

Betriebskostenoptimierte Technik in Schwimmbädern

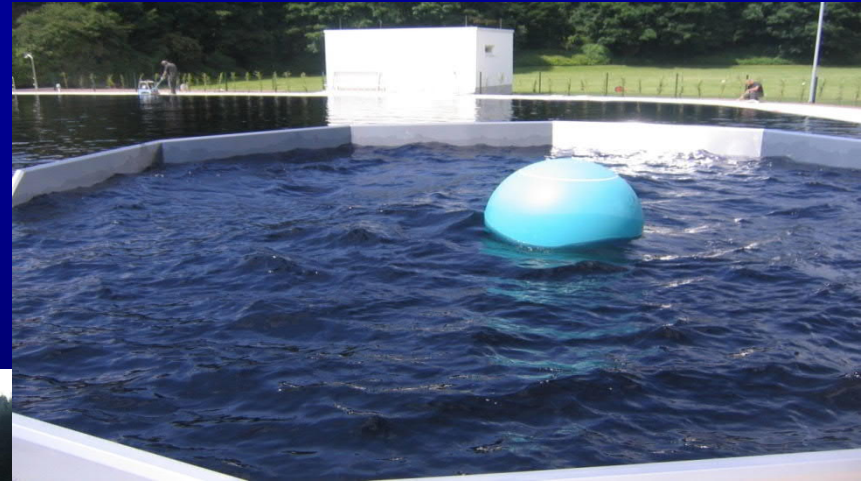
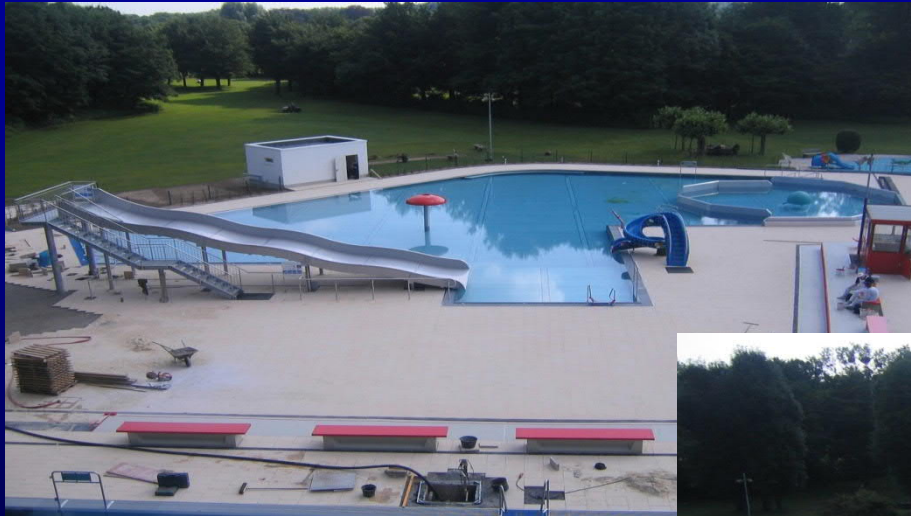


