

# Betriebskostenoptimierte Technik in Schwimmbädern

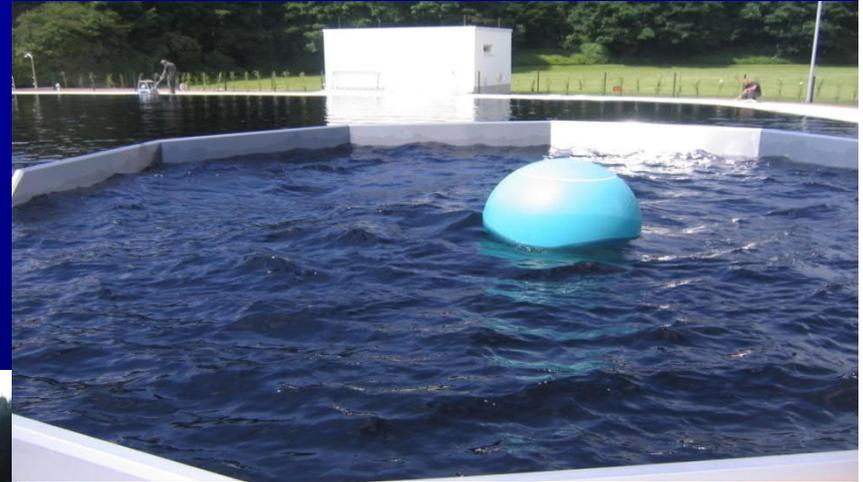


**Dipl. Ing. Olaf Ahrens**

**ENERATIO Ingenieurbüro**



# Freibad



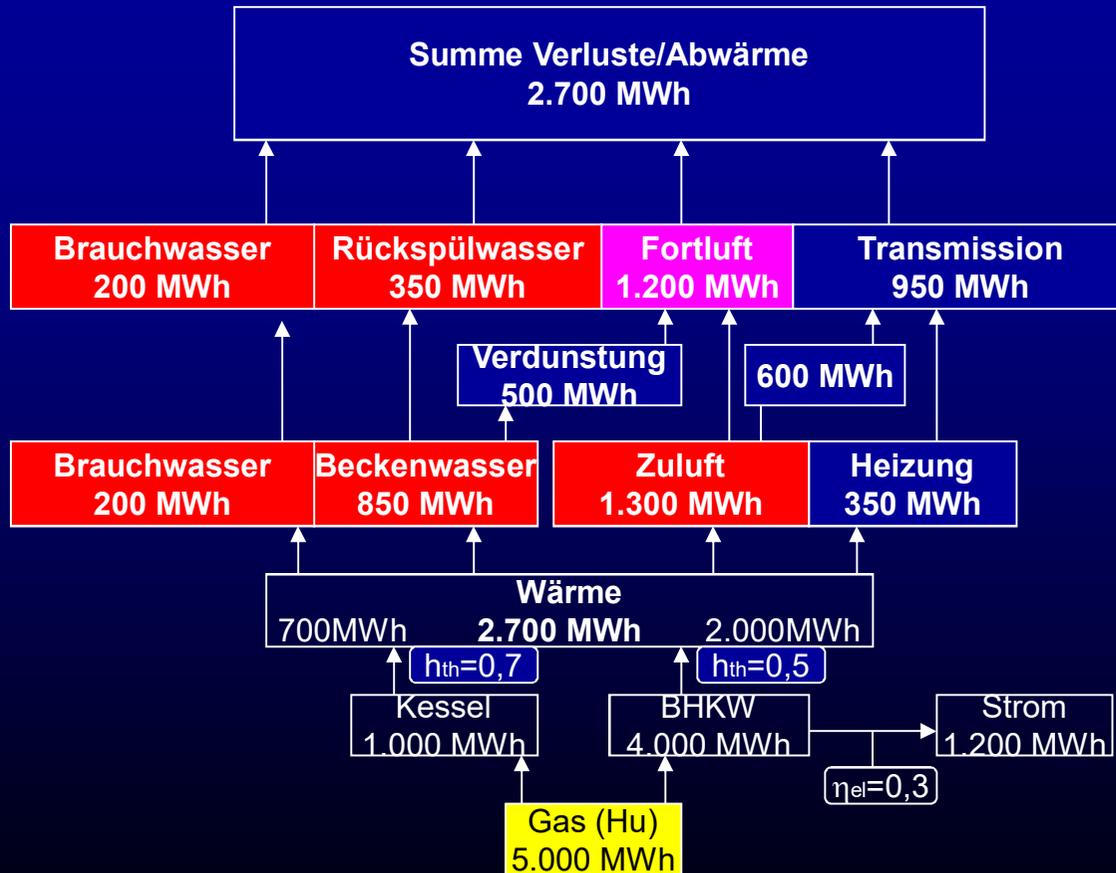


# Hallenbad



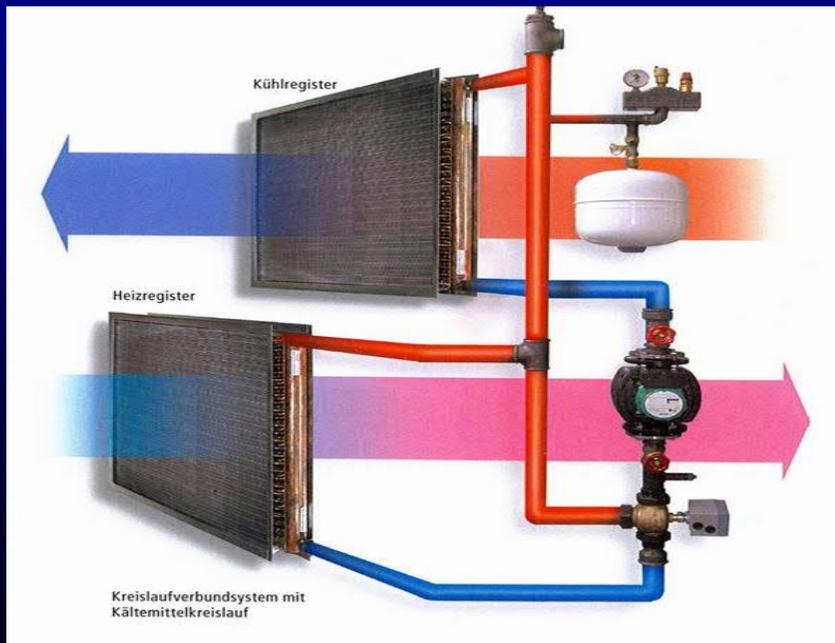
LIPPE BAD LÜNEN

# Energieströme

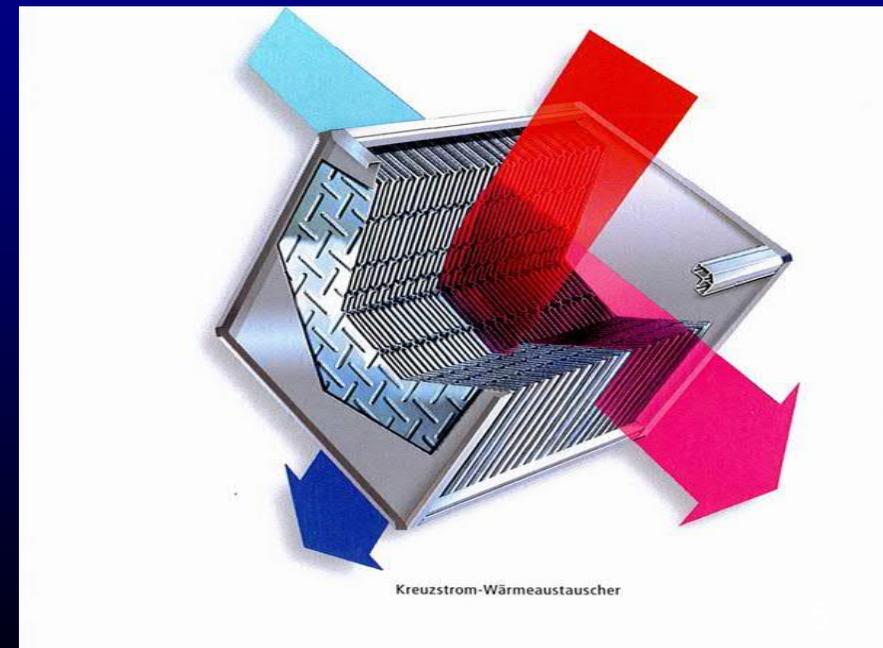


## Wärmerückgewinnung

Kreislaufverbundsystem (40-50%)

