



Betriebskostenoptimierte Technik in Schwimmbädern



Dipl. Ing. Olaf Ahrens

ENERATIO Ingenieurbüro

Perspektiven im Bäderbau

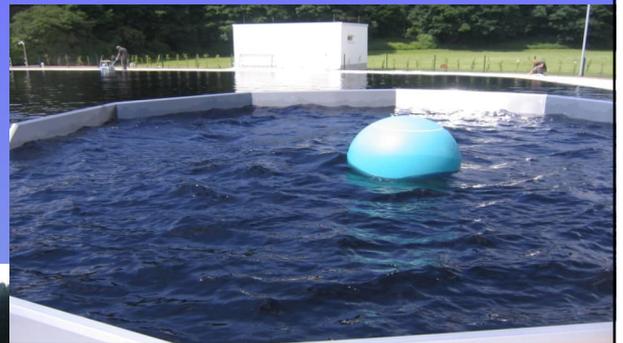
Braunschweig 06.03.2024

1

1



Freibad



2

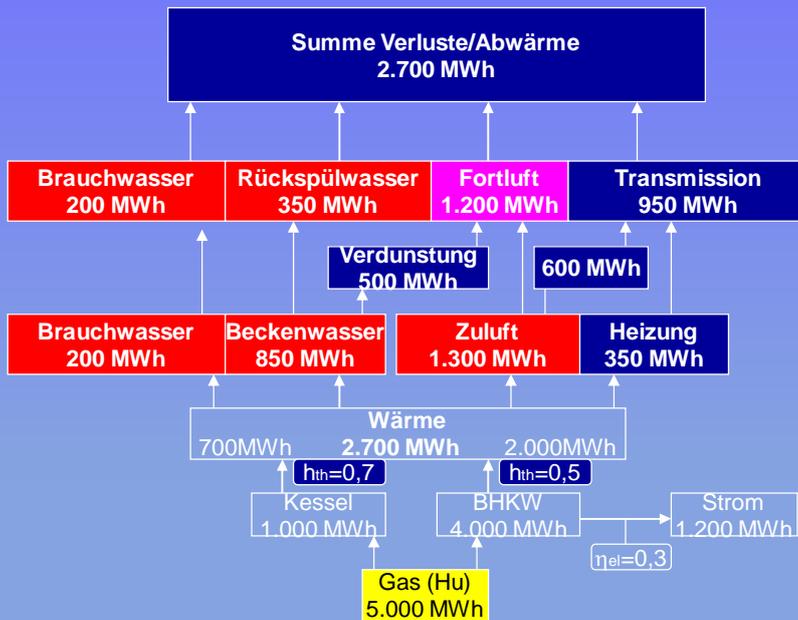
2

Hallenbad



3

Energieströme

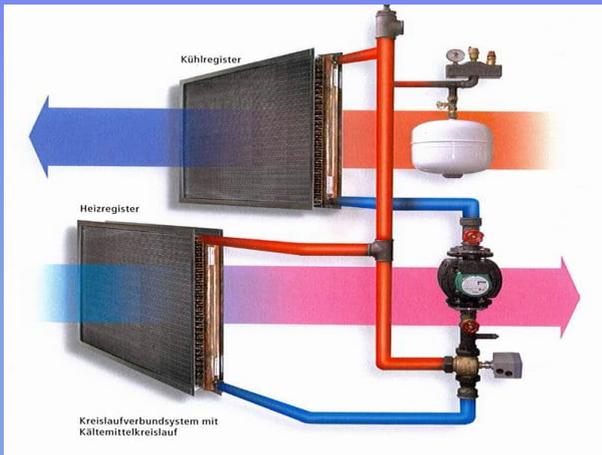


4

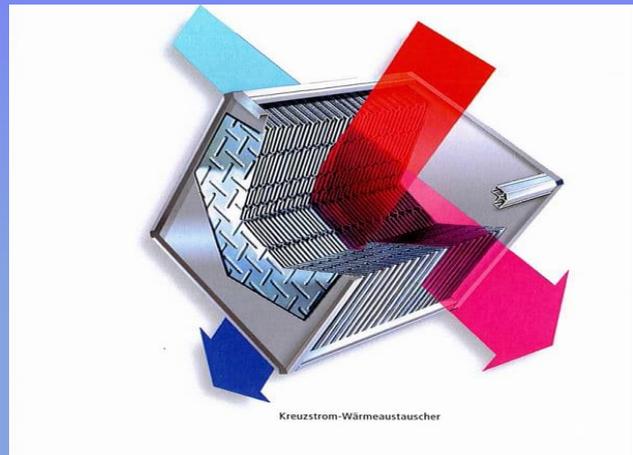
4

Wärmerückgewinnung

Kreislaufverbundsystem (40-50%)