Dipl. Ing. Olaf Ahrens

ENERATIO Ingenieurbüro

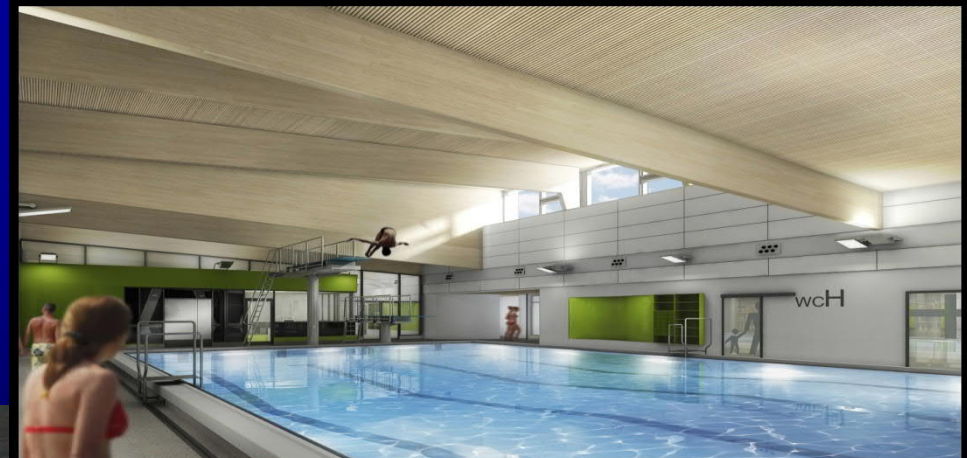


Freibad

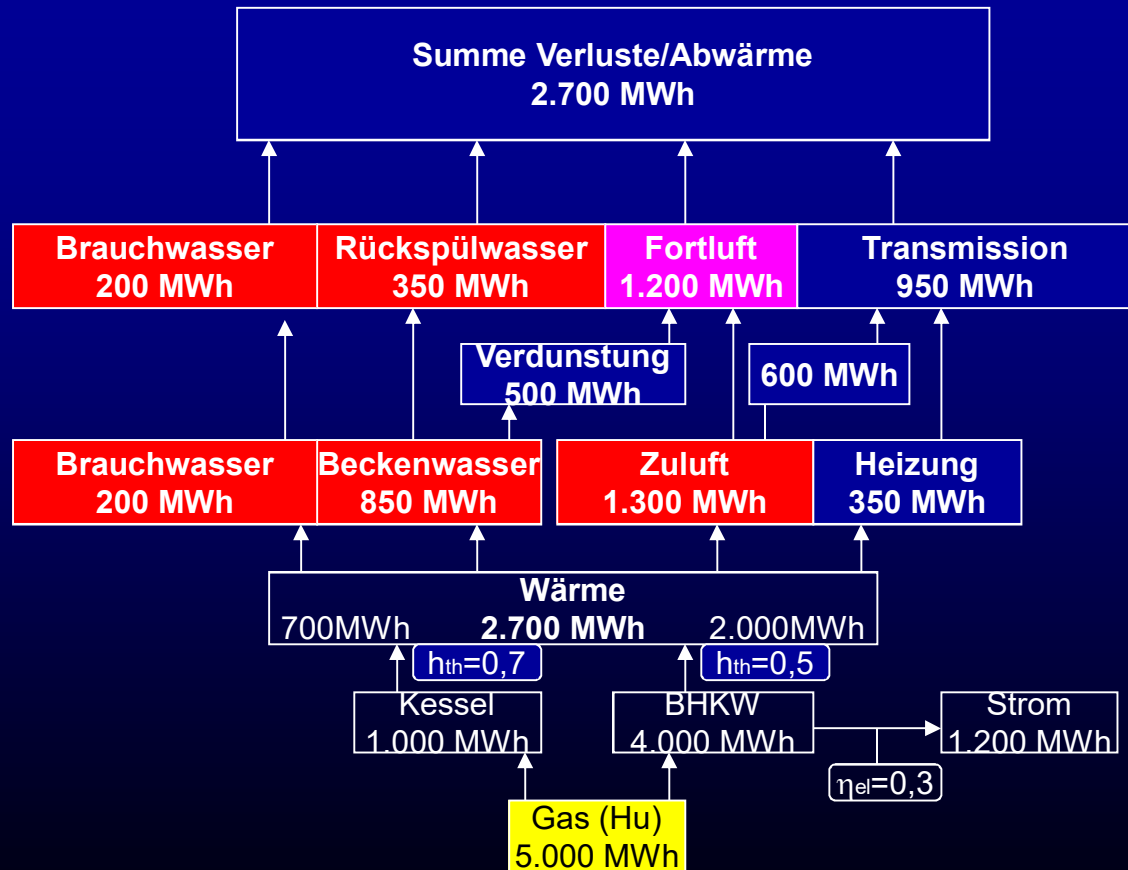




Hallenbad

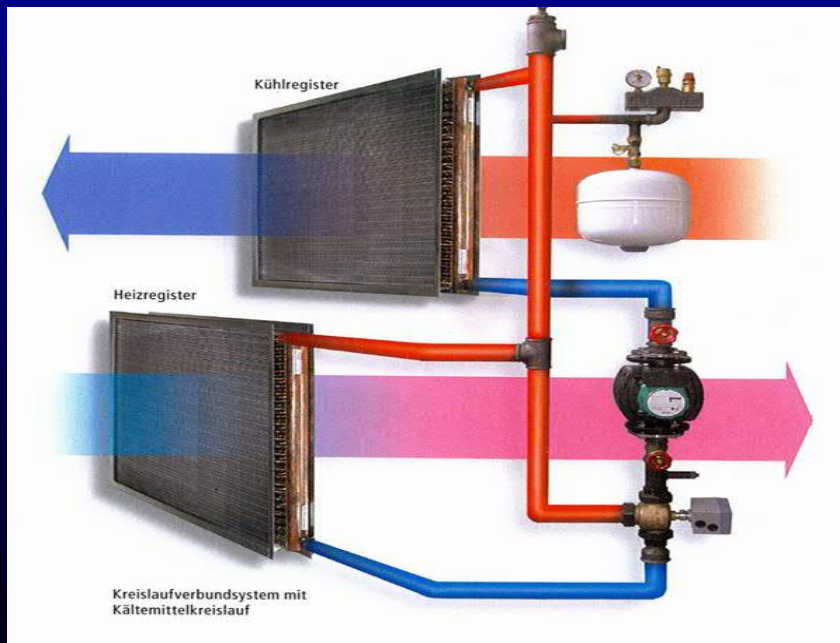


Energieströme

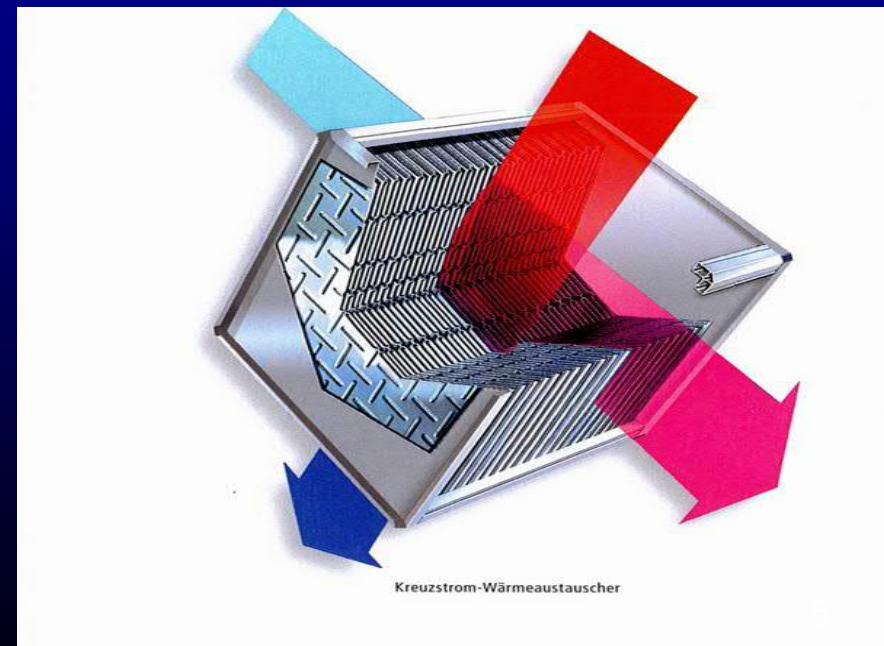


Wärmerückgewinnung

Kreislaufverbundsystem (40-50%)

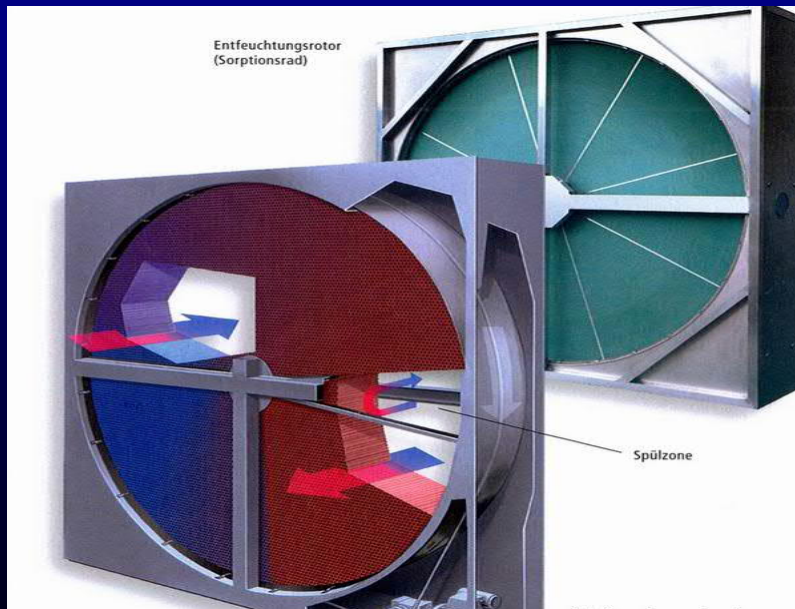


Kreuzstromwärmetauscher (bis 65%)



Wärmerückgewinnung

Rotationswärmetauscher (bis 75%)
(mit intelligenter Beschichtung)

