8 573                               | 60                          |
| - Elektr. Energie | 263                                        | 36                             | 1 522                               | 11                          |
| - Total           | 1 764                                      | 241                            | 10 095                              | 71                          |

Projektverfasser: Ingenieurbüro Löpfe AG, Aarau





### A.1.5 Hallenbad Uster

Das Hallenbad Uster wurde 1985 durch einen Unfall teilweise zerstört. Im Rahmen des Wiederaufbaus 1988 wurde das Bad saniert, modernisiert und vergrössert. Es war somit möglich, ein optimales Energiekonzept auszuarbeiten und an die Verhältnisse anzupassen.

Ein Vergleich mit dem alten Bad ist nicht sinnvoll, da das neue Bad wesentlich grösser ist und die gesamte Technik erneuert werden konnte.

An der Technikzentrale des Hallenbads sind zusätzlich 3 Wohnungen und ein Sportgebäude angeschlossen. Diese Gebäude sind jedoch baulich vollständig vom Bad getrennt (Versorgung über Fernleitung).

#### Gebäudedaten

|                                              |                       |
|----------------------------------------------|-----------------------|
| - Baujahr Sanierung und Erweiterung          | 1988                  |
| - Gebäudevolumen (SIA 116)                   | 28 000 m <sup>3</sup> |
| - Energiebezugsfläche (inkl. Höhenkorrektur) | 4 865 m <sup>2</sup>  |
| - Wasserfläche                               |                       |
| - Publikumsbecken                            | 390 m <sup>2</sup>    |
| - Sportbecken                                | 400 m <sup>2</sup>    |
| - Planschbecken                              | 16 m <sup>2</sup>     |
|                                              | 806 m <sup>2</sup>    |
| - Wasserrutsche                              | 26 m                  |
| - Wasservolumen                              | 1 530 m <sup>3</sup>  |
| - Wassertemperatur                           |                       |
| - Sportbecken                                | 27 °C                 |
| - Publikumsbecken                            | 30 °C                 |
| - Lufttemperatur Schwimmhalle                | 30 °C                 |
| - Besucherzahl pro Jahr                      | ca. 175 000           |
| - Betriebstage pro Jahr                      | ca. 310               |

#### Wärmedämmung des Gebäudes

Der heute erreichte niedrige Energieverbrauch ist zum einen auf die konsequente Wärmedämmung des Gebäudes zurückzuführen.

Im Altbau wurden die bestehenden Gebäudeteile nachgedämmt, sofern dies möglich war. Heute ist nur noch der Kellerboden ungedämmt.

Der Erweiterungsbau wurde nach den neusten wärmetechnischen Vorschriften erstellt. Auch Kellerboden, Kellerwände und Beckenboden wurden wärmegeämmt. Der k-Wert der Aussenwand beträgt 0.3 W/m<sup>2</sup>K. Aufgrund dieses Wärmedämmkonzepts kann auf eine Bodenheizung in der Schwimmhalle verzichtet werden.

#### Technische Anlage

Schwerpunkt bei der total erneuerten Technik ist eine maximale Wärmerückgewinnung, welche in Verbindung mit einer guten Wärmedämmung des Gebäudes und optimaler Wärmeerzeugung eine rationelle Energienutzung ermöglicht.

#### Wärmeerzeugung

Eingebaut sind zwei Heizkessel mit 2stufigen Gas-/Öl-Brennern. Jedem Kessel ist ein Abgasrekuperator nachgeschaltet, in dem die Abgase kondensiert werden (nur bei Gasbetrieb). In der 1. Stufe wird diese Kondensationsenergie zur Heizungsrücklaufanhebung verwendet, in der 2. Stufe als Warmwasservorwärmung.





### **Lüftung Schwimmhalle**

Für die Schwimmhallenentfeuchtung ist ein kompaktes Lüftungsgerät mit 2stufiger WRG eingebaut. Die Vorkühlung eines Rückluftanteils erfolgt mit der 1. Stufe der WRG durch einen Plattenwärmetauscher direkt über die Aussenluft. Anschliessend wird über einen Direktverdampfer der Wärmepumpe nachgekühlt und entfeuchtet (2. Stufe).

