



Heizen von naturnahen Badegewässern

Christoph Fink, B.Eng.
IOB-Kongress 2025



1. Einleitung



- 1. Abgrenzung: Öffentlich vs. Privat
- 2. Schwimmteich vs. Naturpool (Fokus: private Naturpools)
- 3. Ziel: normkonformes, effizientes Heizen bei stabiler Biologie





Begriffe & Abkürzungen

- 1. WT = Wärmetauscher (getrennter Heizkreislauf)
- 2. COP = Coefficient of Performance (Leistungszahl)
- 3. ΔT = Temperaturdifferenz (Kelvin)
- 4. K = Kelvin (Temperaturdifferenz entspricht °C-Differenz)
- 5. A = Fläche (m²), H = Höhe (m)
- 6. WP = Wärmepumpe
- 7. GIH = globale horizontale Einstrahlung
- 8. opak = lichtundurchlässig → Ein Material oder Medium lässt kein Licht durch. Gegenteil von „transparent“ (durchsichtig) oder „transluzent“ (durchscheinend)



2. Rechtlicher & normativer Rahmen



- 1. BHygV § 69: Kleinbadeteiche – künstliche Erwärmung verboten
- 2. ÖNORM L 1128:2015, 7.3.8 – Heizen nur via getrenntem Kreislauf (WT); starke ΔT vermeiden
- 3. ÖNORM EN 15288-2:2019-04-15 „Schwimmbäder – Teil 2: Sicherheitstechnische Anforderungen an den Betrieb“, 7.7.6 Heizung/Lüftung/Klima
- 4. Technische Richtlinien des VÖSN – Stand der Technik (Naturpool heizbar; Schwimmteich nicht)



3.1 Heizquellen – Überblick



- 1. Luft-Wärmepumpe
- 2. Sole/Erdwärme
- 3. Biomasse (Pellets/Hackgut)
- 4. Gas/Öl
- 5. Fern-/Nahwärme
- 6. Solarthermie (ergänzend) mit Pufferspeicher (Lastmanagement)
- 7. Biogas



Luft-Wärmepumpe mit integriertem Wärmetauscher



COP (Coefficient of Performance) = Leistungszahl einer Wärmepumpe.

Formel:

$$COP = \frac{\text{abgegebene Heizleistung (kW)}}{\text{aufgenommene elektrische Leistung (kW)}}$$

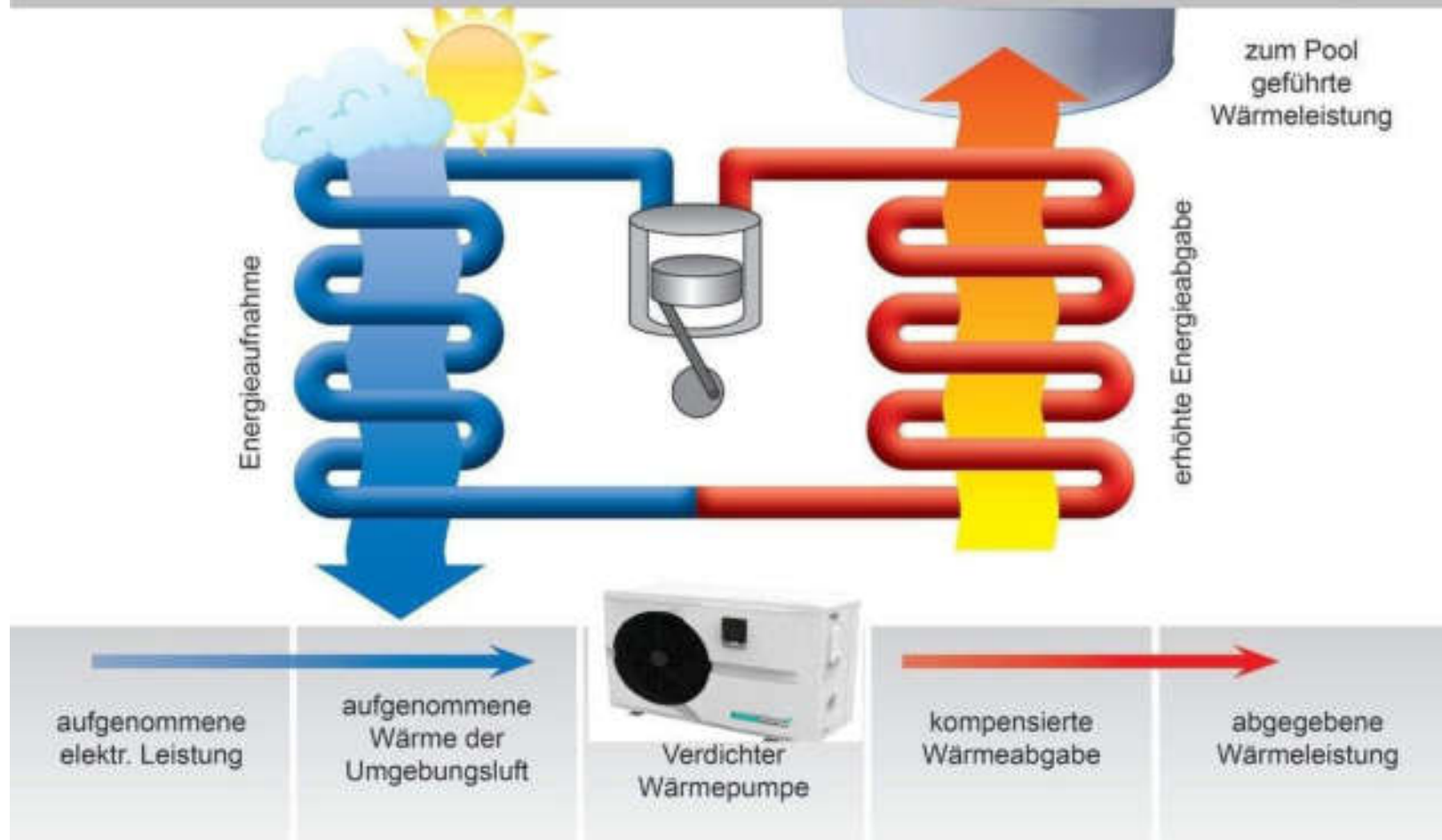
👉 Beispiel: Eine Wärmepumpe liefert 12 kW Wärme, verbraucht dafür 3 kW Strom →

$$COP = \frac{12}{3} = 4,0$$

Das heißt: Aus 1 kW Strom werden 4 kW Wärme.