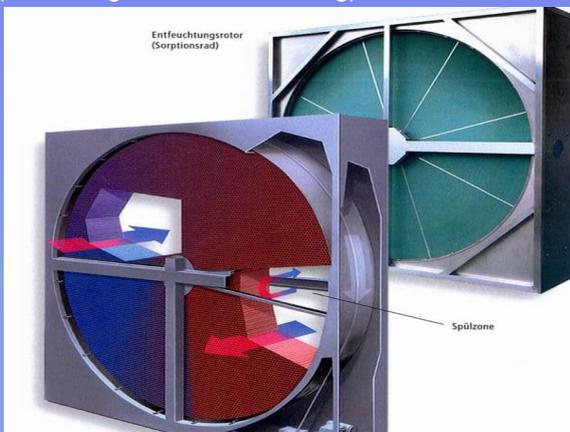
Kreuzstromwärmetauscher (bis 65%)



5

Wärmerückgewinnung

Rotationswärmetauscher (bis 75%)
(mit intelligenter Beschichtung)



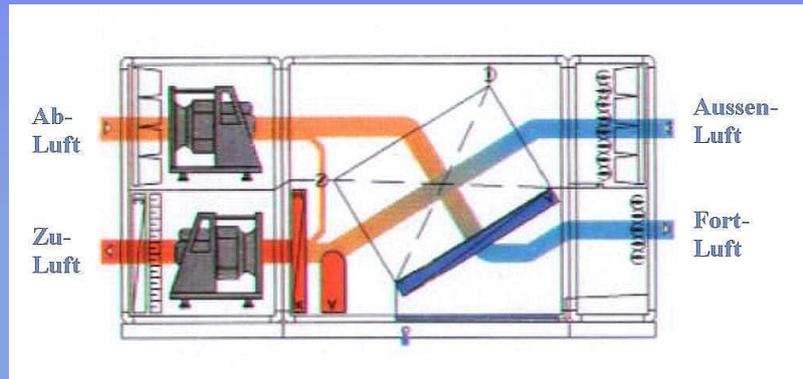
Gegenstromwärmetauscher (bis 90%)



6

Wärmerückgewinnung

➤ WRG + Restwärmenutzung mit Wärmepumpe



7

7

Wärmerückgewinnung

➤ Nutzung der Wärme in der Fortluft

- Hallenbad Lüftung: 15.000 m³/h
davon im Mittel 7.000 m³/h Außenluft
- WRG(65%): AUL von 8°C auf 22°C
ABL von 30°C auf 16°C
- Abkühlen der FL von 16° auf 9°C
mit Wärmepumpe



8

8

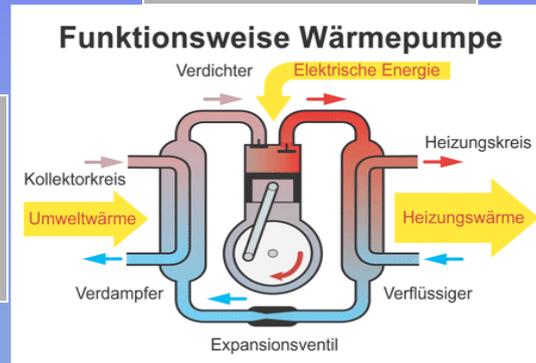
Wärmerückgewinnung mit Wärmepumpe

Wärmquelle:
Butter, Milch, etc

Elektro-Input
4 kW

Wärmabgabe:
schwarze Gitter

Fortluft
Verd. 5°C
16 kW



z.B.
Beckenwasser
Kondens. 40°C
20 kW

9

9

Wärmerückgewinnung mit Wärmepumpe

Betriebszeit 350 d/a x 12 h/a = 4.200 h/a

- Stromkosten: 4 kW x 4.200 h/a x 25 Ct/kWh
= 4.200,- €/a
- Investkosten 20T€ ⇒ Kapitalkosten 2.000,- €/a
- Wartung & Instandhaltung 4% 1.000,- €/a
- Summe Kosten **7.200,- €/a**

- Wärmegewinn: (bei 35°C)
20 kW x 4.200 h/a x 125 €/MWh = **10.500,- €/a**
(z.B. für Beckenwasser, BWW)