Die Kondensationsenergie der WP wird direkt an die Zuluft abgegeben. Ist die Kondensationsenergie grösser als die benötigte Wärmeenergie für die Zulufterwärmung, wird die überschüssige Kondensationsenergie zunehmend ins Beckenwasser geleitet.

Eine optimale Betriebsweise wird durch verschiedene Stufenschaltungen erreicht. Mit den 2 integrierten Wärmepumpen können gesamthaft 3 verschiedene Stufen gefahren werden ( $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$  und Vollast). Zudem wird die Luftmenge über 4 Ventilatorstufen geregelt.

### **Lüftungsanlage Garderobe/Cafeteria**

Die Lüftung für die Garderobe besitzt einen Plattenwärmetauscher zur Wärmerückgewinnung, jene für die Cafeteria einen rotierenden Regenerativwärmetauscher. Beide Anlagen werden automatisch, je nach Bedarf, auf 2 verschiedenen Stufen betrieben.

### **Wassererwärmung**

Über die Duschenabwasser-WRG wird das Warmwasser in einer ersten Stufe vorgewärmt. Dabei fliesst das Duschenabwasser im Gegenstrom durch den offen montierten Plattenwärmetauscher. Bei einer Duschenabwassertemperatur von ca. 28°C wird das Kaltwasser von 10 auf ca. 23°C vorgewärmt.

In der 2. Stufe wird das vorgewärmte Wasser mit der Kondensationsenergie der Heizkessel auf ca. 45°C nachgewärmt. Im Hauptspeicher wird es dann mit dem Heizkessel auf 60°C erwärmt.

Um die Leitungsverluste klein zu halten, ist für die Duschen eine Mischwasseranlage installiert.

### **Badewasseranlage**

Die Badewasseraufbereitung erfolgt in 4 Stufen. In der 1. Stufe wird beim Sportbecken eine Flockungsfiltration (Drucksandfilter) vorgenommen. Beim Publikumsbad ist ein Kieselgur-Anschwemmfilter eingebaut (bestehend). In der 2. Stufe werden die im Filter nicht zurückgehaltenen Stoffe durch die Zugabe von Ozon oxydiert. Die Entozonisierung zur Entfernung des überschüssigen Ozons erfolgt als 3. Stufe im Aktivkohlefilter. In der 4. Stufe wird bedarfsabhängig unterchlorige Säure zur Desinfektion zugesetzt.

Bei den Beckenabwässern sind getrennte, geschlossene Plattenwärmetauscher eingebaut, welche die Wärme des ablaufenden Beckenwassers an das zugeführte Frischwasser abgeben. Die Erwärmung des Frischwassers erfolgt bis auf 2 K unterhalb der Beckenwassertemperatur. Das ablaufende Beckenwasser wird dabei bei 10°C Frischwassertemperatur auf 12°C abgekühlt.

Diese WRG erfolgt ohne Hilfsenergie.

Das Kühlwasser des Ozongenerators wird in die Schwallwasserbecken geleitet und dient somit als vorerwärmte Frischwasserzugabe.

Beim Publikumsbecken ist eine „Sparpumpe“ eingebaut, welche im Ruhebetrieb nur eine reduzierte Wassermenge von 30% umwälzt.