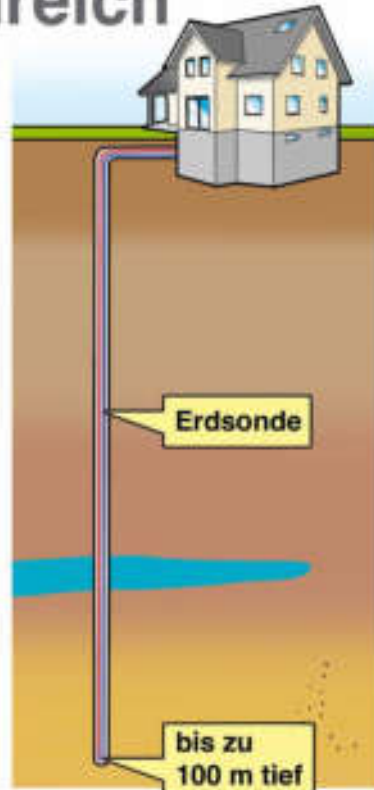


Funktionsschema einer Wärmepumpe



Sole-/Erdwärme (Erdsonde/Flächenkollektor)

Wärmegewinnung
aus dem Erdreich



Biomasse (Pelletskessel/Hackgut)



Gas/Öl (Kessel/Hybrid)



Fern-/Nahwärme





Solarthermie (Kollektor/Feld) und Pufferspeicher (Hydraulikstation)



Biogas



3.1 Effizienz der Heizquellen



- 1. Wärmepumpen: COP ~3–5 (Quelle & ΔT -Hub entscheidend)
- 2. Biomasse: erneuerbar; Lager/Asche/Service
- 3. Gas/Öl: hohe Leistung, CO₂/NO_x-Emissionen
- 4. Fern-/Nahwärme: abhängig von Netz/Vorlauftemperaturen
- 5. Solarthermie: wetterabhängig – eher Zusatzquelle



COP & Effizienzvergleich



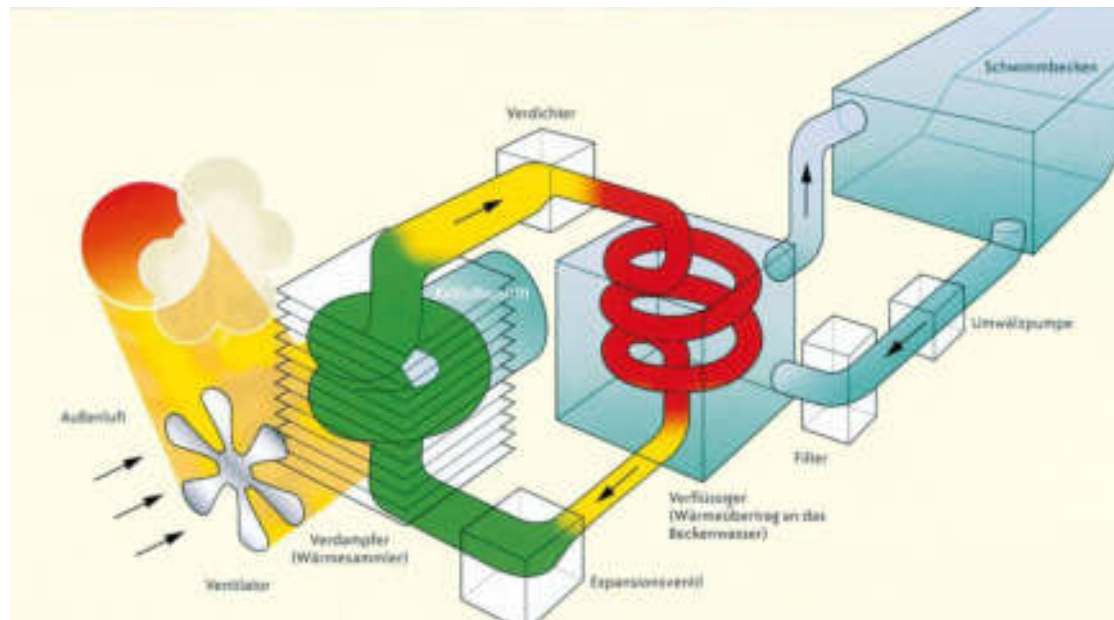
April–Oktober, +3 K Setpoint, Wärmetauscher immer getrennt

Nr. Heizquelle	Typische Effizienz (COP/ η)	Praxis-Hinweis (kurz)
1 Luft-Wärmepumpe	COP 3,00–5,00	günstig & verbreitet; COP sinkt in kühlem Frühling/Herbst, steigt im Sommer
2 Sole-WP (Flächenkollektor)	COP 4,00–5,50	konstante Quellentemp.; sehr stabil, höhere Investition
3 WP (Tiefenbohrung/Geothermie)	COP 4,50–6,00	höchste WP-Effizienz; Bohrkosten beachten
4 Pellets	$\eta \approx 0,90$	erneuerbar; Lager/Asche; gute Ökobilanz
5 Hackgut	$\eta \approx 0,80$ –0,85	für größere Leistungen; Platz & Logistik
6 Heizöl	$\eta \approx 0,85$ –0,95	fossil; schnell verfügbar, aber hohe Emissionen
7 Erdgas	$\eta \approx 0,90$ –0,98	fossil; etwas „sauberer“ als Öl; schnelle Leistung
8 Solarthermie	n. a. (η 0,30–0,60)	stark wetterabhängig; ideal ergänzend mit Puffer
9 Biogas-Abwärme/BHKW-Wärme	n. a. (Wärme 70–90 % nutzbar)	sehr sinnvoll, wenn verfügbar (Abwärmenutzung)
10 PV + WP (Eigenstrom)	systemisch COP 3–5	ökologisch top: Strombedarf der WP durch PV decken



3.2 Wärmeübergabe (Wärmetauscher)

- 1. Typen: Platten-WT, Rohrbündel (Shell & Tube), Koaxial (Rohr-in-Rohr)
- 2. Material: Titan (bio-neutral, korrosionsfest); kein Kupfer im Poolpfad
- 3. Feinfiltration vor WT (falls Poolwasser-seitig)
- 4. Ziel: gleichmäßige Temperaturführung, keine Sprünge > 5 K



