

Solare Energieversorgung



Bildquelle: Allgemeine Zeitung

Panoramabad Stromberg

Aufgestellt:
Greimerath, 11.03.2024

PEC Ingenieurbüro
Scheidener Straße 20
54314 Greimerath

1. Präambel

Die Aufgabe des Büros PEC, Greimerath besteht in der Untersuchung der Optimierung der solaren Energiebereitstellung.

2. Beschreibung der baulichen Rahmenbedingungen

Das Freibad besteht aus einem Eingangsgebäude mit Saunatrakt, welcher ganzjährig nutzbar ist, den Freibadumkleiden und den Freibadbeckenanlagen.

Nur einer Sommernutzung unterliegen folgende Becken:

Springerbecken mit	WF 85,8 m ²
Schwimmerbecken mit	WF 242,3 m ²
Spasbecken mit	WF 49,97 m ²
Kinderbecken mit	WF 40,46 m ²
Wellnessbereich mit	WF 69,32 m ²

sowie einem Freizeitbecken mit einer WF von 117,3 m² und einer 50 m Rutsche mit eigenem Landebecken.

Die Wasserfläche beträgt insgesamt 607 m²

Die auf zwei Etagen befindliche Eingangshalle und Saunaanlage besitzt eine Grundfläche von 336 m² Der Gastronomiebereich beträgt 85 m².

Diese Gebäudeteile sind ganzjährig nutzbar und beheizt.

Für die reine Sommernutzung im Obergeschoss stehen Umkleide und Bewirtungsfächen zur Verfügung.

Die Energieversorgung für das Freibad erfolgt über Erdgas und elektrischen Strom. Die Wärmeerzeugung wurde mit zwei Brennwert-Gasthermen erneuert.

3. Technische Anlage

3.1 Badewassertechnik

Das Beckenwasser wird mit Hilfe von sogenannten Unterdruckfiltern aufbereitet. Die Beckenkreise sind auf unterschiedliche Filterkreise aufgeteilt.

Die Erwärmung der Becken erfolgt über eine thermische Solaranlage und über die Wärmeerzeugungsanlagen Für die Beckenerwärmung stehen 3 Wärmetauscher zur Verfügung.

3.2 Wärmeverteilung

Die Wärmeverteilung ist als zentrale Rohrverteilung zu bezeichnen. Alle Wärmeverbraucher sind an eine zentrale Versorgungsleitung angeschlossen. In die-

ser Verteilleitung ist eine Hauptpumpe angeschlossen, welche die Versorgung der Badewasser Wärmetauscher sicherstellt.

3.3 Solare Wärmeerzeugung

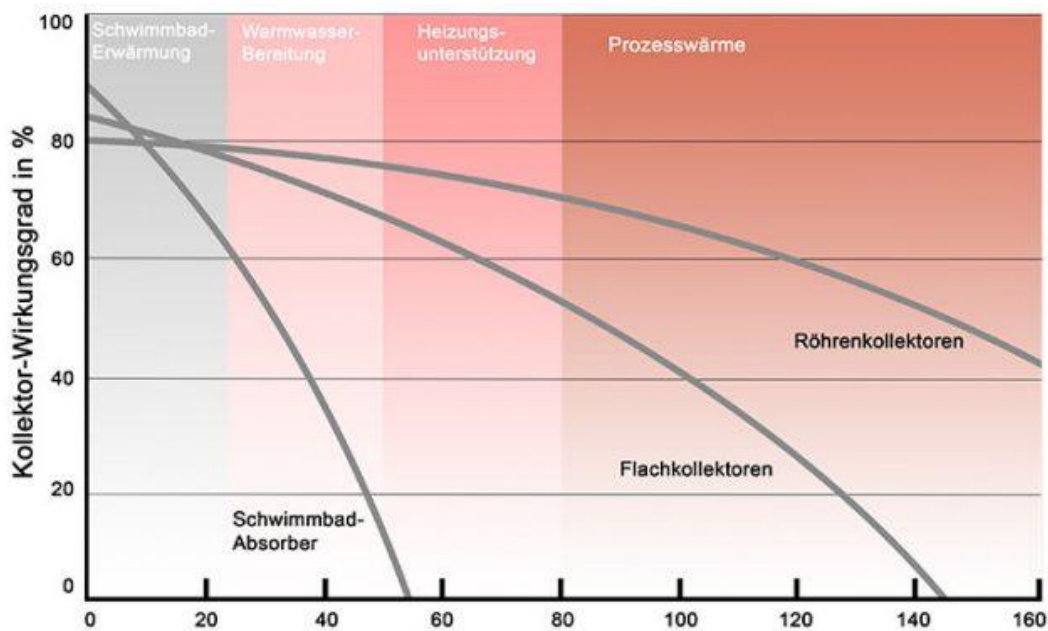
Auf den Umkleiden und auf Teilen des Saunadachs sind thermische Absorber installiert. Auf dem Dach befinden sich die Sammler und Verteiler. Es ist eine gemeinsame Anschlussleitung vom Dach der Sauna bis zum Technikeller verlegt. Hier teilt sich die Leitung auf die verschiedenen Becken auf. Die Freibgabe der Becken zur solaren Beheizung erfolgt über die Badewasser-Regelanlage.