### Technische Daten

#### Lüftung Schwimmhalle:

|                                           |             |
|-------------------------------------------|-------------|
| - Luftmenge max.                          | 42 000 m³/h |
| - Rückwärmezahl Plattentaucher            | 60%         |
| - Leistungsziffer WP                      | 3.8         |
| - Laststufen (bezüglich WP und Luftmenge) | 7           |

#### Lüftung Garderobe:

|                 |            |
|-----------------|------------|
| - Luftmenge     | 3 200 m³/h |
| - Rückwärmezahl | 64%        |
| - Laststufen    | 2          |

#### Lüftung Cafeteria:

|                 |            |
|-----------------|------------|
| - Luftmenge     | 3 600 m³/h |
| - Rückwärmezahl | 70%        |
| - Laststufen    | 2          |

#### Wärmeerzeugung:

|                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| - Leistung Gas-/Ölheizkessel    | 2 x 370 kW           |
| - Laststufen                    | 4                    |
| - Gasbetrieb kondensierend      | 95% der Betriebszeit |
| - Ölbetrieb nicht kondensierend | 5% der Betriebszeit  |

#### Badewasseraufbereitungsanlage:

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| - Umwälzleistung pro Becken    | 220 m³/h |
| - Teillastbetrieb (Ruhe)       |          |
| Publikumsbecken                | 75 m³/h  |
| - Wirkungsgrad Stetsablauf-WRG | 88%      |

### Energieverbrauch

Die Unterteilung der fossilen Energie erfolgt aufgrund von Berechnungen. Bei der elektrischen Energie ist in jedem Teilbereich ein Zähler eingebaut.

Ist-Zustand  
MWh/a

#### Fossile Energie

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| - Transmission Gebäude        | 250 |
| - Lüftung Schwimmhalle        | 20  |
| - Lüftung Garderobe/Cafeteria | 65  |
| - Badewassererwärmung         | 200 |
| - Duschenwassererwärmung      | 90  |
| - Verlust Wärmeverteilung     | 22  |

|       |            |
|-------|------------|
| Summe | <u>647</u> |
|-------|------------|

#### Elektrische Energie

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| - Lüftung Schwimmhalle        | 295 |
| - Lüftung Garderobe/Cafeteria | 44  |
| - Badewasseraufbereitung      | 290 |
| - Heizungsanlage              | 22  |
| - Diverse Verbraucher         | 142 |

|       |            |
|-------|------------|
| Summe | <u>793</u> |
|-------|------------|





### Energiekennzahlen

|                   | Energiekennzahl bezogen auf                |                                |                                     |                             |
|-------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
|                   | Energiebezugsfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | Kubatur<br>MJ/m <sup>3</sup> a | Wasserfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | Besucherzahl<br>MJ/Besucher |
| Energiekennzahl   |                                            |                                |                                     |                             |
| - Fossile Energie | 479                                        | 83                             | 2890                                | 13                          |
| - Elektr. Energie | 587                                        | 102                            | 3542                                | 16                          |
| - Total           | 1066                                       | 185                            | 6432                                | 29                          |

### Bemerkung:

- Für die Berechnung der Energiekennzahl wird gemäss Definition (SIA 180/4) der Wärmeverbrauch mit dem unteren Heizwert (Hu) bestimmt.
- Der Gesamtenergieverbrauch des neuen Bads beträgt 70% des alten, obschon die Wasserfläche verdoppelt und die Kubatur um ca. 70% vergrössert wurde.

Projektverfasser: B. Kannewischer, Ingenieurbüro AG, Zug



## A.1.6 Zusammenfassung der Energiekennzahlen

In Tabelle A1 sind die Energiekennzahlen der 5 Feinanalysen zusammengestellt:

- Festgestellte Istwerte des Energieverbrauchs, bezogen auf Energiebezugsfläche, Wasserfläche und Kubatur.
- Erreichbare Werte mit den vorgeschlagenen Konzepten (Prognose), ebenfalls bezogen auf die Energiebezugsfläche, Wasserfläche und Kubatur.