Wärmetauscher-Typen



Plattenwärmetauscher

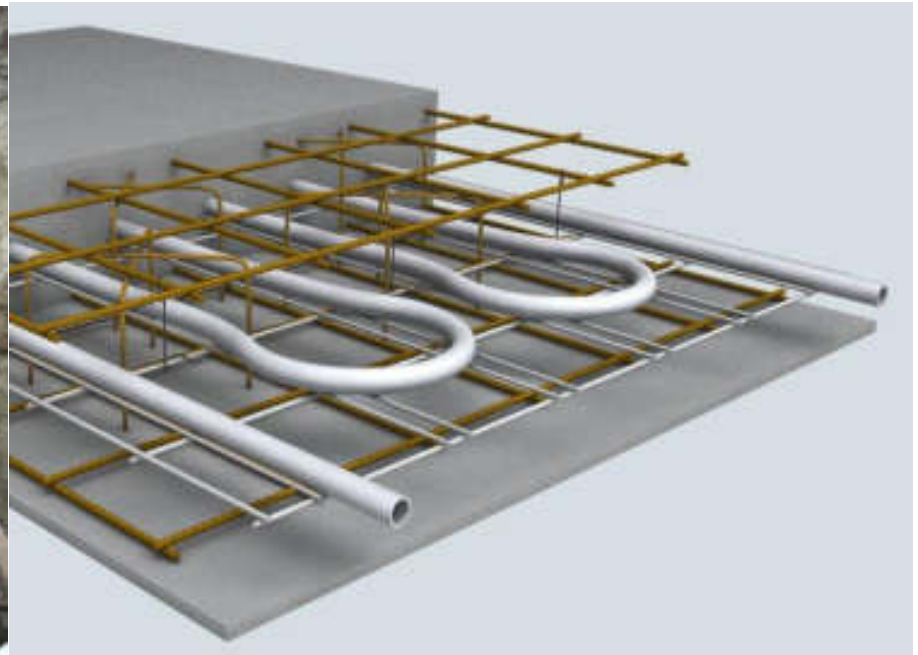


Rohrwärmetauscher

3.3 Wärmeeinbringung in das Poolbecken



- 1. Flächenheizung (Betonkern/Estrich): sehr gleichmäßig, träge; eigener Kreislauf – keine Spülpflicht



3.3 Wärmeeinbringung in as Poolbecken



- 2. Düsen: wenige Einströmer; mehrfach tägliche Umwälzung gegen Stagnation/Verkeimung



Vergleich

für den 8×4 m, 1,50 m tiefen Pool (**48,00 m³**), **Abdeckung vorhanden**, Heizoption **Flächenheizung (Betonkernaktivierung)** vs. **Düsen (direkter Eintrag)**.

Grundzahlen (für die Einordnung)

- Wasserenergie pro **1,00 K**: **55,81 kWh/K** ($48\,000\text{ kg} \times 4,186\text{ kJ/kgK} = 200\,928\text{ kJ} = 55,81\text{ kWh}$).
- Ziel: **+1,50 K/Tag** $\Rightarrow$ **83,72 kWh/Tag** nur fürs Aufheizen.
- Typische Tagesverluste **mit guter Abdeckung** (evaporation $\approx -95\%$, Strahlung/„Luftwärmeverlust“ $\approx -80\%$): $\approx$ **42,14 kWh/Tag**.
- $\Rightarrow$ **Gesamtbedarf pro Tag bei +1,50 K**: **83,72 + 42,14 = 125,86 kWh (thermisch)** (entspricht z. B. **31,47 kWh Strom** bei **COP = 4,00**).



Vergleichstabelle:



Kriterium	Flächenheizung (Betonkernaktivierung)	Düsen (direkter Wärmeeintrag ins Wasser)
Heizprinzip	Wasser wird über im Boden/Beton liegende Heizrohre erwärmt; Wärmeabgabe über große Fläche	Erwärmtes Poolwasser (über WT) wird eingedüst, durchmischt das Becken direkt
Reaktionsgeschwindigkeit	Träge (Wärme geht erst in Beton, dann ins Wasser): spürbarer Effekt meist nach 3–6 h , stabil nach 6–12 h	Schnell (direkte Einmischung): Effekt nach 0,5–2 h , stabil nach 2–4 h
Temperaturgleichmäßigkeit	Sehr gleichmäßig; keine Hotspots	Ebenfalls gut, aber lokal kurzzeitig wärmer im Düsennahbereich (mischt sich rasch)
Zusatzverluste	Gefahr von Untergrundverlusten , wenn keine/zu geringe Dämmung unter der Platte (z. B. $\approx 11,52 \text{ kWh/Tag}$ ungedämmt vs. $\approx 2,58 \text{ kWh/Tag}$ mit 100 mm XPS)	Keine Bodenverluste; geringfügig höhere Strömung/Umwälz-Wärmeverluste bei offenem Becken — mit Abdeckung vernachlässigbar
Leistungsdichte / Max. Ramp-Up	Durch Rohrabstand/Vorlauf begrenzt; hohe Rampen führen zu großen ΔT im Beton → nicht empfohlen	Durch Wärmetauscherleistung und Pumpenleistung limitiert; +3–4 K/Tag technisch möglich (Achtung Biologie/ ΔT -Management)
Energieeffizienz (mit Abdeckung)	Sehr gut , wenn Untergrund gedämmt ; ohne Dämmung unnötige Verluste in den Boden	Sehr gut ; praktisch keine „Bauteilverluste“; Effizienz hängt von Abdeckung & WP-COP ab
Halten der Temperatur (Tagbetrieb)	Effizient : Grundlast ideal über Flächenheizung, konstant	Effizient : Grundlast geht, Feinregelung/Peaks besonders gut
Nachtauskühlung ausgleichen	Wegen Trägheit: langsamer Ausgleich (stundenweise)	Schneller Ausgleich möglich (z. B. $0,50 \text{ K} \approx 27,91 \text{ kWh} \Rightarrow$ bei $12 \text{ kW} \approx 2,33 \text{ h}$)
Biologie/Strömung	Geringe Strömung, Biofilm an Wänden bleibt niedrig; eigener geschlossener Heizkreis (keine tägliche Spülpflicht)	Mehr Strömung; Stagnation vermeiden (mehrfach tägliche Umwälzung), hygienisch gut geplant



Vergleich



Wie lange dauert...?“ (bei +1,50 K/Tag, abgedeckt)

+1,50 K: 1,00 Tag (thermisch 83,72 kWh + Verluste 42,14 kWh → 125,86 kWh).

+3,00 K: 2,00 Tage (thermisch 167,44 kWh + 2× 42,14 kWh → 251,72 kWh).

+4,00 K: 2,67 Tage (thermisch 223,26 kWh + 2,67× 42,14 kWh → 335,91 kWh).