10

10



11

11

Umbau

- die warme/feuchte Fortluft wird „eingesammelt“ und zum Lüftungsgerät mit hocheffektiver WRG zurückgeführt

vorher

nachher



12

12

2-fach Nutzung

- die fast unbelastete Luft der Umkleiden wird zur Entfeuchtung der Duschen genutzt
- die Luft aus der Halle wird zur Entfeuchtung der Duschen genutzt

 in beiden Fällen:
Halbierung
des Frischluftanteils



13

13



14

14



Optimierungspotentiale

- Frischluftanteil bis an die Behaglichkeitsgrenze reduzieren
- ➔ Schadstoffabfuhr berücksichtigen
- Schwülegrenze gem KOK / VDI (30°C, 55%r.F., x=14,3 g/kg)
- Behaglichkeitsempfinden des nassen Badegastes : 80-90% r.F
- ➔ aber: Behaglichkeitsempfinden des Personals : 20% r.F



Optimierungspotentiale

- man kann im Sportbad andere (höhere) Feuchten und niedrigere Temperaturen fahren als im Freizeitbad
- Bereiche anderer Nutzung sollten klimatisch getrennt werden (z.B. Gastronomie, Lehrschwimmbecken, etc.)
- max. Feuchte wird vom Baukörper vorgegeben !

17

17

Optimierungspotentiale

- Lüftungskanäle isolieren, wenn sie durch Bereiche anderer Temperaturen laufen
- möglichst kurze Kanalanbindungen mit Weitwurfdüsen
- Technikräume und Keller be- und entlüften, auch wenn es Energie kostet



Vermeidung von Korrosion, bessere Arbeitsbedingungen

18

18

Wärmeerzeugung

➤ Gas-/Öl- Kessel (immer D



- klimaneutral 2045
- GEG 2024
- Wärmeplanung der Kommune bis 2026/2028



19

19

welche Wärmequelle??

- Erdreich = Sole-Wasser-WP
- Luft = Luft-Wasser-WP
- „unvermeidbare“ Abwärme
- muss gleichzeitig geheizt und gekühlt werden? (z.B. Fitnessbereich, Kalttauchbecken)



20

20

welche Leistung??

- es sind alle Leistungsgrößen verfügbar, ggf. kaskadiert
- Monovalent?
- können vorh. Heizanlagen zur Spitzenabdeckung bestehen bleiben



21

21

COP (Coefficient of Performance) =

Verhältnis von Wärmeleistung
zu Antriebsleistung an EINEM Betriebspunkt



JAZ (Jahresarbeitszahl) =

Verhältnis von Wärmearbeit zu Antriebsarbeit im
Jahr

22

22



Wärmepumpe

nur ein paar Daten:

- Anlagenkosten: **ca.. 1.300,- €/kW**
- Erdsonde : **30 W/m , 120 €/m (Bohren+Sonde)**
zusätzlich ca. 3.500-4.500 €/kW
- Platzbedarf:
Bohrungen sollen eine Abstand von ca.. 6 m
haben (wird im GRT ermittelt)
=> 12m²/kW (..oder 1 Fußballfeld / 500 kW)



23

23



Wärmepumpe

nur ein paar Daten:

- Rohrdimensionierung:
WP hat kleine Temperaturpreizung (5-8°K) ggü
Kessel/BHKW (30°K)=> große Rohrquerschnitte



24

24

---Phase-Down ---GWP --- F-Gas Verordnung ---

Alle HFKW-Nachfrager in der EU konkurrieren um eine Gesamtmenge. Das heißt, es gibt kein eigenes Kontingent für einzelne Mitgliedstaaten oder einzelne Anwendungen.



Höchstmenge (%) für das Inverkehrbringen teilfluorierter Kohlenwasserstoffe (HFKW) 2015-2030

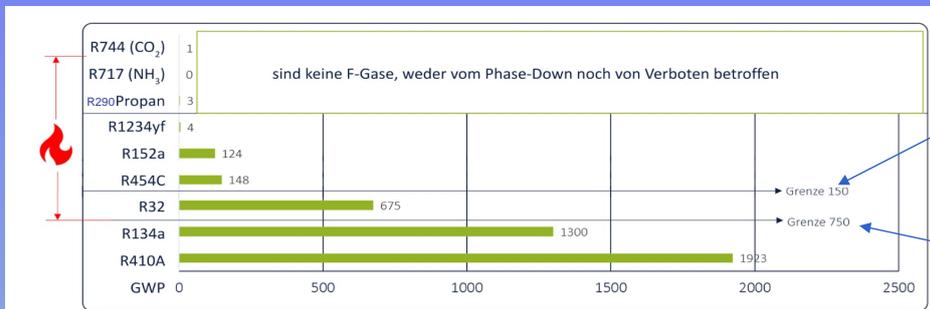
Prozentsätze für die Höchstmenge für das Inverkehrbringen von teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW) in den Jahren 2015 bis 2030

Quelle: Umweltbundesamt

CO₂-Äquivalent

- Verknappung
- Verteuerung
- Abschaffung bei hohen GWP

GWP --- F-Gas Verordnung --- Phase-Down



Neuanlagen ab 2030

W+I ab 2032

Übersicht Kältemittel, F-Gase und natürliche Kältemittel mit den Grenzen der F-Gase Verordnung und GWP Werten

GWP = Global Warming Potential

Wird 1 kg eines Kältemittels freigesetzt, ist dies multipliziert mit dem GWP-Wert mal so schlimm als wenn 1 kg CO₂ freigesetzt wird.