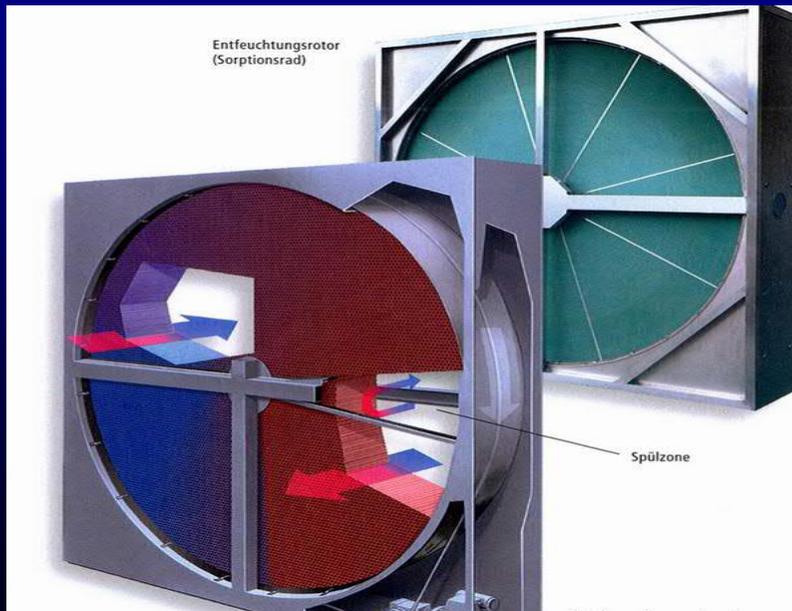


Kreuzstromwärmetauscher (bis 65%)

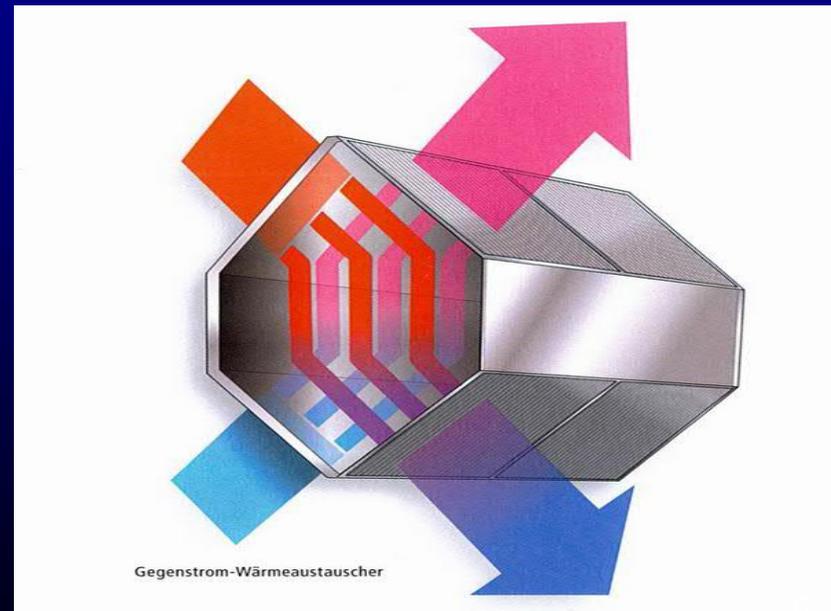


## Wärmerückgewinnung

Rotationswärmetauscher (bis 75%)  
(mit intelligenter Beschichtung)

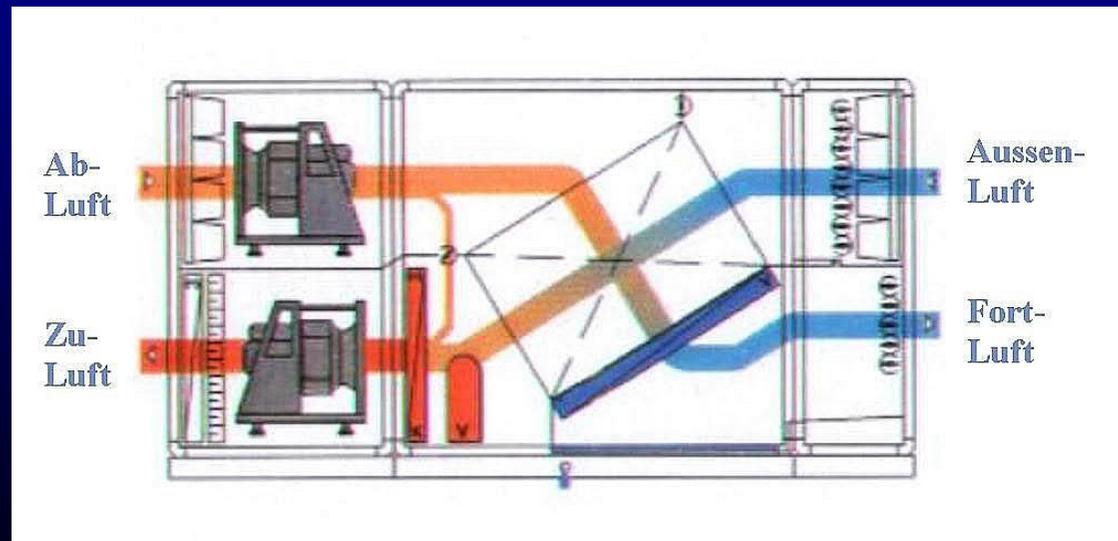


Gegenstromwärmetauscher (bis 90%)



## Wärmerückgewinnung

➤ WRG + Trocknung mit Wärmepumpe



## Wärmerückgewinnung

- Nutzung der Wärme in der Fortluft
- Hallenbad Lüftung: 15.000 m<sup>3</sup>/h  
davon im Mittel 7.000 m<sup>3</sup>/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