Faustformel Leistung: Für +1,50 K/Tag brauchst du im Mittel $\approx 125,86 \text{ kWh}/24 \text{ h} = 5,24 \text{ kW}$ (thermisch).

Mit COP = 4,00 $\Rightarrow 1,31 \text{ kW}$ elektrischer Durchschnitt über 24 h (praktisch als **lastgeführte Taktung**).

Welche Lösung ist „effizienter“?

- Mit guter **Abdeckung** und **gedämmter Bodenplatte** sind **beide** sehr effizient.
- **Flächenheizung** punktet bei **Stabilität & Gleichmäßigkeit** (Grundlast), **Düsen** bei **Schnelligkeit & Nachtauskühlungsausgleich** (Peaks).
- **Wichtigster Hebel insgesamt: Abdeckung** (Verdunstung ↓, Strahlung ↓, „Luftwärmeverlust“ ↓). Danach **Leitungsämmung** und **Filterabdeckung**.
- **Empfehlung in der Praxis: Kombination** aus **Flächenheizung (Grundlast, konstant)** + **Düsen (Feinregelung/Peaks)** — so nutzt du beides optimal.

Kurzer Merksatz

- **Energie je 1,00 K in 48 m³: 55,81 kWh.**
- **+1,50 K/Tag** (mit Abdeckung): $\approx 125,86 \text{ kWh/Tag}$ (inkl. Verluste).
- **Fläche** = stabil/gleichmäßig (träge); **Düsen** = schnell/reaktiv (direkt).
- **Abdeckung macht den Unterschied** — ohne sie explodieren die Verluste.



3.4 Poolabdeckung (Energie & Hygiene)



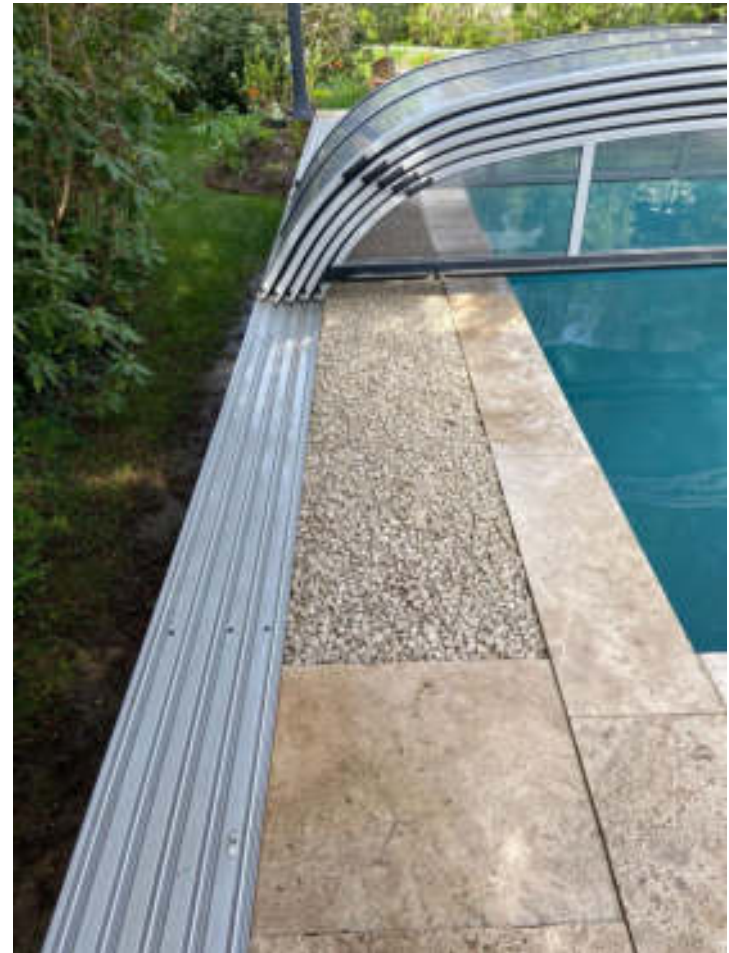
- 1. > 70–90 % Reduktion der Verdunstung (je nach System)
- 2. Schwebende Abdeckung bevorzugt (Gasaustausch, weniger Einträge)
- 3. Keine bioziden/Phosphor-freisetzenden Materialien
- 4. Filter niemals luftdicht abdecken (O_2 -Haushalt)



3.5 Filter & Leitungen



- 1. Filterfläche $\approx 0,20 \times$ Beckenfläche (bei ~ 1 m Filterhöhe) $\rightarrow$ zusätzliche Verdunstung
- 2. Filter abdecken/isolieren; O_2 -Versorgung sicherstellen
- 3. Leitungen erdverlegt: Dämmung ≥ 30 mm empfohlen



Leitungswärmeeverluste & Dämmung



- **Annahmen (konkret & konsistent)**
- **Rohrabmessungen:** Innen- $\varnothing$ 50 mm $\Rightarrow r_1=25,00$ mm $r_{1-}=25$ mm; Außen- $\varnothing$ 63 mm $\Rightarrow r_2=31,50$ mm
- **Dämmung:** 20,00 mm $\Rightarrow r_3=51,50$ mm r_{3-}
- **Länge gesamt:** $L=10,00$ m $\rightarrow$ **8,00 m** erdverlegt, **2,00 m** oberirdisch
- **Temperaturen:** Wasser **26,00 °C**; Luft **18,00 °C** ($\Delta T_{\text{Luft}}=8,00$ K); Boden in 0,5 m **12,00 °C** ($K\Delta T_{\text{Boden}}=14,00$ K)
- **Wärmeübergang außen (oberirdisch):** $h_o=10,00$ W/m²Kh
- **Leitfähigkeiten:** Rohr $k_{\text{pipe}}=0,40$ W/mK, Dämmung $k_{\text{ins}}=0,035$ W/mKk, Boden $k_{\text{soil}}=1,30$ W/mK
- **Boden-„Fernradius“:** $r_{\infty} \approx 1,00$ ($\approx 2 \times$ Verlegetiefe)
- **Wärmepumpe (für Stromäquivalent):** COP **4,00**

Verwendete Formeln (Zylinder-Wärmeleitung, stationär)

$$R_{\text{Rohr}} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_{\text{pipe}}}, \quad R_{\text{Dämm}} = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_{\text{ins}}}$$
$$R_{\text{außen, Luft}} = \frac{1}{2\pi r_{\text{außen}} h_o}, \quad R_{\text{Boden}} = \frac{\ln(r_{\infty}/r_{\text{außen}})}{2\pi k_{\text{soil}}}$$
$$\dot{q}' = \frac{\Delta T}{R_{\text{ges}}}, \quad \dot{Q} = \dot{q}' \cdot L, \quad E_{\text{Tag}} = \dot{Q} \cdot \frac{24}{1000} \text{ (kWh/Tag)}$$