GWP --- F-Gas Verordnung --- Phase-Down



1.1. Einteilung von Kältemitteln nach Brennbarkeit und Toxizität

Sicherheitsgruppen Kältemittel

Sicherheitsgruppe	Brennbarkeit	Toxizität
A3	B3	leicht entflammbar
A2	B2	entflammbar
A2L	B2L	schwer entflammbar
A1	B1	nicht brennbar
geringe Toxizität		erhöhte Toxizität

Tabelle 1: Sicherheitsgruppen Kältemittel (Quelle: BWP)

Kältemittel	Sicherheitsklasse	GWP	Selbstentzündungstemperatur	Maximal zulässige Oberflächentemperatur nach DIN EN 378-2:2018-04
			[°C]	[°C]
R290	A3	3	470	370
R454C	A2L	148	444	344
R454B	A2L	466	496	396
R32	A2L	675	648	548
R134a	A1	1430	743	n.a.
R407C	A1	1774	704	n.a.
R410A	A1	2088	Nicht definiert	n.a.
R404A	A1	3922	728	n.a.

Tabelle 2: Gegenwärtig häufig verwendete Kältemittel, Werte nach dem 4. Sachstandsbericht zum IPCC Protokoll, wie auch in der F-Gase Verordnung, weitere Werte siehe DIN EN 378

27

27

Wärmeerzeugung

- Solarabsorber (je kälter das Beckenwasser, desto besser der Wirkungsgrad)
- Globalstrahlung im Sommer (Badesaison) ca. 5 kWh/m²,d
- Wirkungsgrad: 30-35%



28

28



Heizung

Freibadheizung mit einfachem Absorber

Voraussetzung:

- ausreichend unbeschattete Aufstellflächen
- erforderlich ca. 0,8 x Beckenwasserfläche

Bäderland Hamburg: 9.200 m²
in 8 Bädern seit 1989

- Invest: 100-125 €/m²



29



Heizung

Wärmeerzeugung

- Solarkollektor
(erzeugt höhere Temperaturen)

Anwendung:

- Brauchwarmwasserbereitung
- Raumheizung (selten)
- Schwimmbaderwärmung



30



Solarkollektor

Hallenbad

➤ 20 Duschen

Auslegung:

- 3.000 liter Solarspeicher
- 1.500 liter Pufferspeicher
- TWW Bereitung nach DIN 4708



31

31



Solarkollektor

Auslegung:

- 75m² Fläche
- Wärmebedarf 200 MWh/a,
davon 35 MWh/a durch Solar
(17,5%)
- Invest: 75.000,- € (KK: 4.900,-€/a)
- Ersparnis: 4.400,- €/a (125,- €/MWh)



32

32



Heizung

Wärmeverteilung

- Flächenheizung
(Wand, Fußboden, Wärmebank)
niedrige Vor- und Rücklauftemperaturen
- keine Fußbodenheizung bei unterkellerten Bereichen
- wenn statische Heizflächen,
dann großzügig auslegen
- Lüftung: große Register, niedrige Rücklauftemperaturen



33

33



Sanitär

Trinkwasser

- Duschemenge:
6 / 9 / 12 Liter/min
- Speichergröße: 1,5 – 5 m³
- Schichtenspeicher mit externen Ladesystem
- Umbau von BWW Speichern zu
Heizwasserspeichern zur Leistungsreduzierung



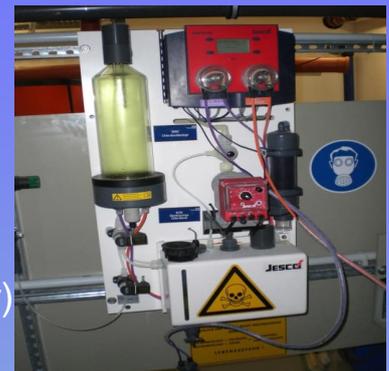
34

34



Trinkwasser - Legionellen

- kurze Rohrleitungen
- keine Stichleitungen
- Leitungen immer durchströmen
(Ende z.B. in Duschen oder Schwallwasserbehälter)
- automatische Spülstationen
- Armaturen mit zentraler Steuerung
- thermische Desinfektion (mit Protokoll)
- chemische Desinfektion (keine Dauerlösung)