Auf den Dächern sind zwei Absorberfelder verlegt die eine Fläche von ca. 379 m² besitzen. Somit sind ca. 62 % Absorberfläche zur Beckenfläche installiert. Diese entspricht einem üblichen Auslegungswert.



Teilflächen der vorhandenen Absorberanlage

Die einfachen Absorber einer solaren Schwimmbad-Solaranlage besitzen speziell bei den geforderten Temperaturen (Beckentemperaturen) einen vergleichbaren Wirkungsgrad wie isolierte und abgedeckte Kollektoren.



Beispiel Kollektorsysteme (Quelle Paradigma)

3.4 Bewertung des Istzustandes

Die Kesselanlagen wurden erneuert und die BHKW Anlage wurde abgeschaltet. Die thermische Solaranlage war in der Vergangenheit undicht und hat durch den Verlust von chlorhaltigem Wasser zur Beschädigung der Dachabdichtung geführt. Die Solarabsorberflächen sind zu erneuern.

4. Sanierungsmöglichkeiten

Es sollte untersucht werden, ob an Stelle der Absorberanlage auch eine hybride Solarnutzung möglich ist oder ob die solare Absorberanlage erneuert werden soll.

4.1 Hybride Solarnutzung

Bei dem Einsatz von sogenannten PVT Kollektoren gelten die gleichen Rahmenbedingungen wie für normale Photovoltaik-Kollektoren. Jedoch muss die Wärmeabfuhr stetig vorhanden sein.

Dieses bedeutet in den Sommermonaten eine stetige Kühlung der PVT Kollektoren. Des weiteren sind die Temperaturobergrenzen im Vergleich zu normalen thermischen Kollektoranlagen geringer. Die PVT Anlagen sollten ja nach Hersteller mit maximal 70 bis 80 °C betrieben werden.

Auf Grund der Nutzung zur Beckenwassererwärmung sind diese Temperaturgrenzwerte auch einzuhalten. Da auch im Winter eine Beckenanlage für den Saunabetrieb beheizt wird, ist die Nutzung der thermischen Solarwärme auch gegeben.

Bei der Inbetriebnahme des Freibades sind jedoch die Abläufe zu ändern, so dass eine thermische Nutzung stattfinden kann. Die Becken können nicht gleichzeitig entleert und gereinigt werden, sondern es muss immer ein Becken in Betrieb sein.

Bei der bisherigen thermischen Absorberanlage ist Beckenwasser durch die Absorber zirkuliert und es haben keine Maßnahmen zur Frostsicherung existiert.

Bei einer PVT Anlage sind die Kollektoren mit einem Frostschutzmittel gefüllt und es muss deshalb ein Wärmetauscher als Systemtrennung vorgehalten werden. Diese Systemtrennung kann nur in der Sauna erfolgen (Bereich Fußwärmebecken). Nur hier ist die Solarleitung zugänglich und kann mit einem Wärmetauscher und einer Solarkreispumpe ergänzt werden.



Erforderliche Änderung zur Montage eines Wärmetauchers

Die Nutzung des solar erzeugten Stromes erfolgt analog zu den üblichen PV Anlagen.

Die Niederspannungsverteilung muss jedoch um ein Einspeisefeld ergänzt werden und die Zählerstruktur muss geändert werden.



Niederspannungshauptverteilung und Zählerwechselschrank

Die Wechselrichter würden auf dem Dach montiert werden und eine Einspeiseleitung muss zur Unterverteilung verlegt werden.