Leitungswärmeeverluste & Dämmung



Ergebnis-Tabelle (10,00 m gesamt)

Fall	Segment	Verlust (W)	kWh/Tag
Ohne Dämmung	Oberirdisch 2,00 m	26,79	0,64
	Erdverlegt 8,00 m	217,36	5,22
	Summe	244,15	5,86
Mit Dämmung 20,00 mm	Oberirdisch 2,00 m	6,07	0,15
	Erdverlegt 8,00 m	41,63	1,00
	Summe	47,70	1,14

Saison- und Stromäquivalente

Kennwert	Ohne Dämmung	Mit 20,00 mm
Energie/Tag (kWh/Tag)	5,86	1,14
Saison 180 Tage (kWh)	1.054,72	206,05
WP-Strom/Tag (COP 4,00)	1,46 kWh	0,29 kWh

Interpretation:

Schon bei nur **10,00 m** Leitungslänge fällt der Unterschied deutlich aus: **20 mm Dämmung** reduziert die Leitungsverluste von **5,86** auf **1,14 kWh/Tag** ($\approx 80\%$).

Über **180 Tage** spart das **$\sim 848,67$ kWh** Wärme bzw. **$\sim 212,17$ kWh** Strom (bei **COP 4,00**).

Der größere Anteil entfällt auf den **erdverlegten Abschnitt** (hier mit $\Delta T = 14\text{ K}$ \Delta T=14\text{ K}); gute **Dämmqualität** ist dort besonders wirksam.



3.6 Biologische Aspekte & Risiken



- 1. Temperatursprünge $> 5\text{ K}$ vermeiden → Biofilmleistung sinkt, Nährstoffe werden frei
- 2. O_2 -Löslichkeit sinkt bei hoher Temp. → Risiko anaerober Prozesse/Phosphat
- 3. Hygiene: Legionella (25–45 °C), Pseudomonas (Stagnation)
- 4. Pflege: Biofilmernte (Filter voll/Saisonende)



3.7 Wirtschaftlichkeit

– Grundsätze



- 1. Heizbedarf $\approx$ Tagesverluste – solare Gewinne
- 2. WP-Strom $\approx$ Heizenergie / COP
- 3. Größte Hebel: Abdeckung, Filterabdeckung, Rohrdämmung
- 4. Konstante Temperatur statt häufiges Auf/Ab-Heizen



4. Physik – Formeln (erläutert)



- 1. Verdunstung: Dampfdruckdifferenz $\times$ (25 + 19·Wind) – dominanter Pfad
- 2. Strahlung: langwellige Auskühlung; Nächte/klarer Himmel
- 3. Luftwärmeverlust (Konvektion): $h \cdot A \cdot \Delta T$; Wind erhöht h deutlich
- 4. Alle Größen in SI-Einheiten; Werte in kWh/Tag (auf 2 Nachkommastellen)



Ungeheizte Pooltemperatur



Hier sind die **intapolierte Monats-Wassertemperaturen** eines **ungeheizten** 8×4×1,5 m Pools (32 m² Wasserfläche) für **österreichisches Tiefland (Mittel aus Graz/Linz/Wien), ohne Überdachung**. Grundlage ist ein tägliches **Energiegleichgewicht**: solare Gewinne (GHI, Absorption 75 %) vs. Verluste (Verdunstung, Konvektion, langwellige Abstrahlung), mit realistischen Monatswerten für Lufttemperatur, rel. Feuchte und Wind.

- **ohne Abdeckung (immer offen)**
- **mit Nacht-Abdeckung** (nur **8 h offen / 16 h** abgedeckt; weiterhin **keine Heizung**)

Interpretation:

- Ohne Abdeckung folgt der Pool grob der **Lufttemperatur + 2–4 K** im Sommer (durch Sonne), fällt in Übergangsmonaten aber rasch ab.
- **Nacht-Abdeckung** (passiv, ohne Heizen) hebt die **Sommer-Monatsmittel** um **~2–3 K** an (Juli ≈ **26,22 °C**) und reduziert die Nachtverluste stark.
- In **Frühjahr/Herbst** sind 15–21 °C (mit Nacht-Abdeckung) realistisch, 12–19 °C ohne.

Hinweis: Werte sind **Monatsmittel** (glätten Hitzewellen/Kaltlufteinbrüche). Ein sonniger Mehrtages-Peak kann Tages-Maxima **über** diesen Mittelwerten bringen.

Monat	Ø Luft (°C)	Wasser ohne Abdeckung	Wasser mit Nachtabdeckung
Jan	0,00	–0,13	0,40
Feb	2,00	3,06	3,95
Mrz	7,00	8,94	10,51
Apr	11,00	13,26	15,29
Mai	16,00	18,58	21,09
Jun	19,00	21,52	24,24
Jul	21,00	23,37	26,22
Aug	20,00	22,09	24,60
Sep	16,00	17,62	19,46
Okt	11,00	11,92	13,11
Nov	6,00	5,93	6,53
Dez	2,00	0,98	1,71