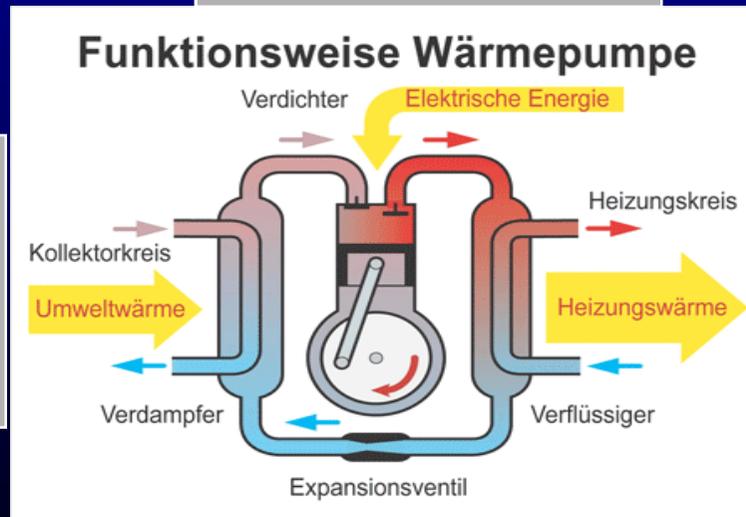
## Wärmerückgewinnung mit Wärmepumpe

Wärmquelle:  
Butter, Milch, etc

Elektro-Input  
11 kW

Wärmabgabe:  
schwarze Gitter

Fortluft  
Verd. 5°C  
45 kW



z.B.  
Beckenwasser  
Kondens. 40°C  
56 kW



# Lüftung

## Wärmerückgewinnung mit Wärmepumpe

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

- Stromkosten: 11 kW x 4.200 h/a x 18 Ct/kWh  
= 8.300,- €/a
- Investkosten 40T€ ⇒ Kapitalkosten 3.800,- €/a
- Wartung & Instandhaltung 4% 2.000,- €/a
- Summe Kosten 14.100,- €/a
  
- Wärmegewinn: (bei 35°C)  
56 kW x 4.200 h/a x 65 €/MWh = 15.200,- €/a  
(z.B. für Beckenwasser, BWW)



# Lüftung



## Umbau

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

**vorher**



**nachher**



## 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



# Lüftung





# Lüftung



## 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 fahren als im Freizeitbad
- max. Feuchte wird vom Baukörper vorgegeben !
- Bereiche anderer Nutzung sollten klimatisch getrennt werden (z.B. Gastronomie)

## Optimierungspotentiale

- Lüftungskanäle isolieren, wenn sie durch Bereiche anderer Temperaturen laufen
  - Technikräume und Keller be- und entlüften, auch wenn es Energie kostet
- ➔ Vermeidung von Korrosion, bessere Arbeitsbedingungen

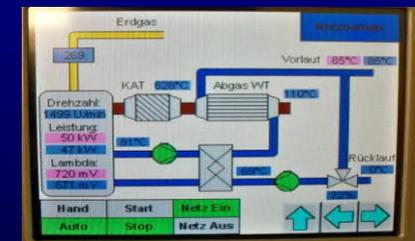
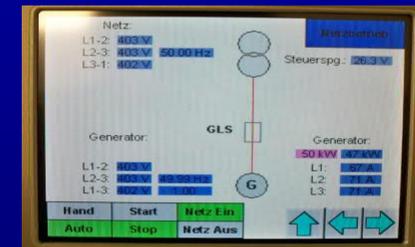
## Wärmeerzeugung

- Gas-/Öl- Kessel (immer Brennwert)



## Wärmeerzeugung

➤ BHKW (bei Ganzjahresbetrieb)





# BHKW

- Wärmebedarf: 1.200 MWh/a
- Strombedarf: 500 MWh/a

<b>Gas</b>	5	Ct/kWh Ho
entspricht		
<b>Wärmepreis</b>	6,54	Ct/kWh
<b>Strom</b>		
Arbeitspreis	18	Ct/kWh
Leistungspreis	25	€/kW

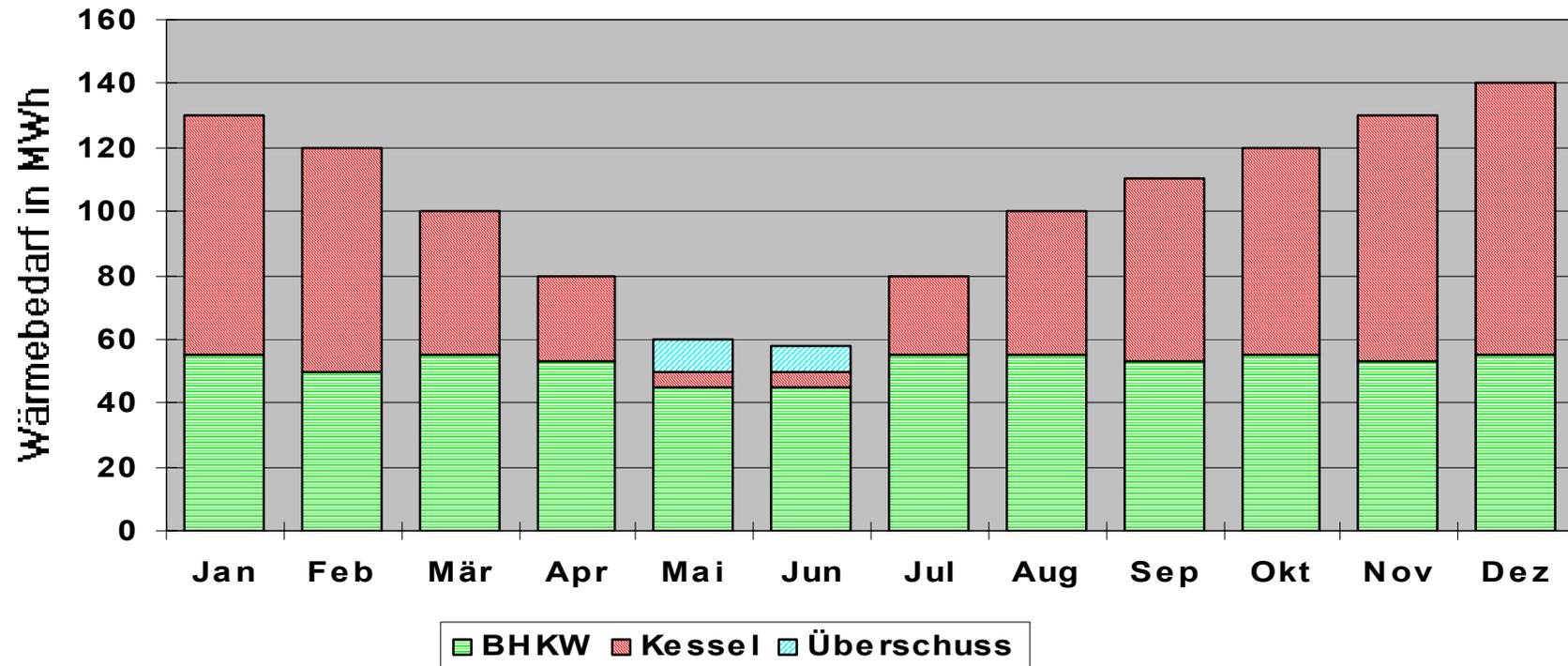
Wärmekosten zum Vergleich: 78.000,- €/a<sup>21</sup>



# BHKW

50 kW el. / 80 kW th.