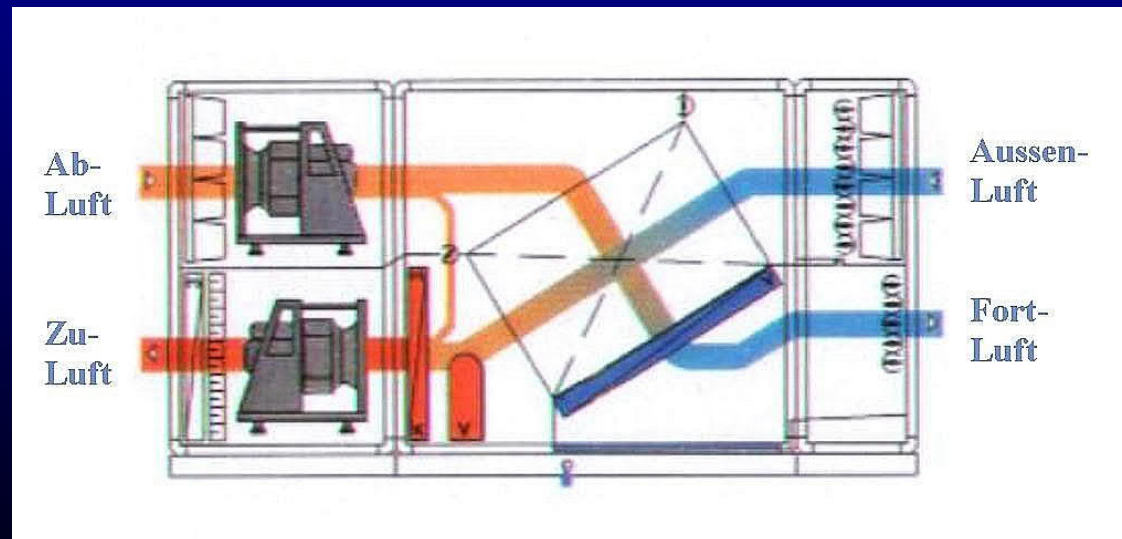


Gegenstromwärmetauscher (bis 90%)



Wärmerückgewinnung

➤ WRG + Trocknung mit Wärmepumpe



Wärmerückgewinnung

- Nutzung der Wärme in der Fortluft
- Hallenbad Lüftung: 15.000 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



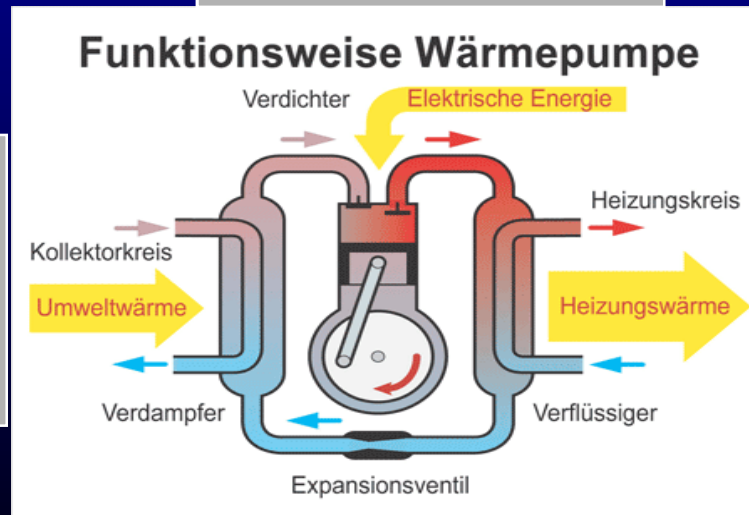
Wärmerückgewinnung mit Wärmepumpe

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 „engesammelt“ 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

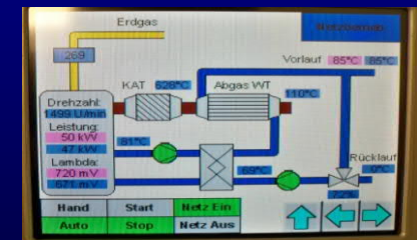
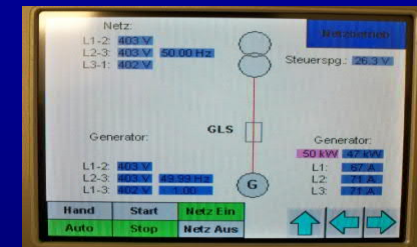
Wärmeerzeugung

- Gas-/Öl- Kessel (immer Brennwert)



Wärmeerzeugung

➤ BHKW (bei Ganzjahresbetrieb)





BHKW

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

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

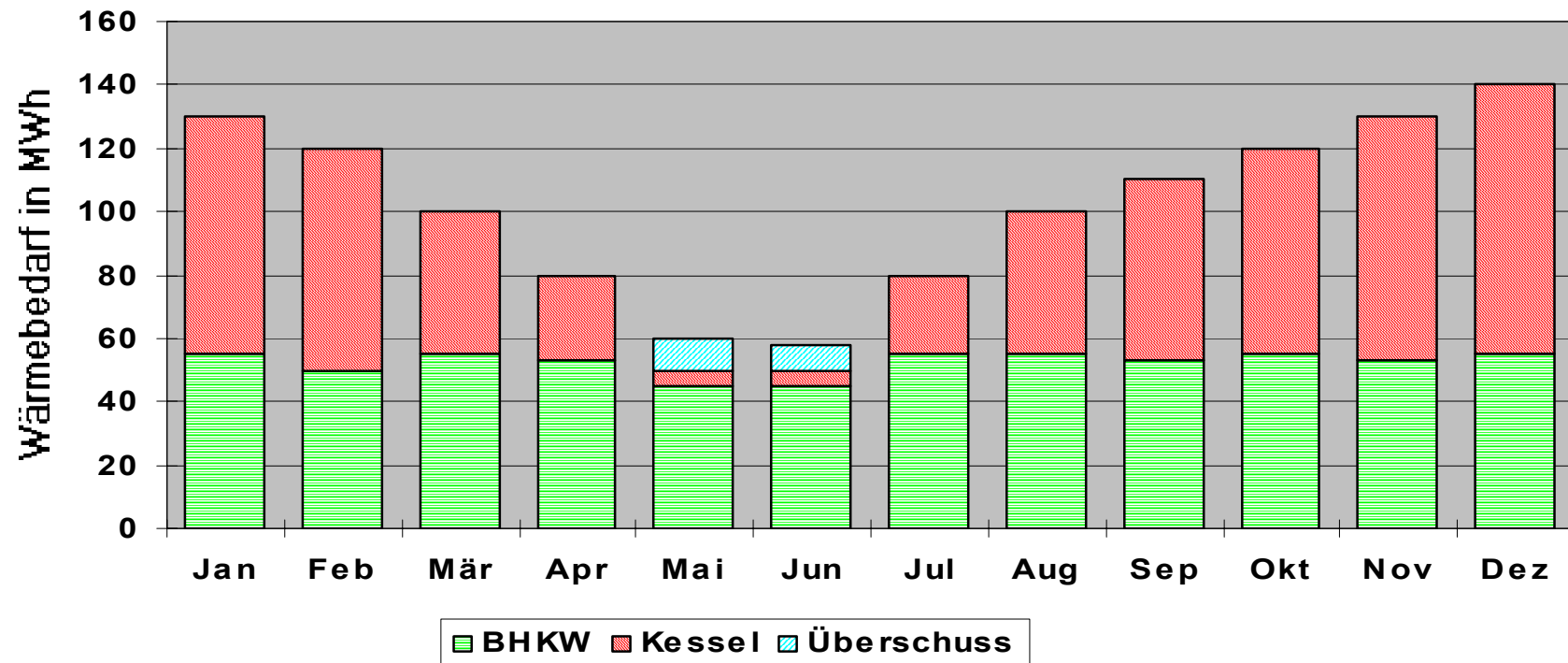
Wärmekosten zum Vergleich: 78.000,- €/a²¹