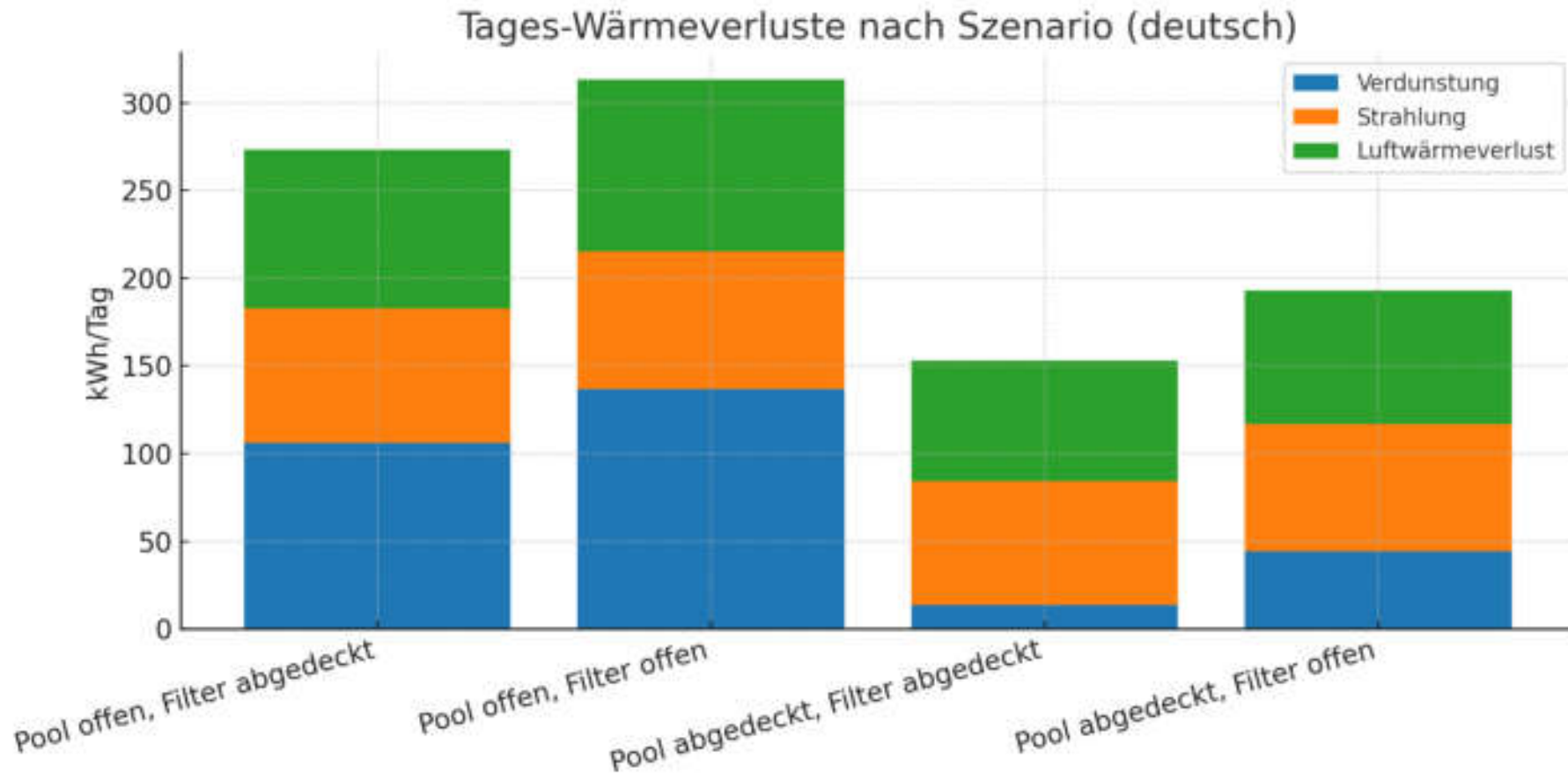
Berechnungsgrundlagen



- **Heizbedarf & solare Einstrahlung – Österreichischer Durchschnitt**
- Nicht-gebirgige Regionen; Mittelwert aus Graz, Linz, Wien. COP = 3 und 4 separat.
- Pool 8×4×1,5 m (48 m³), Ziel 26,00 °C.
- Parameter & Quellen (kurz):
- Wärmekapazität Wasser: 1,16 kWh/m³K; Volumen: 48,00 m³
- Energie je 1 K: 55,68 kWh; für 3 K: 167,04 kWh
- GHI: PVGIS-typische Monatswerte (horizontal), Österreich-Mittel
- Klima (Ta, r.F., Wind): typische Monatsmittel (Österreich Tiefland)
- Abdeckung: Verdunstung –95 %, Konvektion –30 %, Strahlung –10 % (EPA/DOE)
- Solare Absorption: offen ~75 % (FSEC), opak ≈ 0 %
- Wind: 2,00 m/s
- Filter separat betrachtet; Solare Zugewinne nur über Wasserfläche berücksichtigt. Interpolation Wien, Graz, Linz



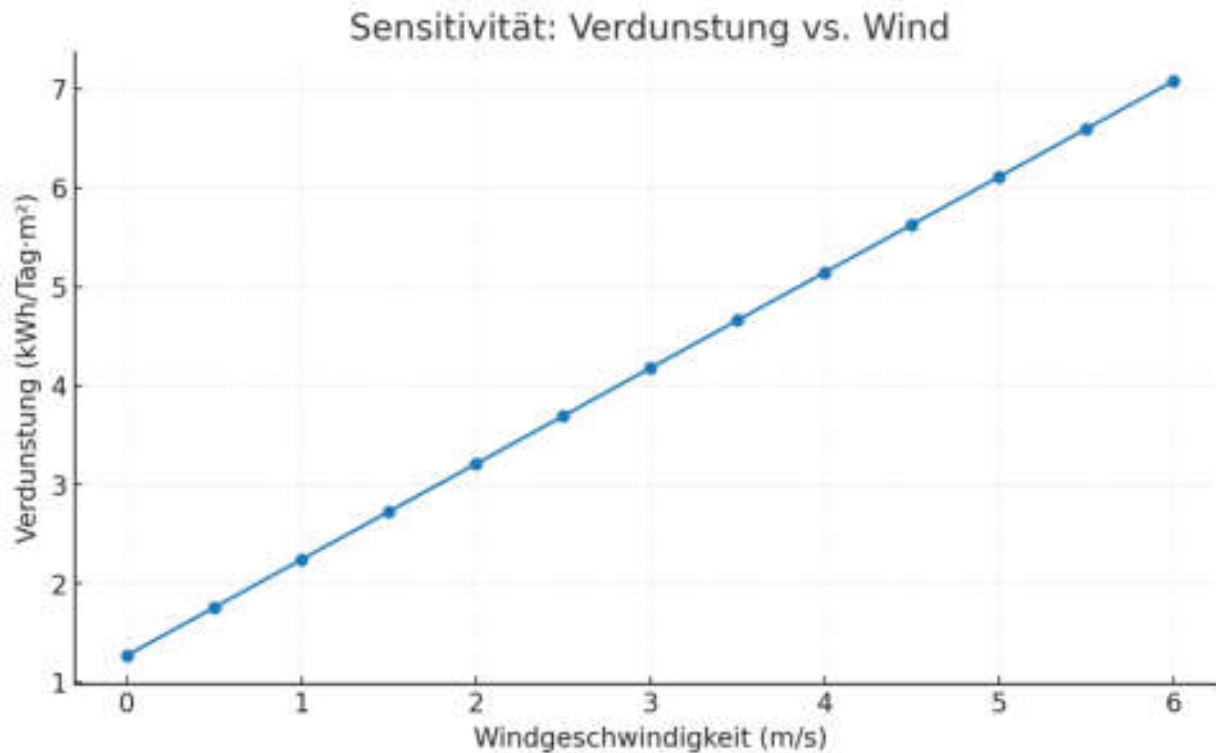
Tages-Wärmeeverluste nach Szenario



Szenarien: offen/abgedeckt; Filter offen/abgedeckt. 8×4×1,5 m; 26 °C; 18 °C; 60 % r.F.; 2 m/s