Trinkwasser -Legionellen

- Ultrafiltration am FW Hauseingang



37

37

Lumen = Lichtstrom
Lux=Lichtstrom / m²

Beleuchtung

- Wirkungsgrad:
- Glühlampe: 12 lm/Watt
 - Niedervolt Halogen: 18 lm/Watt
 - Leuchtstoffröhren: 90 lm/Watt
 - Metaldampf-Halogen: 100 lm/Watt
 - (Power-) LED: 100-180 lm/Watt



38

38

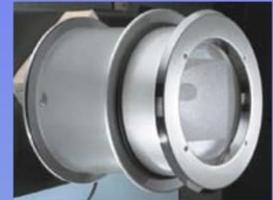


Elektrotechnik

Beleuchtung

➤ Unterwasserscheinwerfer: **1.000 lm/m²WF**

1. Durchreiche: 400 W , 40.000 lm
100 lm/Watt



2. beckeninnenseitiger Einbau:
150 W, 12.500 lm
83 lm/Watt



39



Elektrotechnik

LED-Beleuchtung

1. Durchreiche: 160 W , 30.000 lm
175 lm/Watt



2. beckeninnenseitiger Einbau:
80 W, 12.000 lm
150 lm/Watt

➤ **ERSPARNIS**
15 Stk x 70-240 W/Stk
= 1.000,- bis 3.000,- €/a



40

Photovoltaik

Beispiel: 100 kW el. , netto

Betriebszeit: 850 Vh/a

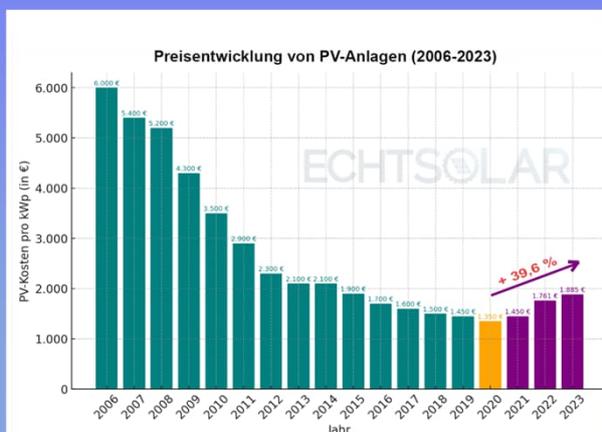
Stromerzeugung: 85.000 kWh/a

CO₂ Einsparung: 36 t/a

Investitionskosten: 1.800,- €/kW el.
180.000,- €



Photovoltaik



Photovoltaik

Kapitalkosten: 11.000,- €/a
(2%,20 Jahre = 6,1 %)



Vergütung 2024

am Gebäude: 8,11 Ct/kWh

Erlös: 6.900,- €/a

43

43

Photovoltaik

- nur Einspeisevergütung ist nicht wirtschaftlich
- Direktvermarktung (ist ab 2017 für 100 kW Anlagen gefordert)
- gegen Eigenbedarf fahren !!



44

44



Elektrotechnik

Photovoltaik

Kapitalkosten: 11.000,- €/a
(2%,20 Jahre = 6,1 %)

vermiedener Bezug :
25,0 Ct/kWh

Erlös: 21.250,- €/a



45

45



Schwimmbadtechnik

Aufbereitung

- Druckfiltration
- Niederdruckfiltration
- Einschicht- / Mehrschichtfiltration
- Korngrößen /Rückspülgeschwindigkeiten
- VakuumschwemmfILTER
- Ultrafiltration