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/m²,d
- Wirkungsgrad: 30-35%



Freibadheizung mit einfachem Absorber

Voraussetzung:

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

Bäderland Hamburg: 9.200 m²

in 8 Bädern seit 1989

- **Invest: 70-100 €/m³**



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:

- 75m² 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



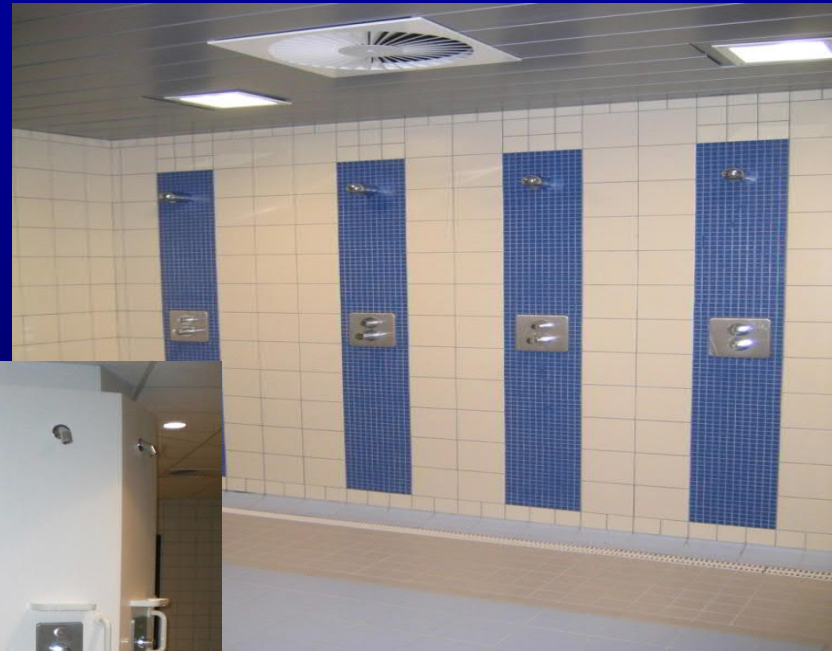
Trinkwasser

- Duschmenge:
6 / 9 / 12 Liter/min
- Speichergröße: 1,5 – 5 m³
- 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 / m²