Sensitivität: Verdunstung vs. Wind



Je höher der Wind, desto größer der Energieverlust pro m²





Tagesverluste

Szenario	Verdunstung (kWh/Tag)	Strahlung (kWh/Tag)	Luftwärmeverlust (kWh/Tag)	Summe Verluste (kWh/Tag)
Pool offen, Filter offen	126.02	67.97	73.54	267.53
Pool offen, Filter abgedeckt	97.88	66.28	68.07	232.22
Pool abgedeckt, Filter offen	40.74	62.86	56.95	160.55
Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	12.60	61.17	51.48	125.25

Verluste aus Verdunstung, Strahlung an den Himmel und Konvektion. (Juni-Tag, ohne Solar; 26,00 °C)



Solare Zugewinne pro Tag

Monat	GHI (kWh/m ² ·d)	Solargewinn offen (kWh/Tag)	Solargewinn klare Abdeckung (kWh/Tag)	Solargewinn opak (kWh/Tag)
April	4.20	94.08	79.97	0.00
Mai	5.10	114.24	97.10	0.00
Juni	5.60	125.44	106.62	0.00
Juli	5.80	129.92	110.43	0.00
August	5.10	114.24	97.10	0.00
September	3.90	87.36	74.26	0.00
Oktober	2.70	60.48	51.41	0.00

GHI = Globalstrahlung horizontal; klare Abdeckung: Transmission $\sim 0,85 \Rightarrow$ effektiv 0,595.





Tageswerte bei 26 ° C

Szenario	Verdunstung (kWh/Tag)	Strahlung (kWh/Tag)	Luftwärmeverlust (kWh/Tag)	Summe (kWh/Tag)
Pool offen, Filter abgedeckt	106.1	76.55	90.76	273.41
Pool offen, Filter offen	136.61	78.5	98.06	313.16
Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	13.66	70.65	68.64	152.95
Pool abgedeckt, Filter offen	44.17	72.59	75.94	192.7





$\Delta +3 \text{ K}$ Setpoint – Mehrbedarf (pro Tag)

Szenario	Mehrbedarf +3 K (kWh/Tag)
Pool offen, Filter abgedeckt	84.1
Pool offen, Filter offen	96.55
Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	46.38
Pool abgedeckt, Filter offen	58.82





Netto-Heizbedarf

Szenario	Verluste (kWh/Tag)	Solar (Juni) (kWh/Tag)	Netto-Heizbedarf (kWh/Tag)
Pool offen, Filter offen	267.53	125.44	142.09
Pool offen, Filter abgedeckt	232.22	106.62	125.60
Pool abgedeckt, Filter offen	160.55	106.62	53.93
Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	125.25	106.62	18.63

Netto = Verluste – solare Zugewinne (Juni). Kein negativer Heizbedarf ausgewiesen.



Netto-Heizenergie (nach Solar), kWh



ZEITRAUM	OHNE ABDECKUNG (IMMER OFFEN)	MIT NACHTABDECKUNG (8 H OFFEN / 16 H ABGEDECKT)
1 Tag (Juni)	45,60	0,00
90 Tage (Jun– Aug)	4.108,40	0,00
180 Tage (Apr–Okt)	21.453,20	3.189,20
365 Tage (Jahr)	57.412,40	17.195,07

Interpretation:

- Im **Sommer** (Jun–Aug) kann eine **Nachtabdeckung** die Tagesbilanz oft **auf ~0 kWh** drücken (Solar deckt die Tagesverluste).
- In **Frühjahr/Herbst** (Apr/Mai/Sep/Okt) bleibt bei Nachtabdeckung ein **moderater Rest** von ~3.200 kWh über die Saison.
- **Ohne Abdeckung** eskalieren die Verluste (v. a. Verdunstung): ~21,5 MWh pro Saison sind realistisch.

Österreich-Mittel, saisonal gewichtet; 1 Tag = Juni-Tag



Wärmepumpen- Strombedarf



Zeitraum	Ohne Abdeckung COP 3	Ohne Abdeckung COP 4	Nachtabdeckung COP 3	Nachtabdeckung COP 4
1 Tag (Juni)	15,20	11,40	0,00	0,00
90 Tage (Jun– Aug)	1.369,47	1.027,10	0,00	0,00
180 Tage (Apr– Okt)	7.151,07	5.363,30	1.063,07	797,30
365 Tage (Jahr)	19.137,47	14.353,10	5.731,69	4.298,77

Wichtig: Diese Werte sind **inkl.** täglicher Solar-Erwärmung (sie reduziert die Heizlast am Tag).
Die **großen Unterschiede** zwischen „ohne Abdeckung“ und „Nachtabdeckung“ kommen daher,
dass Verdunstung **der dominante Verlustpfad** ist.



Monatliche Tagesbilanzen

Monat	Gewichteter Tages-Verlust mit Nachtabdeckung	Solar (offen, 0,75)	Netto (kWh/Tag)
Apr	123,33	100,80	22,53
Mai	106,67	122,40	0,00
Jun	86,67	134,40	0,00
Jul	83,33	139,20	0,00
Aug	86,67	122,40	0,00
Sep	110,00	93,60	16,40
Okt	130,00	64,80	65,20

Für die 180-Tage-Saison relevant: Apr...Okt. Gewichteter Verlust = $\frac{1}{3}$ Tages-Offen-Verluste + $\frac{2}{3}$ Nacht-Abdeck-Verluste; Solar wird tagsüber aufgenommen.