46

46



Schwimmbadtechnik

Druckfiltration



47

47



Schwimmbadtechnik

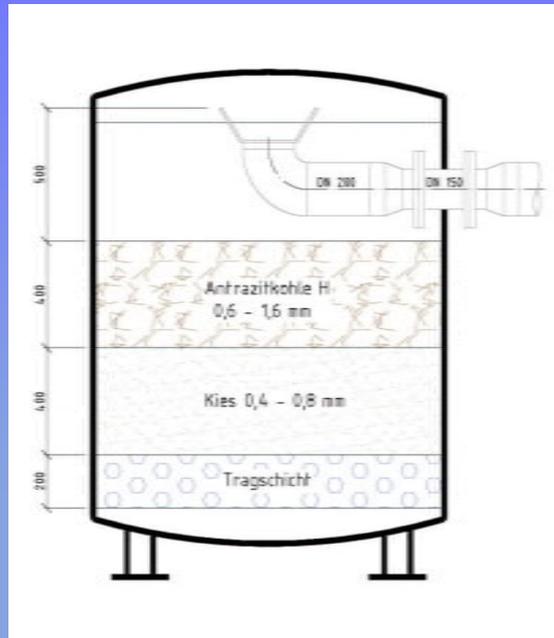
Niederdruckfiltration



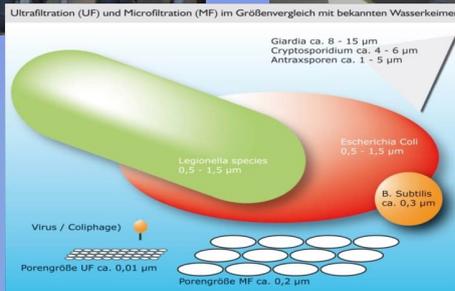
48

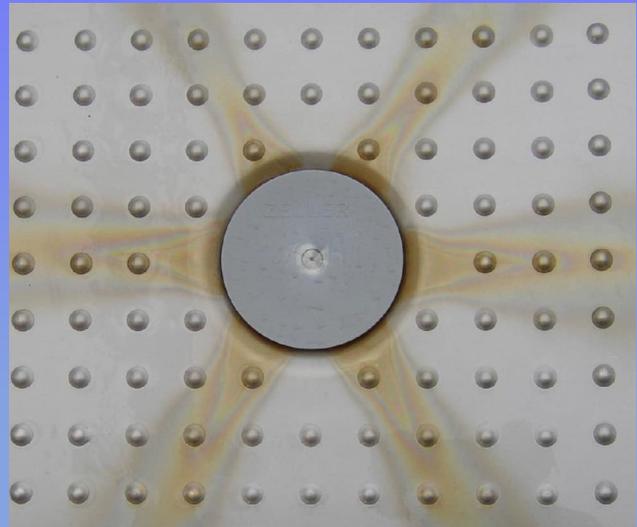
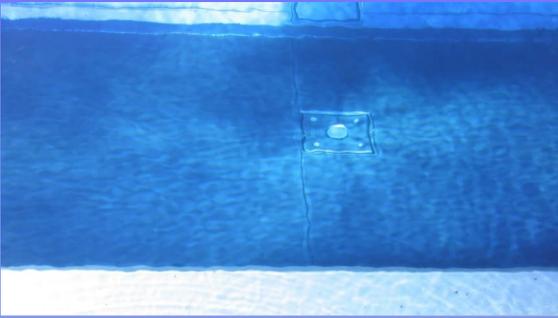
48

- Korngrößen aufeinander abstimmen
- mit entwärmten Wasser Rückspülen



Ultrafiltration





51

51

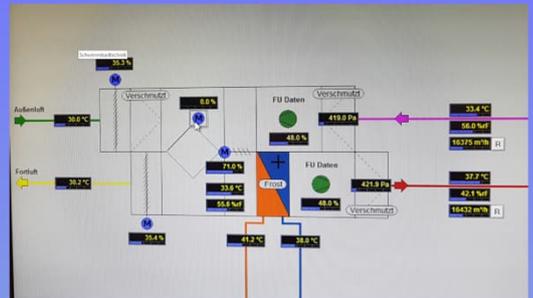
- Umwälzleistungsreduzierung in Schwachlastzeiten durch Frequenzumformer (Permanentmagnet-Motoren mit FU)
- Personenerfassung im Becken durch LASER-SCAN-TECHNIK



52

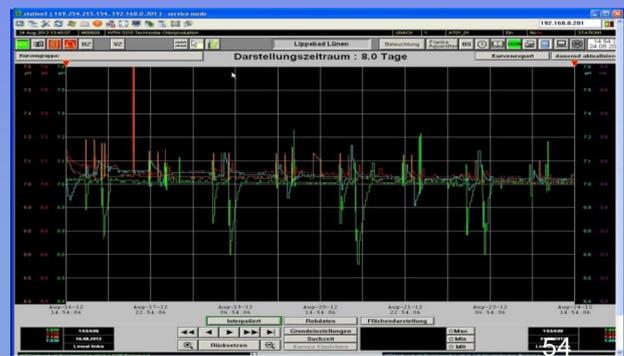
52

- automatische Filterspülung außerhalb der Betriebszeiten
- Steuerung der Attraktionen / Spitzenlastaussteuerung
- Überwachung von IST-Werten und Verbräuchen (Min./Max. ALARMMELDUNG)



53

- Beleuchtungssteuerung (mit Präsenzmelder / Tageslichtabhängig, ZENTRAL-AUS)
- Erfassen von Betriebsdaten !!
- Fernabfrage der Daten über Internet



54

Abdeckung von Außenbecken

- gerade Ganzjahresbecken, aber auch Freibäder
- zwingend bei hohen Wassertemperaturen