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/m²WF**

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

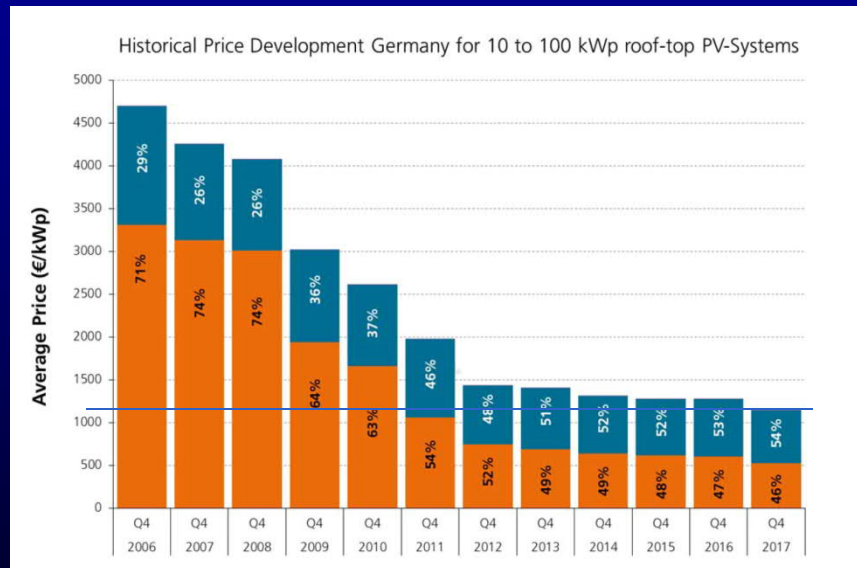
CO₂ Einsparung: 50 t/a

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

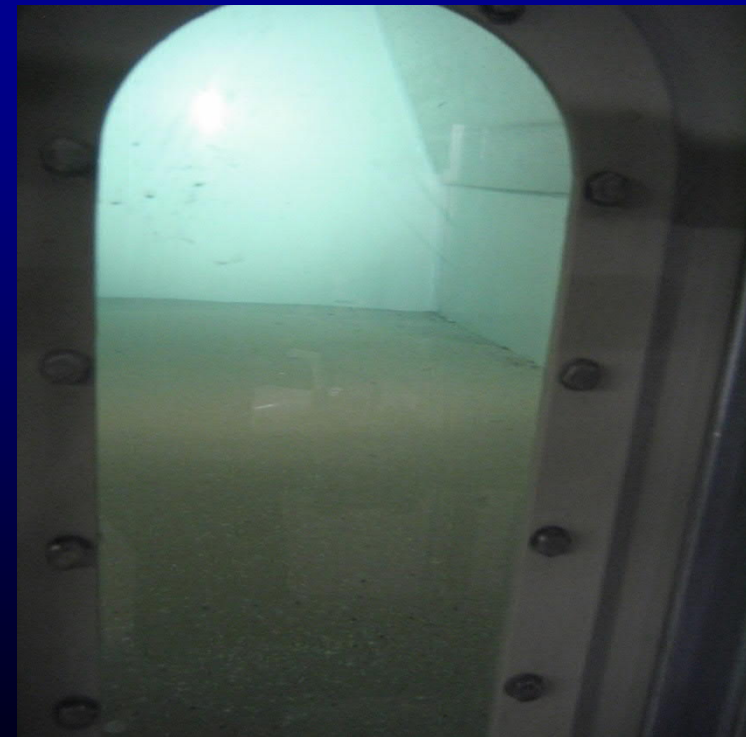




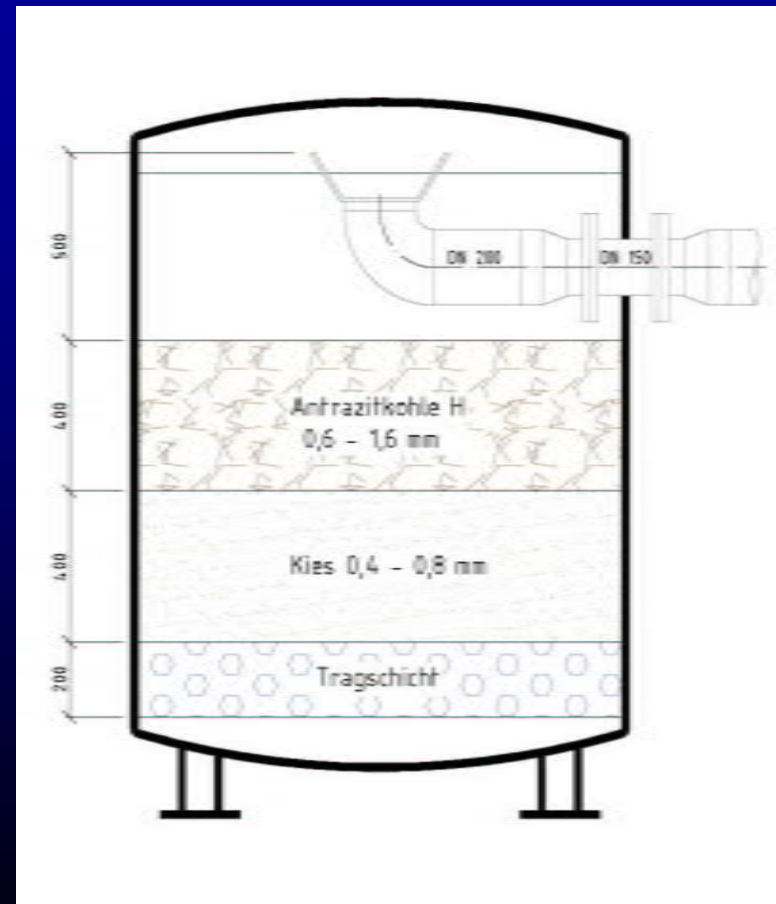
Schwimmbadtechnik



Niederdruckfiltration



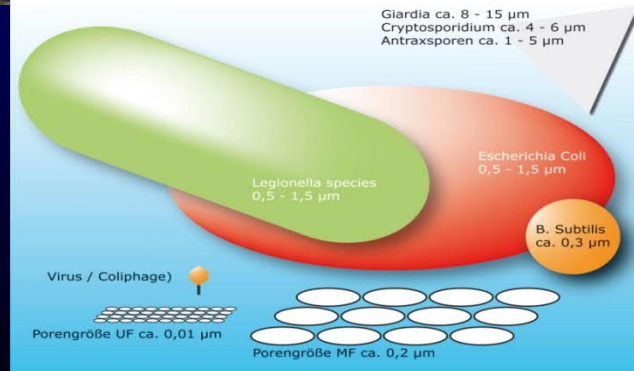
Korngrößen
aufeinander abstimmen!