## Wärmebedarfsdeckung





Investitionskosten:

**160.000,- € (ohne Förderung)**

- Kapitalkosten (3%, 15a): 15.000,- €/a
- Unterhaltungskosten (W+I): 10.000,- €/a
- Brennstoffkosten: 95.000,- €/a

Betriebskosten: 120.000,- €/a



# BHKW

Erlöse durch Elektroerzeugung (bei Eigenverbrauch):  
vermiedene Bezugskosten -60%EEG + KWK  
(18 -3,6 + 4 Ct/kWh) 63.000,- €/a

- Wärme-Restkosten: 57.000,- €/a
- Vergleichspreis(HEUTE): 78.000,- €/a

**ERSPARNIS 21.000,- €/a**

## Wärmeerzeugung

- Solarabsorber  
(je kälter das Beckenwasser, desto besser der Wirkungsgrad)
- Globalstrahlung im Sommer (Badesaison)  
ca .5 kWh/m<sup>2</sup>,d
- Wirkungsgrad: 30-35%



## Freibadheizung mit einfachem Absorber

Voraussetzung:

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

Bäderland Hamburg: 9.200 m<sup>2</sup>

in 8 Bädern seit 1989

- **Invest: 70-100 €/m<sup>3</sup>**



## Wärmeerzeugung

- Solarkollektor  
(erzeugt höhere Temperaturen)

### Anwendung:

- Brauchwarmwasserbereitung
- Raumheizung (selten)
- Schwimmbaderwärmung



## Hallenbad

➤ 20 Duschen

### Auslegung:

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



## Auslegung:

- 75m<sup>2</sup> Fläche
- Wärmebedarf 200 MWh/a,  
davon 35 MWh/a durch Solar  
(17,5%)
- **Invest: 50.000,- €**
- **Ersparnis: 2.300,- €/a (65,- €/MWh)**





# 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



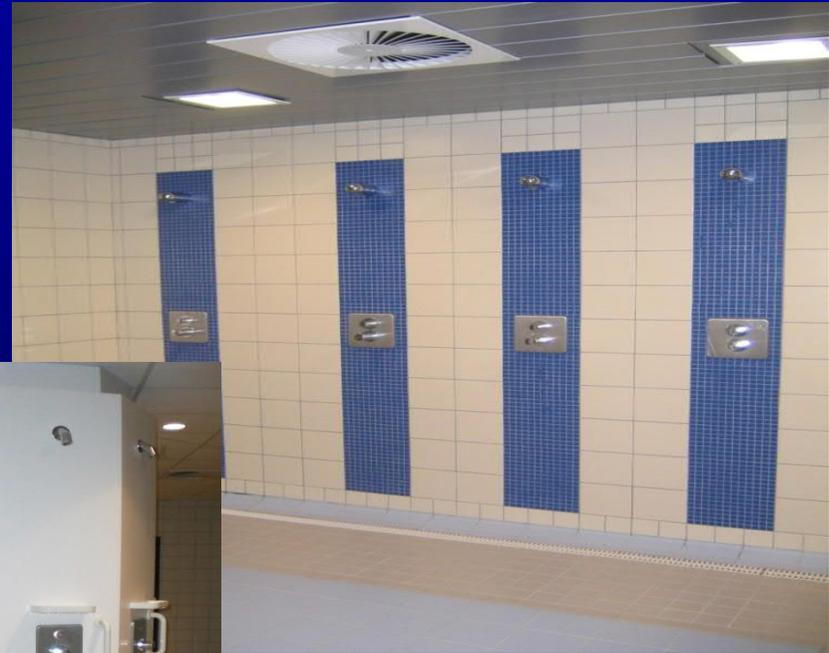
## Trinkwasser

- Duschmenge:  
6 / 9 / 12 Liter/min
- Speichergröße: 1,5 – 5 m<sup>3</sup>
- Schichtenspeicher mit externen Ladesystem
- Umbau von BWW Speichern zu  
Heizwasserspeichern zur Leistungsreduzierung





# Sanitär



## Trinkwasser -Legionellen

- kurze Rohrleitungen
- keine Stichleitungen
- Armaturen mit zentraler Steuerung
- thermische Desinfektion (mit Protokoll)
- chemische Desinfektion (keine Dauerlösung)



## Trinkwasser -Legionellen

- Ultrafiltration am FW Hauseingang



Lumen = Lichtstrom

Lux=Lichtstrom / m<sup>2</sup>

## Beleuchtung

➤ Wirkungsgrad:

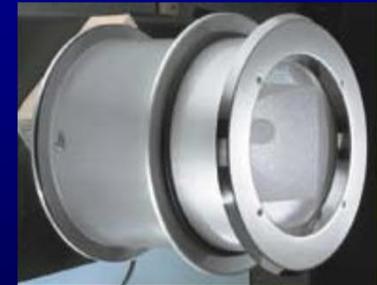
- Glühlampe: 12 lm/Watt
- Niedervolt Halogen: 18 lm/Watt
- Leuchtstoffröhren: 90 lm/Watt
- Metaldampf-Halogen: 100 lm/Watt
- (Power-) LED: 80-130 lm/Watt



## Beleuchtung

➤ Unterwasserscheinwerfer: **1.000 lm/m<sup>2</sup>WF**

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



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





# Elektrotechnik

## LED-Beleuchtung

1. Durchreiche: 160 W , 28.000 lm  
175 lm/Watt



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



## Photovoltaik

Beispiel: 100 kW el. , netto

Betriebszeit: 850 Vh/a

Stromerzeugung: 85.000 kWh/a

CO<sub>2</sub> Einsparung: 50 t/a

Investitionskosten: 1.200,- €/kW el.

120.000,- €



## Photovoltaik



Quelle: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, Fraunhofer ISE, Fassung vom 6.1.2019

## Photovoltaik

Kapitalkosten: 8.800,- €/a

(4%, 20 Jahre = 7,5 %)



Vergütung nach EEG (ab 01.01.2019):

am Gebäude: 9,96 Ct/kWh

(bei Freiflächenanlagen nur 7,93 Ct/kWh)

Erlös: 8.460,- €/a

## Photovoltaik

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



## Photovoltaik

Kapitalkosten: 8.800,- €/a  
(4%, 20 Jahre)



vermiedener Bezug :  
15,0 Ct/kWh (incl 60% EEG)