55

55

Abdeckung von Außenbecken

- Bauart:
 - Rolle auf Beckenrand (Einfriergefahr!)
 - Unterwasserrolle im Beckenboden



56



Schwimmbadtechnik

Abdeckung von Außenbecken

- Beispiel: **Ganzjahresbecken 175 m², T=30°C**
- Wärmeverluste durch Verdunstung und Strahlung:
900+600 = 1.500 MWh/a (z.Vgl. EFH=30MWh/a)
- **ERSPARNIS: 450 MWh/a** (ca.. 30%)
- 450 MWh/a x 125 €/MWh Wärme = **56.000,- €/a**
- **Kosten:**
Personal, W+I, Kapitalkosten = **20.000,- €/a**

57

57



Schwimmbadtechnik

Abwasseraufbereitung

- wasserrechtliche Erlaubnis nach Abwasserverordnung
ANHANG 31 : gültig bei Neubau und Sanierungen
- Grenzwerte für Direkteinleitung
 - abfiltrierbare Stoffe 30 mg/l
 - chem. Sauerstoffbedarf CSB 15 mg/l
(Belastung von organischen Stoffen)
- Grenzwerte für Indirekteinleitung: AOX 0,05 mg/l

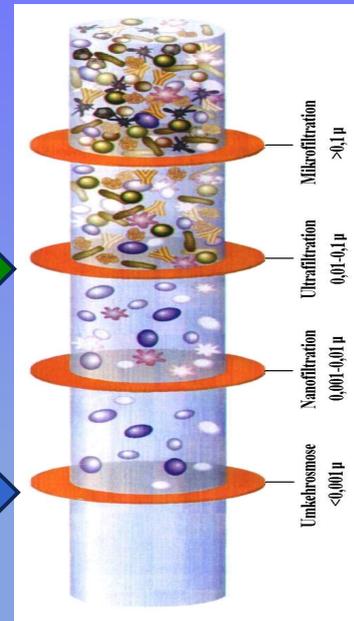
58

58

Abwasseraufbereitung

Die Wasserinhaltsstoffe und Trenngrenzen

-  Suspensierte Partikel
-  Bakterien, Zellen
-  Ölemulsionen
-  Makromoleküle
-  Kolloide, Trübung
-  Viren
-  Proteine
-  Niedermolekulare Organika
-  Ionen



59

59

Abwasseraufbereitung

- Aufbereitung über Sedimentation / Aktiv-Kohlefiltration zur Einleitung in die Vorflut / Regenwasser



60

Abwasseraufbereitung

- zusätzlich: Ultrafiltration ($< 0,1\mu\text{m}$) und Umkehrosmose ($< 0,001\mu\text{m}$) und Rückspeisung in die Becken



61

61

Abwasseraufbereitung

- Einsparungen an Frischwasser bis zu 70%
- Wirtschaftlichkeit je nach Wasser- und Abwasserpreis gegeben
- verschiedene Aufbereitungsstufen nach DIN 19645
 - Typ 1 Füllwasser
 - Typ 2 Reinigungswasser, Toiletten
 - Typ 3 Einleitung in ein Gewässer

62

62



Schwimmbadtechnik

Abwasseraufbereitung

➤ **Beispiel:** 10.000 m³/a Spülabwasser
(4 x Ø 2,20 m)

➤ **Kosten:** 5,- €/m³ = **50.000,- €/a**

➤ **Aufbereitung mit W'grad= 70%, d.h. es werden nur noch 3.000 m³/a benötigt**

➔ **Einsparung:** **35.000,- €/a Wasser**
(80 MWh/a x 125 €/MWh) **10.000,- €/a Wärme**

63

63



Schwimmbadtechnik

Abwasseraufbereitung

Einsparung **45.000,- €/a**

➤ Investkosten: 250.000,- €
Kapitaldienst 20.000,- €/a
W+I (4%) 10.000,- €/a
Personalkosten: 10.000,- €/a
Stromkosten: 3.000,- €/a