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

Ultrafiltration

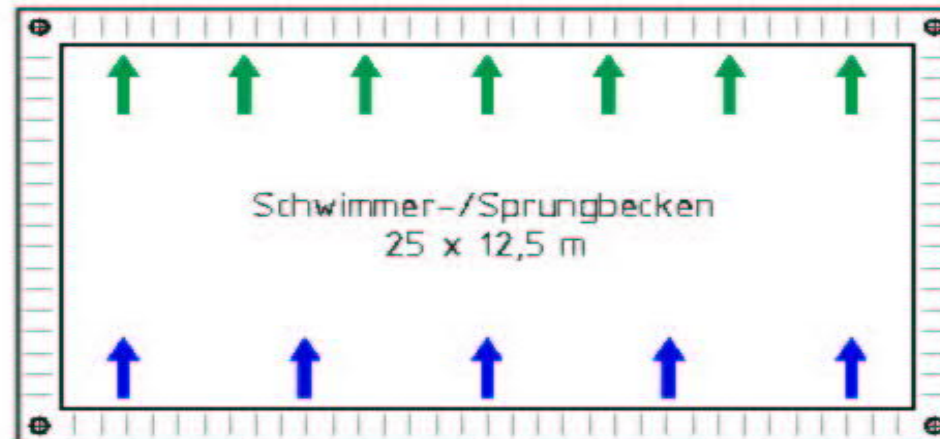


Beckensanierung

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

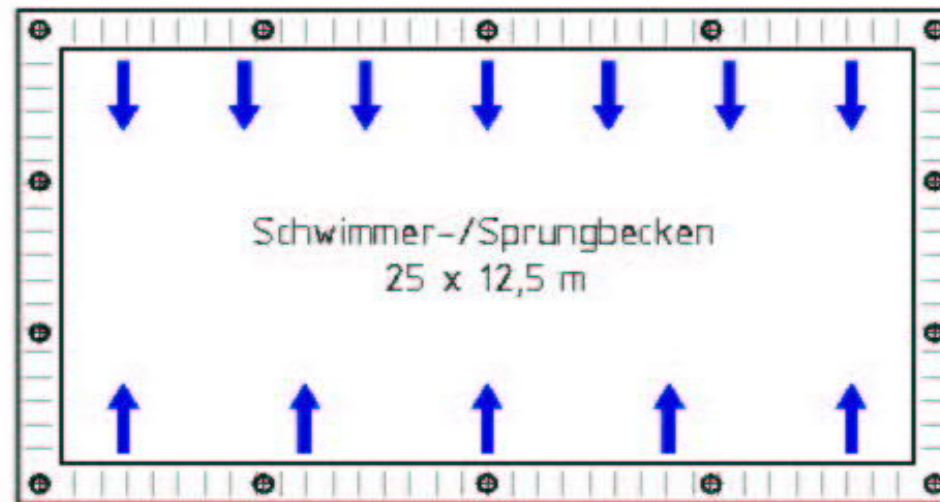


VORHER

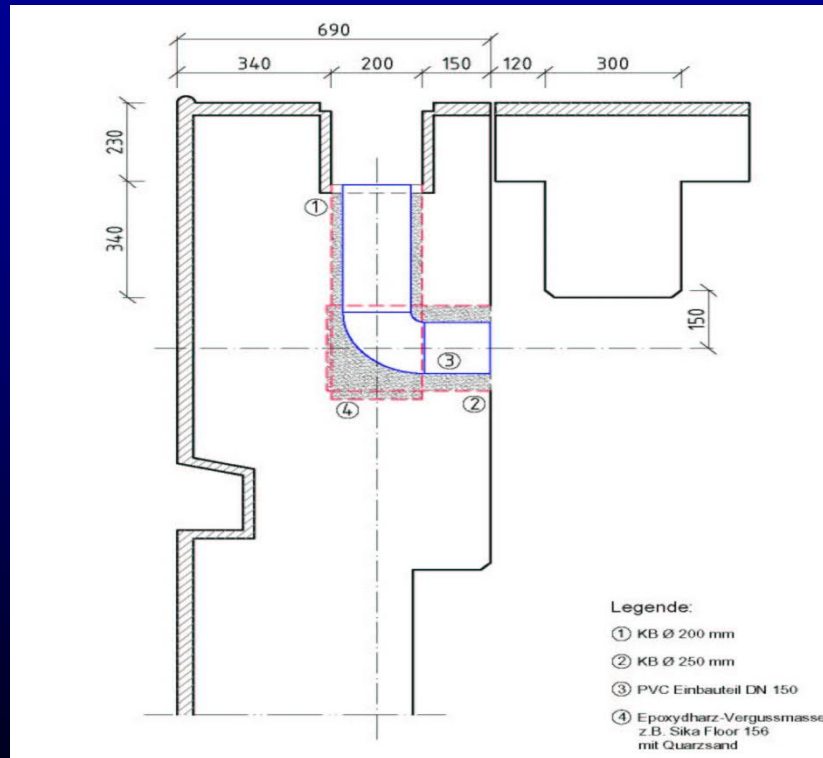


- 5 x Reinwasserzulauf
- 7 x Rohwasserabsaugung
- 4 x Rinnenablauf DN 150

NACHER

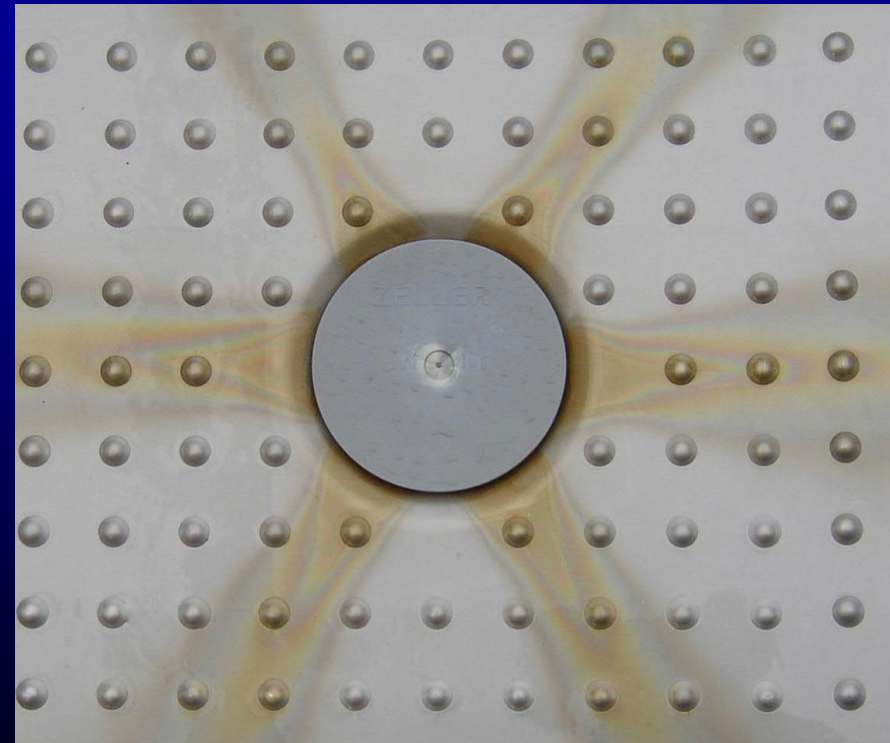
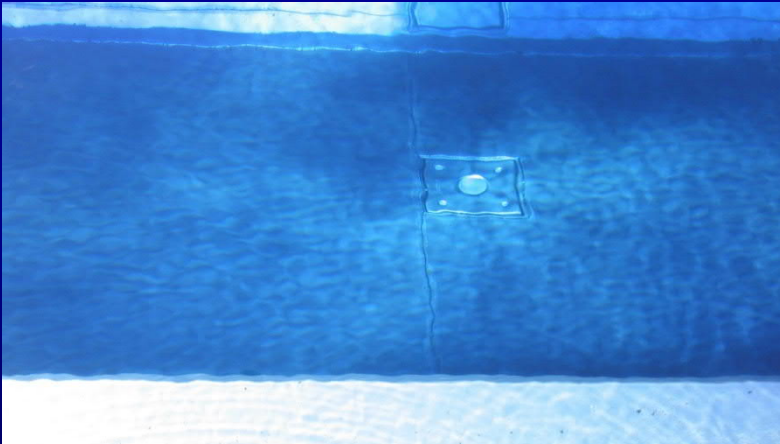


12 x Reinwasserzulauf
14 x Rinnenstutzen DN 150





Schwimmbadtechnik



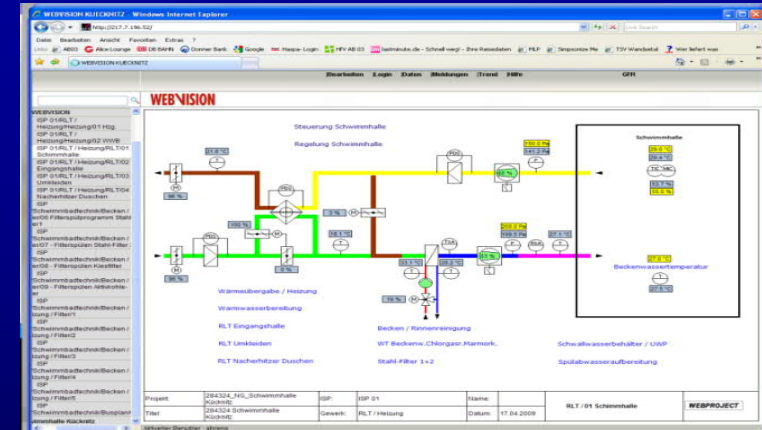
- Umwälzleistungsreduzierung in Schwachlastzeiten durch Frequenzumformer (Permanentmagnet-Motoren mit FU)
- Personenerfassung im Becken durch LASER-SCAN-TECHNIK