Zeitraum	Szenario	Bruttoverluste (kWh)	Solare Gewinne (kWh)	Netto-Heizenergie (kWh)
1 Tag (Juni-Tag)	Pool offen, Filter offen	166.84	134.40	32.44
90 Tage (Juni–Aug)	Pool offen, Filter offen	13778.82	12141.60	1766.80
180 Tage (Apr–Okt)	Pool offen, Filter offen	43797.71	23776.80	20150.49
365 Tage (Jahr)	Pool offen, Filter offen	104825.57	30717.60	74237.55
1 Tag (Juni-Tag)	Pool offen, Filter abgedeckt	159.22	134.40	24.82
90 Tage (Juni–Aug)	Pool offen, Filter abgedeckt	13138.23	12141.60	1328.64
180 Tage (Apr–Okt)	Pool offen, Filter abgedeckt	41954.70	23776.80	18509.91
365 Tage (Jahr)	Pool offen, Filter abgedeckt	100776.96	30717.60	70391.37
1 Tag (Juni-Tag)	Pool abgedeckt, Filter offen	128.72	0.00	128.72
90 Tage (Juni–Aug)	Pool abgedeckt, Filter offen	10574.65	0.00	10574.65
180 Tage (Apr–Okt)	Pool abgedeckt, Filter offen	34580.84	0.00	34580.84
365 Tage (Jahr)	Pool abgedeckt, Filter offen	84580.50	0.00	84580.50
1 Tag (Juni-Tag)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	121.10	0.00	121.10
90 Tage (Juni–Aug)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	9934.06	0.00	9934.06
180 Tage (Apr–Okt)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	32737.53	0.00	32737.53
365 Tage (Jahr)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	80531.90	0.00	80531.90



Zeitraum	Szenario	Netto-Heizenergie (kWh)
1 Tag (Juni-Tag)	Pool offen, Filter offen	32.44
90 Tage (Juni–Aug)	Pool offen, Filter offen	1766.80
180 Tage (Apr–Okt)	Pool offen, Filter offen	20150.49
365 Tage (Jahr)	Pool offen, Filter offen	74237.55
1 Tag (Juni-Tag)	Pool offen, Filter abgedeckt	24.82
90 Tage (Juni–Aug)	Pool offen, Filter abgedeckt	1328.64
180 Tage (Apr–Okt)	Pool offen, Filter abgedeckt	18509.91
365 Tage (Jahr)	Pool offen, Filter abgedeckt	70391.37
1 Tag (Juni-Tag)	Pool abgedeckt, Filter offen	128.72
90 Tage (Juni–Aug)	Pool abgedeckt, Filter offen	10574.65
180 Tage (Apr–Okt)	Pool abgedeckt, Filter offen	34580.84
365 Tage (Jahr)	Pool abgedeckt, Filter offen	84580.50
1 Tag (Juni-Tag)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	121.10
90 Tage (Juni–Aug)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	9934.06
180 Tage (Apr–Okt)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	32737.53
365 Tage (Jahr)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	80531.90





Zeitraum	Szenario	Netto-Heizenergie (kWh)
1 Tag (Juni-Tag)	Pool offen, Filter offen	32.44
90 Tage (Juni–Aug)	Pool offen, Filter offen	1766.80
180 Tage (Apr–Okt)	Pool offen, Filter offen	20150.49
365 Tage (Jahr)	Pool offen, Filter offen	74237.55
1 Tag (Juni-Tag)	Pool offen, Filter abgedeckt	24.82
90 Tage (Juni–Aug)	Pool offen, Filter abgedeckt	1328.64
180 Tage (Apr–Okt)	Pool offen, Filter abgedeckt	18509.91
365 Tage (Jahr)	Pool offen, Filter abgedeckt	70391.37
1 Tag (Juni-Tag)	Pool abgedeckt, Filter offen	128.72
90 Tage (Juni–Aug)	Pool abgedeckt, Filter offen	10574.65
180 Tage (Apr–Okt)	Pool abgedeckt, Filter offen	34580.84
365 Tage (Jahr)	Pool abgedeckt, Filter offen	84580.50
1 Tag (Juni-Tag)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	121.10
90 Tage (Juni–Aug)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	9934.06
180 Tage (Apr–Okt)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	32737.53
365 Tage (Jahr)	Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	80531.90



Szenario-Erläuterung



Szenario	Erläuterung (Kurz)
Pool offen, Filter offen	Höchste Verluste; Solar am höchsten, dennoch i. d. R. positiver Netto-Bedarf, v. a. bei Wind.
Pool offen, Filter abgedeckt	Solar bleibt hoch; Filterverluste gedämpft.
Pool abgedeckt, Filter offen	Verluste stark reduziert; Solar geringer (klare Abdeckung).
Pool abgedeckt, Filter abgedeckt	Minimalverluste; mit klarer Abdeckung oft nahe Null-Bedarf tagsüber.





Einmaliges Aufheizen 48 m³ um 3 K (kWh)

Vorgang	Thermische Energie (kWh)	WP-Strom COP 3,0 (kWh)	WP-Strom COP 4,0 (kWh)
48,00 m ³ um 3,00 K	167.44	55.81	41.86



Merksatz & Hinweise



- „Die Sonne ist der wichtigste Heizpartner – Abdeckung + WP → effizient.“
- Netto-Heizbedarf = Verluste – Solar; negative Werte → 0 (keine Heizung).
- Abdeckung ist der stärkste Hebel (Verdunstung ≈ 70–95 % der Verluste).
- COP 4 spart ≈ 25 % Strom ggü. COP 3 bei gleichem Wärmebedarf.
- .



Fazit – wichtigste Hebel beim Heizen von Naturpools



- Abdeckung reduziert Verluste um bis zu 70 %
- Abdeckung ist der stärkste Hebel (Verdunstung $\approx$ 70–95 % der Verluste).
- Solarenergie deckt im Sommer nahezu den gesamten Bedarf
- Wärmepumpe (COP 3–4) sinnvoll für Übergangszeiten
- COP 4 spart $\approx$ 25 % Strom ggü. COP 3 bei gleichem Wärmebedarf.
- Leitungsdämmung entscheidend zur Minimierung von Wärmeverlusten
- Biologische Aspekte: Sauerstoffmangel & Legionellenrisiko bei Überhitzung beachten



Handlungsempfehlungen für Betreiber



- Pool stets abdecken (Verdunstung = Hauptverlust)
- Wärmepumpe nur zur Spitzenlastabdeckung einsetzen
- Solare Gewinne bewusst nutzen: Frühling/Herbst $\approx 70\%$, Sommer $\approx 95\%$
- Leitungen gut dämmen (20 mm Isolierung reduziert Verluste um $>80\%$)
- Biologie stabil halten: keine Überheizung $>28\text{ }^{\circ}\text{C}$, Sauerstoffmonitoring
- Regelmäßige Kontrolle auf hygienische Risiken (Legionellen)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

- Heizen naturnaher Badegewässer ist technisch möglich, aber nur mit Kombination aus Abdeckung, effizienter Technik und ökologischer Rücksicht nachhaltig.