➤ **Summe Kosten:** **43.000,- €/a**

64

64

Abwasseraufbereitung-Restwärmenutzung

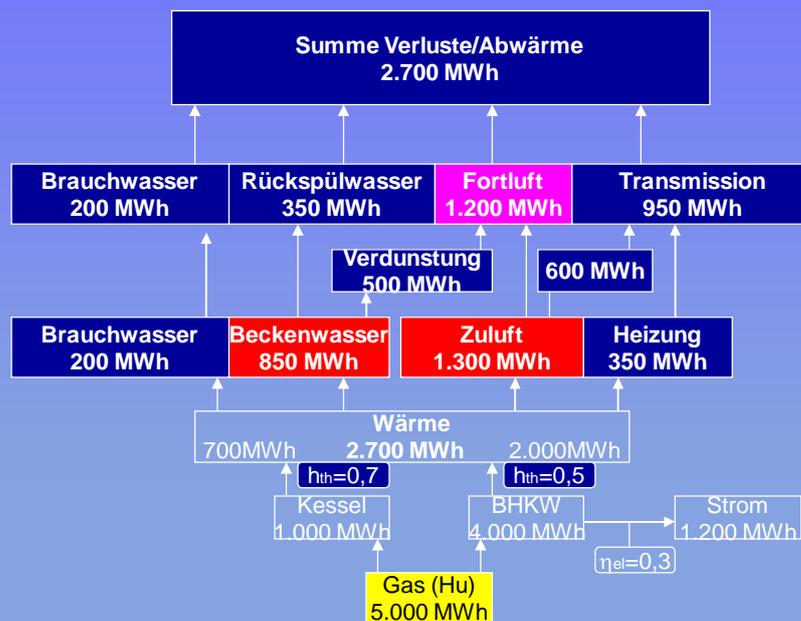
Restmenge von 3.000 m³/a mit abgesenkter Beckentemperatur

- Restenergieinhalt von 52 MWh/a => 6.500,-€/a
- - über Wärmepumpe nutzbar machen , z.B. Beckenerwärmung
- **anrechenbar auf die 65% EE als unvermeidbare Abwärme nach GEG 2024 !**

65

65

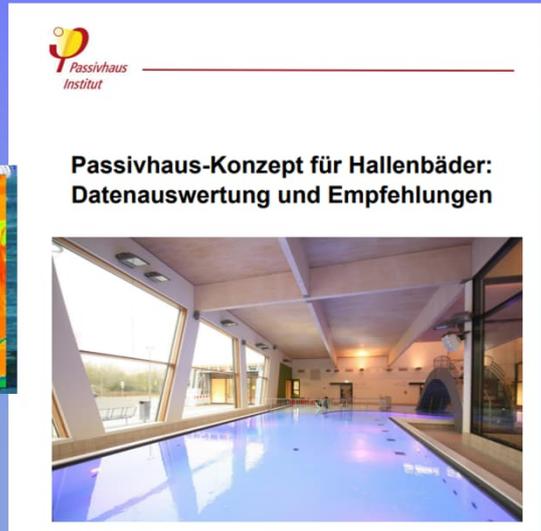
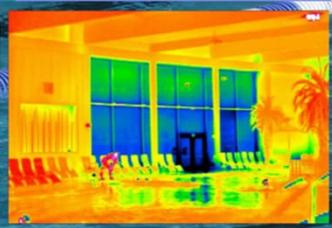
Zusammenfassung



66

66

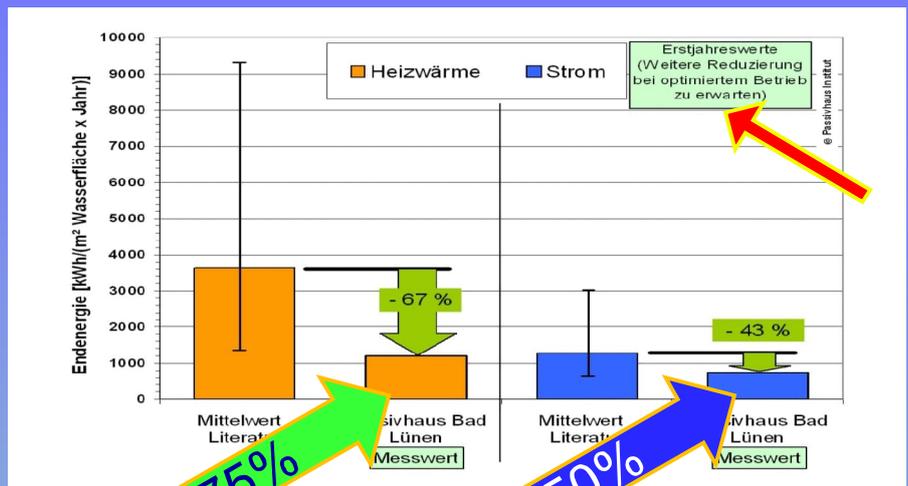
Passiv Haus Schwimmbad



www.passiv.de/hallenbad

69

Passiv Haus Schwimmbad



Verbesserung gegenüber Mittelwerten aus anderen Bädern (immer Abhängig vom Betrieb)

70



Energiesparen in Bädern... es gibt viele, viele Möglichkeiten !!

Dipl.-Ing. Olaf Ahrens

ENERATIO
Alsterdorfer Strasse 276
22297 Hamburg
www.eneratio.de