MSR- Technik

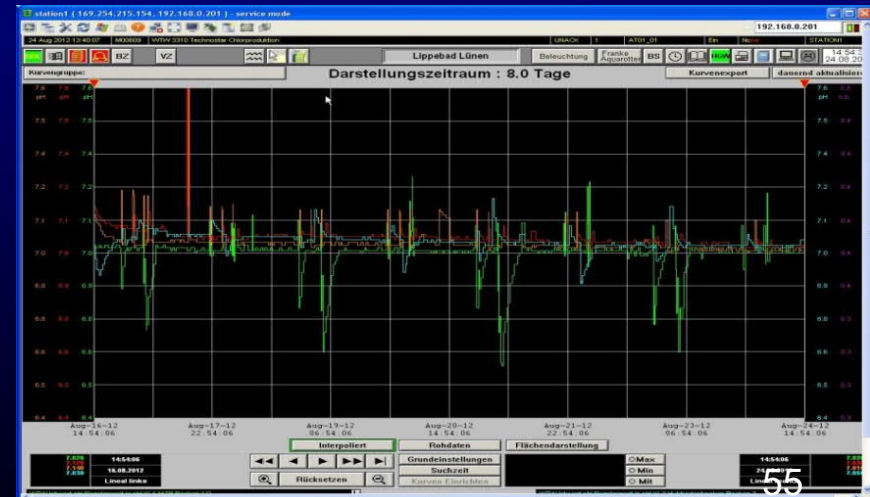
- automatische Filterspülung außerhalb der Betriebszeiten
- Steuerung der Attraktionen / Spitzenlastaussteuerung
- Überwachung von IST-Werten und Verbräuchen (Min./Max. ALARMMELDUNG)





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 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 65 €/MWh Wärme = 29.250,- €/a**
- **Kosten:**
Personal, W+I, Kapitalkosten = **15.000,- €/a**



Schwimmbadtechnik

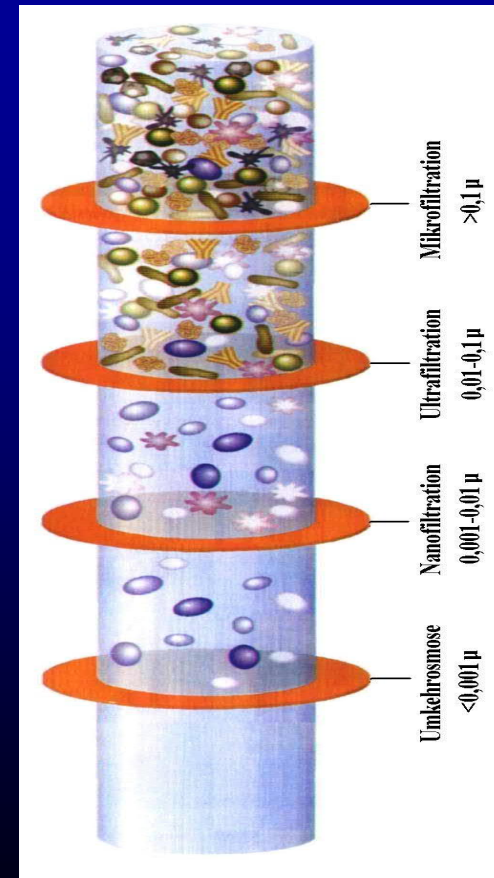
Abwasseraufbereitung

- 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/l⁵⁹

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 m³/a Spülabwasser
(4 x Ø 2,20 m)

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

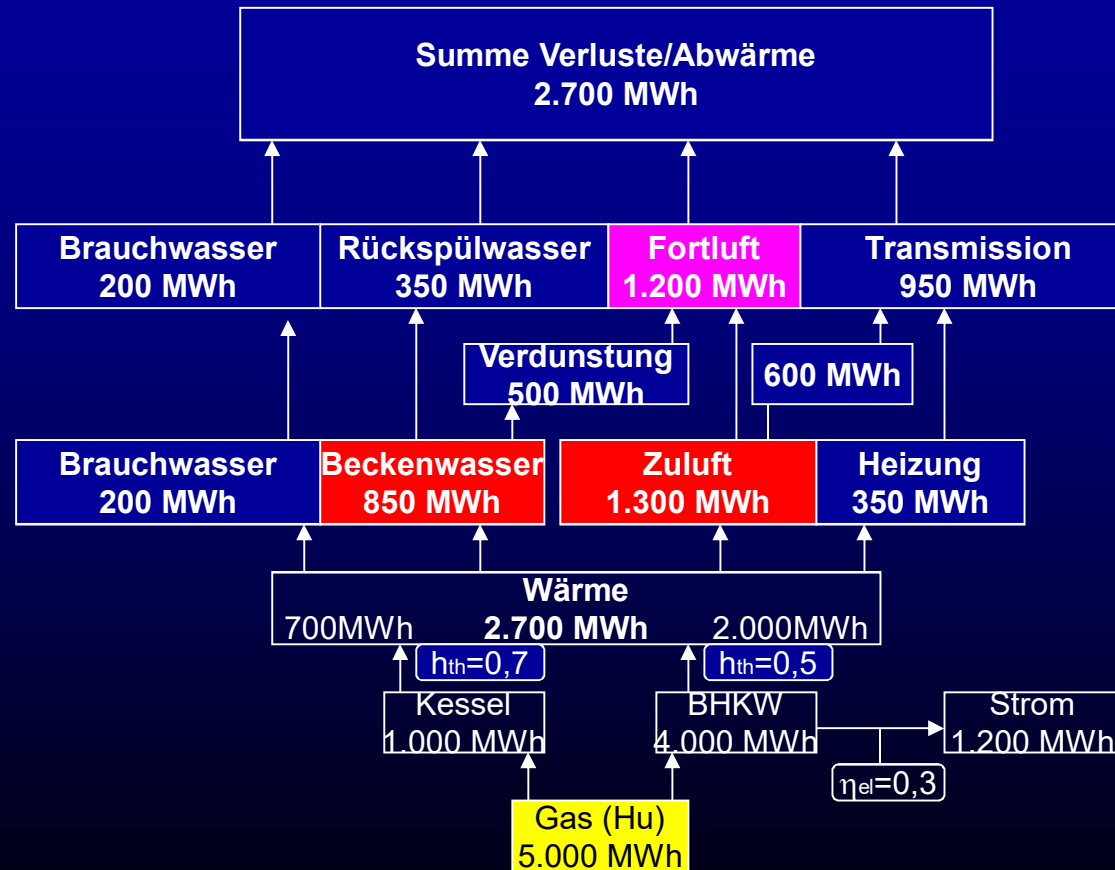
➤ **Aufbereitung mit W'grad= 70%, d.h. es werden
nur noch 3.000 m³/a benötigt**