Erlös: 12.750,- €/a

## Aufbereitung

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





# Schwimmbadtechnik

## Druckfiltration

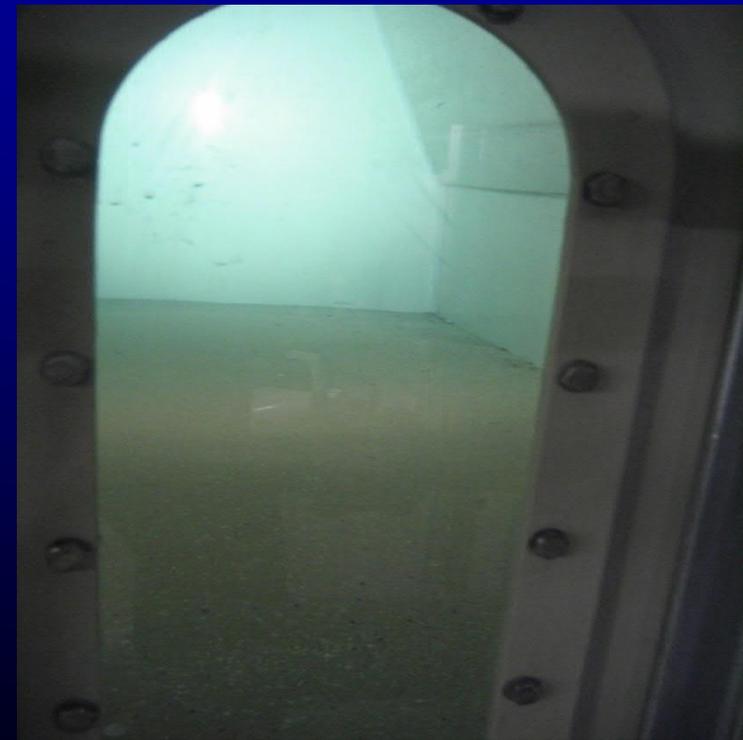




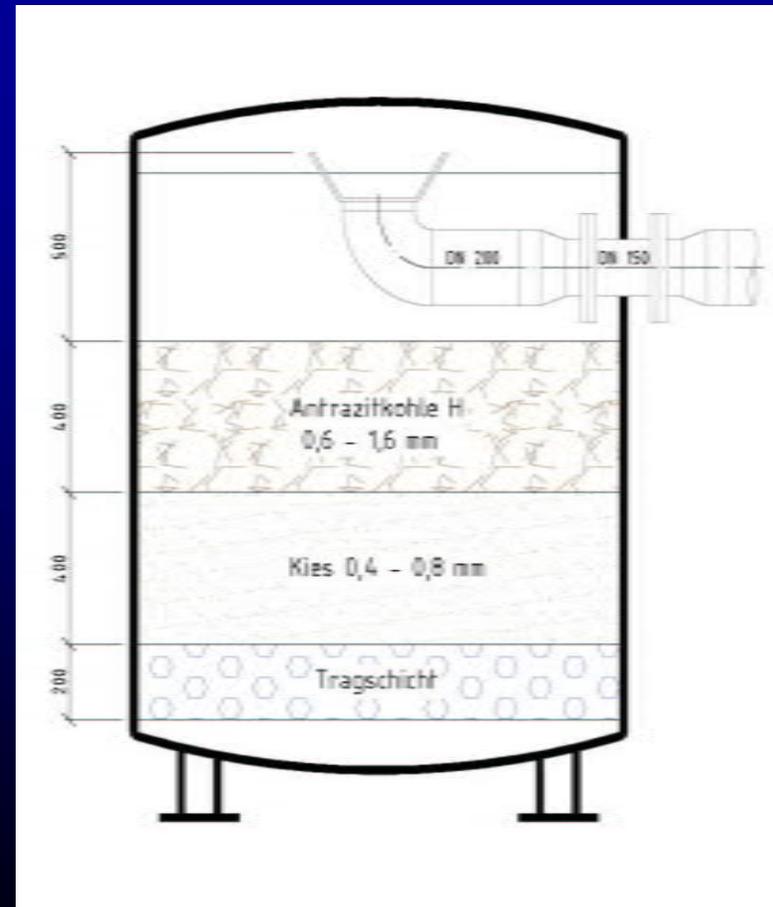
# Schwimmbadtechnik



## Niederdruckfiltration



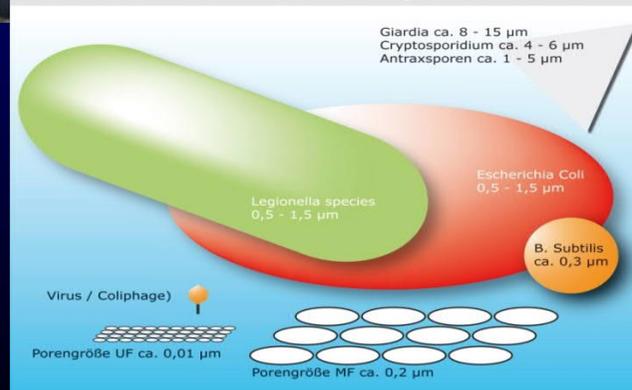
Korngrößen  
aufeinander abstimmen!





## Ultrafiltration

Ultrafiltration (UF) und Microfiltration (MF) im Größenvergleich mit bekannten Wasserkeimen

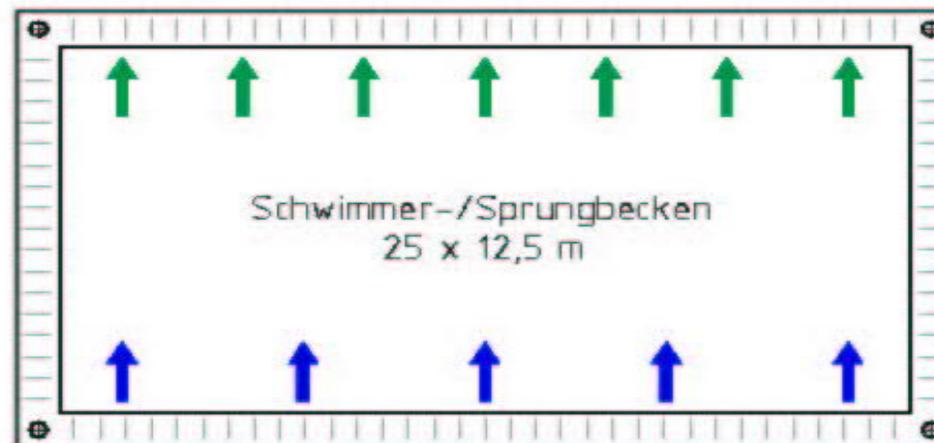


## Beckensanierung

- Bestandsaufnahme
- Färbetest
- Gespräche mit dem Betriebspersonal
- Umbau der Beckenhydraulik auf Horizontaldurchströmung
- Erstellen zusätzlicher Rinnenabläufe, um 100% Überlauf zu gewährleisten