Für das Hallenbad Uster sind die effektiv erreichten und gemessenen Werte aufgeführt, da dieses Bad bereits umgebaut, erweitert und in Betrieb ist.

|                        |                                               | <b>Ergebnis Grobanalyse</b><br>Festgestellte Istwerte |                                     | <b>Ergebnis Feinanalyse</b><br>Erreichbare Werte mit den vorgeschlagenen Konzepten (Prognose) |       |
|------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Objekt, Baujahr</b> |                                               | <b>Energiekennzahl bezogen auf</b>                    |                                     |                                                                                               |       |
|                        |                                               | Energiebezugsfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a            | Wasserfläche<br>MJ/m <sup>2</sup> a | SIA-Kubatur<br>MJ/m <sup>3</sup> a                                                            |       |
| Altbau                 | Adliswil 1974                                 | 2560                                                  | 14 794                              | 352                                                                                           | 241   |
|                        | Liestal 1974                                  | 2380                                                  | 18 640                              | 455                                                                                           | 256   |
|                        | Sedrun 1970                                   | 1917                                                  | 11 239                              | 488                                                                                           | 210   |
|                        | Loreto Zug 1968                               | 2080                                                  | 8 771                               | 354                                                                                           | 191   |
|                        | Uster alt 1972                                | 2 194                                                 | 17 946                              | 435                                                                                           | -     |
| Neubau                 | Uster neu, in Betrieb seit 1988 (vergrössert) | -                                                     | -                                   | -                                                                                             | 185 * |
|                        |                                               | 1066 *                                                | 6 432 *                             | -                                                                                             | -     |

Tabelle A1: Energiekennzahlen (Summe der Energiekennzahlen für Wärme und Elektrizität) von 5 bestehenden Hallenbädern

\* gemessene Werte







## A.2 Definitionen

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Endenergie                       | Dem Gebäude unmittelbar zugeführte Energie wie Heizöl, Gas, Kohle, Fernwärme und Elektrizität.<br>Bei Brennstoffen ist die Bezugsbasis der untere Heizwert.                                                                                                                                                                                |
| Endenergieverbrauch Wärme        | Dem Gebäude zugeführte Energie für Heizzwecke.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Endenergieverbrauch Elektrizität | Dem Gebäude zugeführte elektrische Energie für Licht, Maschinenantriebe, Heizzwecke und Umwandlungsprozesse.                                                                                                                                                                                                                               |
| Energiebedarf Wärme              | Nutzenergie für Raumheizung, Warmwassererwärmung, Lufterwärmung und Beckenheizung.<br>(Entspricht der dem Gebäude zugeführten Endenergie abzüglich der Verluste für Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und evtl. Wärmespeicherung.)                                                                                                           |
| Energiebilanz                    | Summe aller Energien die einem Gebäude zugeführt werden bzw. daraus abfließen.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Energiebezugsfläche (EBF)        | Massgebende Fläche gemäss Empfehlung SIA 180/4 für den spezifischen Energieverbrauch: Summe aller ober- und unterirdischen Bruttogeschossflächen berechnet nach SIA 416, für deren Nutzung eine Beheizung oder Klimatisierung notwendig ist.<br>Korrektur für grosse Raumhöhen gemäss SIA 180/4.                                           |
| Energiekennzahl                  | Jährlicher Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Wärme, Licht, Kraft und Prozessen bezogen auf die EBF in MJ/m <sup>2</sup> a.<br><br>(Gemäss SIA 180/4 gilt bei Brennstoffen der untere Heizwert (Hu) als Bezugsbasis.)<br><br>$E_w$ Energiekennzahl Wärme<br>$E_h$ Energiekennzahl Raumheizung<br>$E_e$ Energiekennzahl Elektrizität |
| Freie Wärme                      | Wärme, die ohne gezielte und geregelte Heizleistung während der Heizperiode in beheizten Räumen wirksam ist (Wärme von Personen, Beleuchtung, Apparaten, Pumpen, Ventilatoren, Sonneneinstrahlung etc.).                                                                                                                                   |
| Istwert                          | Festgestellte Energiekennzahl.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Sollwert                         | Anzustrebende Energiekennzahl, welche mit einer guten <b>Gesamtsanierung</b> erreicht werden kann.                                                                                                                                                                                                                                         |
| Zielwert                         | Erhöhte Anforderung für <b>Neubauten</b> , die durch heute bekannte und bewährte Mittel erreicht werden kann.                                                                                                                                                                                                                              |