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

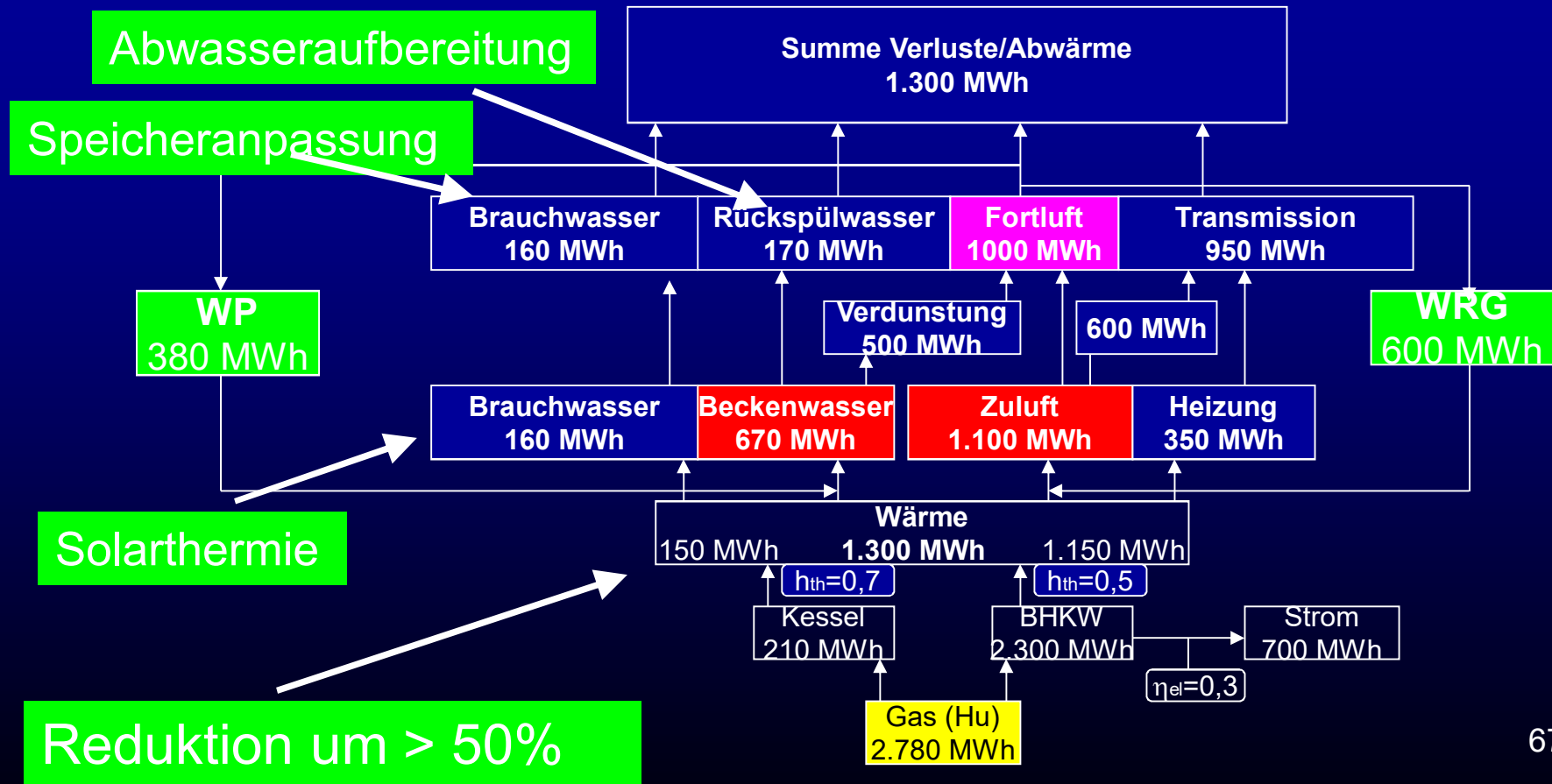
Abwasseraufbereitung

Einsparung	45.000,-	€/a
➤ <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
➤ Summe Kosten:	40.000,-	€/a

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



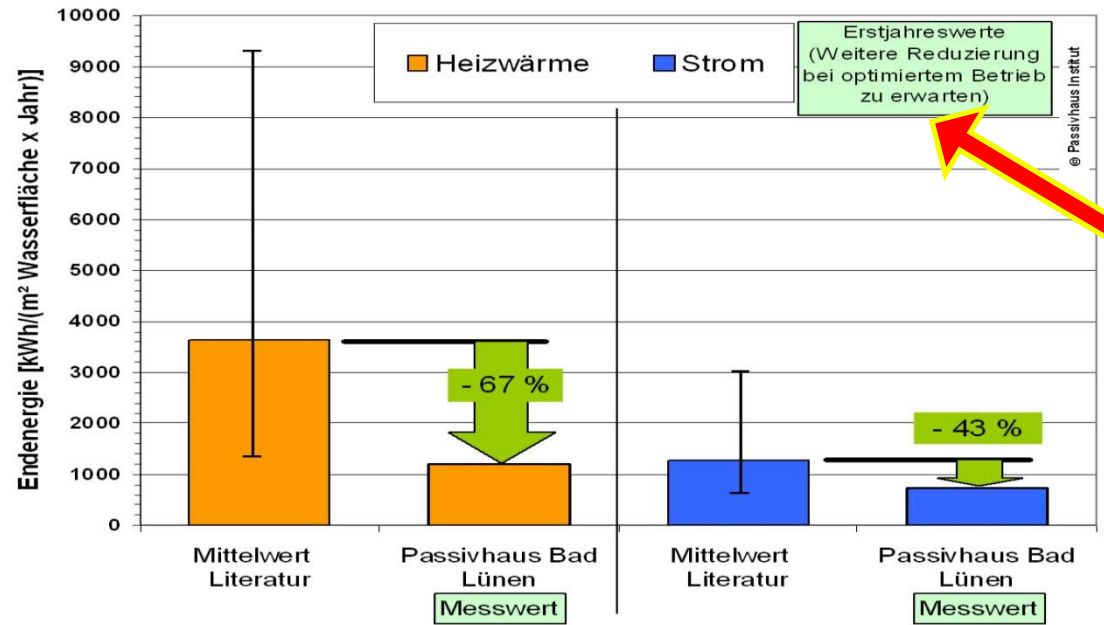
Passiv Haus Schwimmbad



https://passiv.de/de/05_service/03_fachliteratur/



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