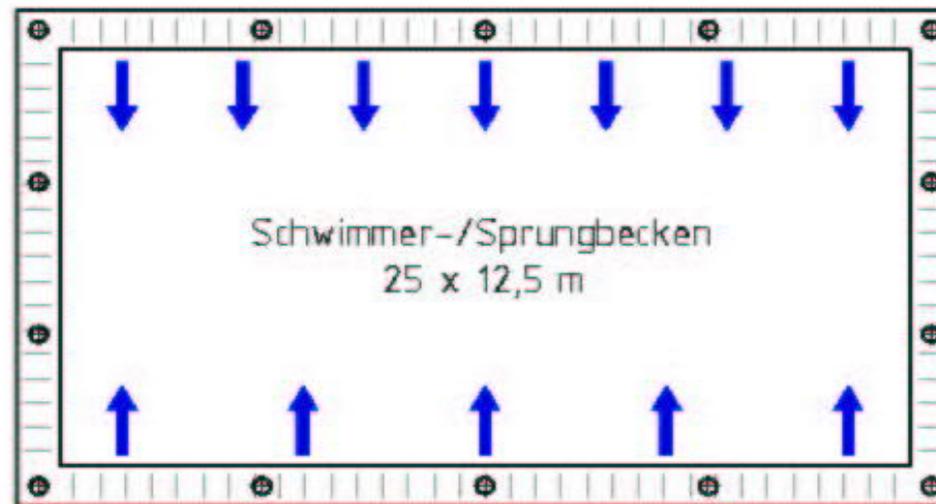


VORHER

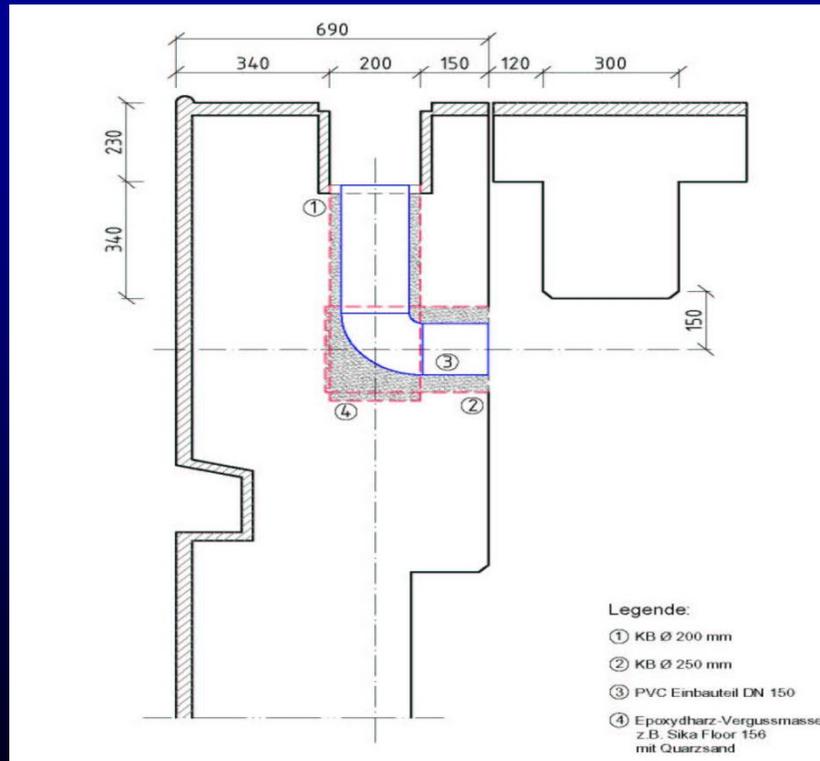


- 5 x Reinwasserzulauf
- 7 x Rohwasserabsaugung
- 4 x Rinnenablauf DN 150

NACHER

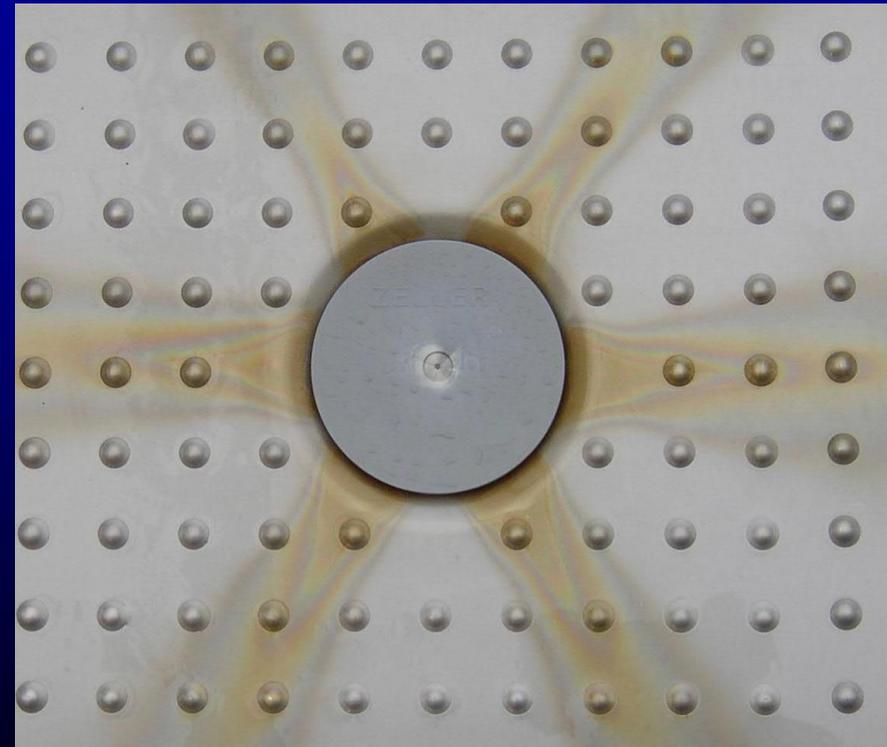
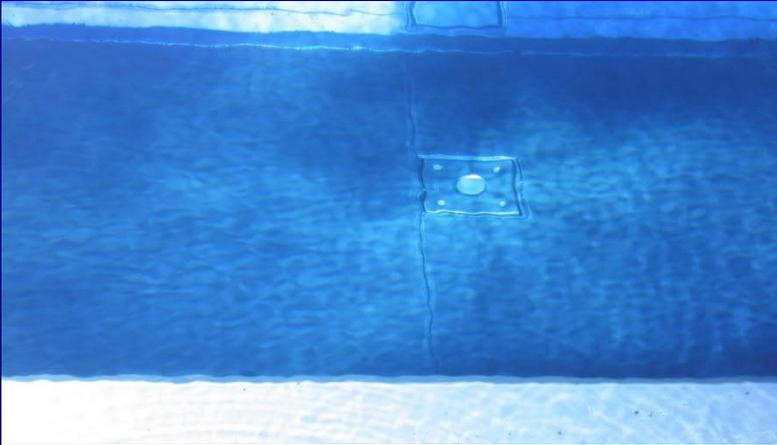


12 x Reinwasserzulauf  
14 x Rinnenstutzen DN 150





# Schwimmbadtechnik



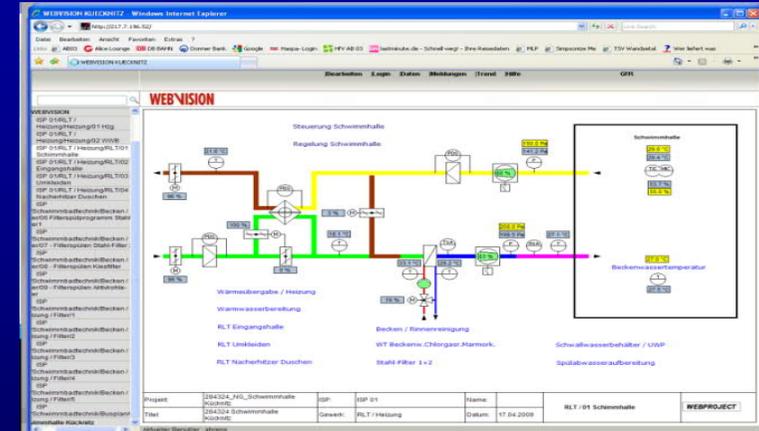
- Umwälzleistungsreduzierung in Schwachlastzeiten durch Frequenzumformer (Permanentmagnet-Motoren mit FU)
- Personenerfassung im Becken durch LASER-SCAN-TECHNIK





# MSR- Technik

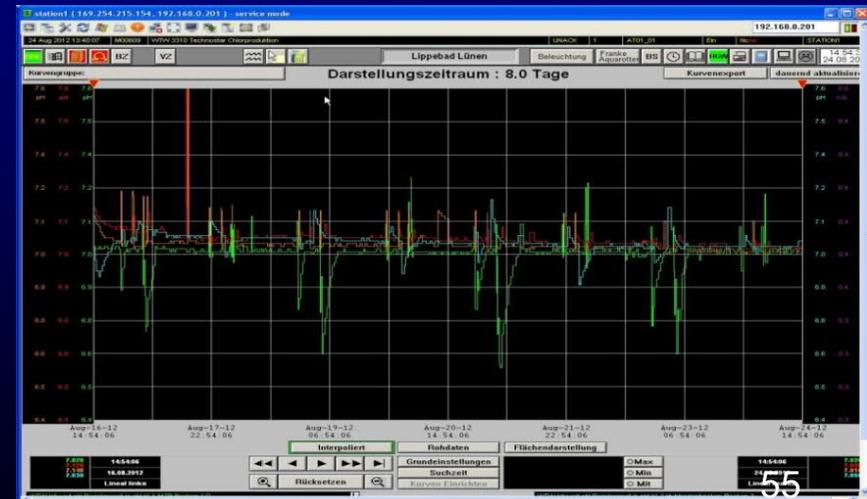
- automatische Filterspülung außerhalb der Betriebszeiten
- Steuerung der Attraktionen / Spitzenlastaussteuerung
- Überwachung von IST-Werten und Verbräuchen (Min./Max. ALARMMELDUNG)





# MSR- Technik

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



## Abdeckung von Außenbecken

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



## Abdeckung von Außenbecken

### ➤ Bauart:

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





# Schwimmbadtechnik

## Abdeckung von Außenbecken

- Beispiel: **Ganzjahresbecken 175 m<sup>2</sup>, 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 65 €/MWh Wärme = 29.250,- €/a**
- **Kosten:**  
Personal, W+I, Kapitalkosten = **15.000,- €/a**



# Schwimmbadtechnik

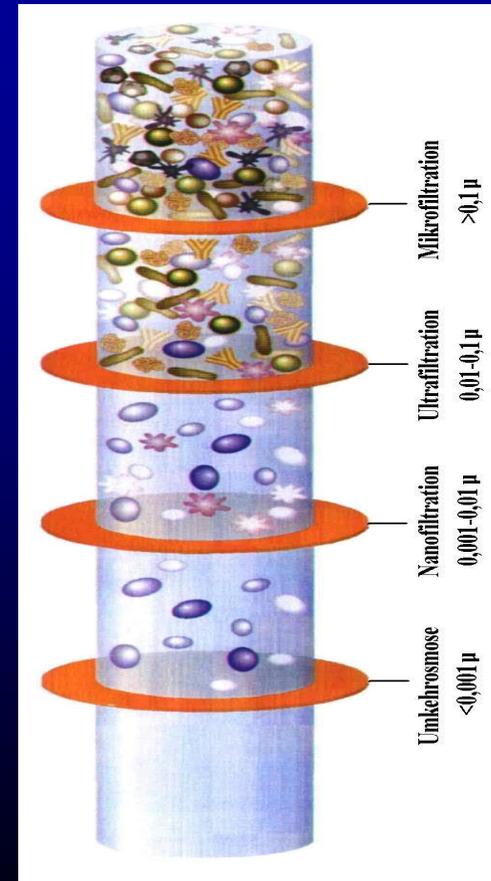
## Abwasseraufbereitung

- wasserrechtliche Erlaubnis nach Abwasserverordnung ANHANG 31 : gültig bei Neubau und Sanierungen
- Grenzwerte für Direkteinleitung
  - abfiltrierbare Stoffe 50 mg/l
  - chem. Sauerstoffbedarf CSB 30 mg/l  
(Belastung von organischen Stoffen)
- Grenzwerte für Indirekteinleitung: AOX 0,2 mg/l<sup>59</sup>

## Abwasseraufbereitung

### Die Wasserinhaltsstoffe und Trenngrenzen

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



## Abwasseraufbereitung

- Aufbereitung über Sedimentation / Aktiv-Kohlefiltration zur Einleitung in den Vorfluter/Regenwasser



## Abwasseraufbereitung

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





# Schwimmbadtechnik

## 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



# Schwimmbadtechnik

## Abwasseraufbereitung

➤ **Beispiel:** 10.000 m<sup>3</sup>/a Spülabwasser  
(4 x Ø 2,20 m)

➤ **Kosten:** 5,- €/m<sup>3</sup> = **50.000,- €/a**

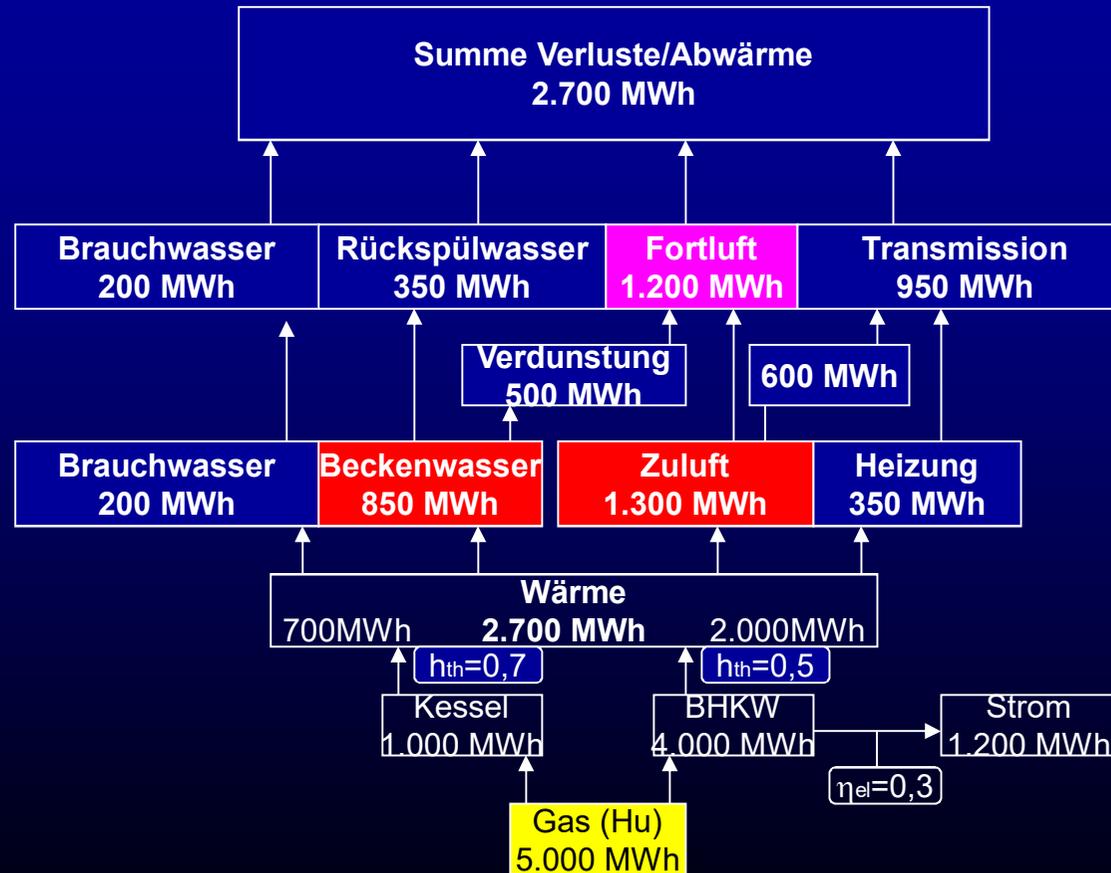
➤ **Aufbereitung mit W'grad= 70%, d.h. es werden  
nur noch 3.000 m<sup>3</sup>/a benötigt**

➔ **Einsparung:** **35.000,- €/a Wasser**  
**(160 MWh/a x 65 €/MWh)** **10.400,- €/a Wärme**

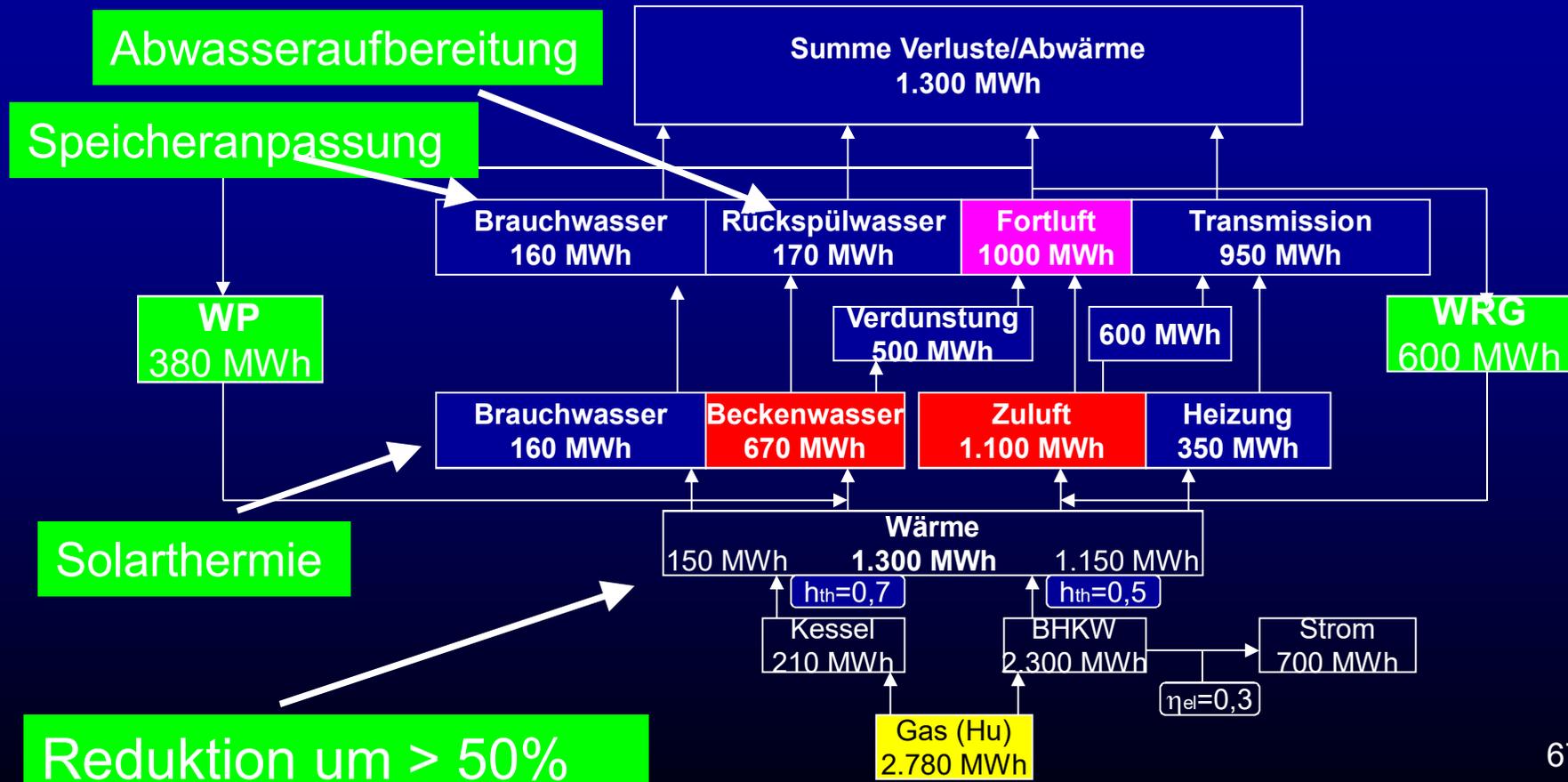
## Abwasseraufbereitung

<b>Einsparung</b>	<b>45.000,-</b>	<b>€/a</b>
➤ <u>Investkosten:</u>	<u>200.000,-</u>	<u>€</u>
Kapitaldienst	20.000,-	€/a
W+I (4%)	8.000,-	€/a
Personalkosten:	10.000,-	€/a
Stromkosten:	2.000,-	€/a
➤ <b>Summe Kosten:</b>	<b>40.000,-</b>	<b>€/a</b>

# Zusammenfassung



# Zusammenfassung





# Passiv Haus Schwimmbad

Integrale Planung für die Realisierung eines öffentlichen Hallenbades mit Konzepten der Passivhaustechnologie  
Endbericht

## Integrale Planung für die Realisierung eines öffentlichen Hallenbades mit Konzepten der Passivhaustechnologie

Endbericht Lünen, Dezember 2011

Autorinnen und Autoren:

Dipl.-Ing. Olaf Ahrens (ENERATIO Ingenieurbüro für rationellen Energieeinsatz GbR, Hamburg)  
Dipl.-Ing. Stefan Beckert (CONSTRATA, Ingenieur-Gesellschaft mbH, Bielefeld)  
Dipl.-Ing. Thomas Franke (Ingenieursozietät Schürmann – Kindmann und Partner GbR, Dortmund)  
MPhys. Jessica Grove-Smith (Passivhaus Institut, Darmstadt)  
Dipl.-Ing., Architekt Andreas Hitz (nps tohoban voss GmbH & Co.KG, Hamburg)  
Dipl.-Ing. Wolfgang Horstmann (Ingenieurbüro für Akustik und Lärm-Immissionsschutz, Hagen)  
Dipl.-Phys. Oliver Kah (Passivhaus Institut, Darmstadt)  
Dr.-Ing., Dipl.-Ing. Gerd Koch (Bädergesellschaft Lünen mbH, Stadtwerke Lünen GmbH, Lünen)  
Dr.-Ing. Benjamin Krick (Passivhaus Institut, Darmstadt)  
Dipl.-Ing. Uwe Ostermann (Ostermann Ingenieur-Büro für Tragwerksplanung, Lünen)  
Dipl.-Ing. Sören Peper (Passivhaus Institut, Darmstadt)  
Dipl.-Ing. Markus Pöter (Ingenieursozietät Schürmann – Kindmann und Partner GbR, Dortmund)  
Dipl.-Ing. Tanja Schulz (Passivhaus Institut, Darmstadt)  
Dipl.-Ing. Frank Bramey (Stapelmann & Barmey AG, Architekten und Ingenieure, Schalksmühle)



## Monitoring Passivhaus-Hallenbad Lippe-Bad Lünen



Auftraggeber:  
Bädergesellschaft Lünen



Mit Förderung durch das  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit



August 2013

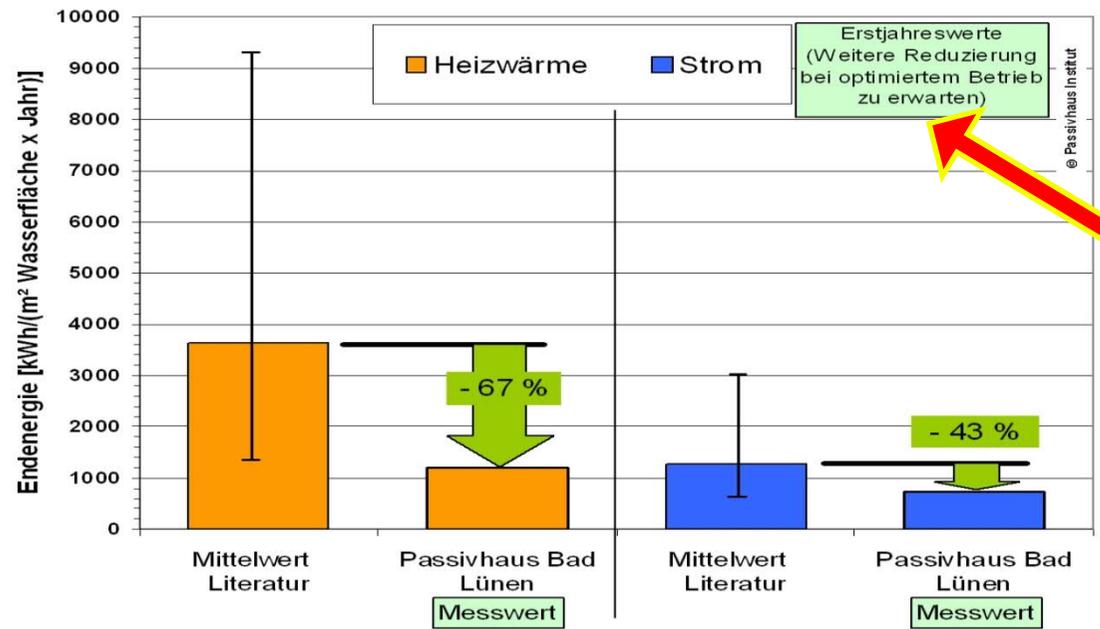


# Passiv Haus Schwimmbad



[https://passiv.de/de/05\\_service/03\\_fachliteratur/](https://passiv.de/de/05_service/03_fachliteratur/)

# Passiv Haus Schwimmbad



Verbesserung ggü. Mittelwerten aus anderen Bädern  
(immer Abhängig vom Betrieb)



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

**Dipl.-Ing. Olaf Ahrens**

**ENERATIO**  
Alsterdorfer Strasse 276  
22297 Hamburg  
[www.eneratio.de](http://www.eneratio.de)