Im Gegensatz zu einer Absorberanlage müssen für eine PV Anlage Wartungsgänge und Sicherheitsabstände vorgesehen werden. Des Weiteren muss bei einer Ausrichtung nach der Sonne, also einer Neigung der Kollektoren von 30 bis 50 ° Windlasten statisch berücksichtigt werden.

Um diese Lasten zu minimieren, wurden die Kollektoren mit einer flachen Neigung vorgesehen. Dieses bedeutet, dass die Kollektoren nur an der vorhandenen Neigung von 3 % ausgerichtet werden.

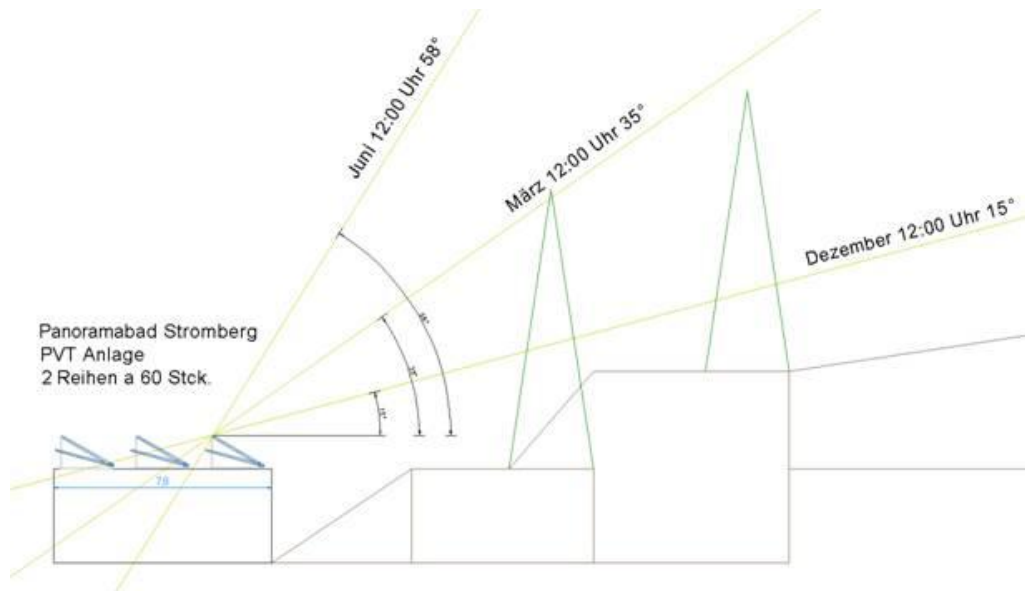
Durch die geringe Neigung sind gegenüber einem optimalen Neigungswinkel von 35 ° etwa 10 % Leistungseinbußen zu berücksichtigen.

		PV-Ertragsabweichung vom Optimum in Prozent								
		Neigungswinkel								
		0	5	10	15	20	25	30	35	40
Module Grad = Süden)	0	-13,50%	-10,00%	-7,10%	-4,70%	-2,70%	-1,30%	-0,40%	0,00%	-0,20%
	5	-13,50%	-10,00%	-7,10%	-4,70%	-2,70%	-1,30%	-0,40%	0,00%	-0,20%
	10	-13,50%	-10,10%	-7,21%	-4,70%	-2,80%	-1,41%	-0,51%	-0,20%	-0,40%
	15	-13,50%	-10,10%	-7,30%	-4,90%	-3,00%	-1,61%	-0,80%	-0,40%	-0,70%
	20	-13,50%	-10,21%	-7,41%	-5,10%	-3,31%	-2,01%	-1,20%	-0,90%	-1,10%
	25	-13,50%	-10,30%	-7,61%	-5,40%	-3,70%	-2,40%	-1,70%	-1,41%	-1,70%
	30	-13,50%	-10,41%	-7,90%	-5,91%	-4,21%	-3,00%	-2,40%	-2,10%	-2,50%
	35	-13,50%	-10,61%	-8,20%	-6,31%	-4,70%	-3,80%	-3,11%	-3,00%	-3,40%
	40	-13,50%	-10,81%	-8,60%	-6,80%	-5,50%	-4,50%	-4,00%	-4,00%	-4,50%

Abweichung des Solarertrages in Abhängigkeit der Südausrichtung und des Neigungswinkels (www.energie-experten.org)

Die Lage am nach Süden gelegenen Bergrücken und der Bewaldung führt zu einer weiteren Minderung des solaren Ertrages.

Die Kollektoren sind um 11 Uhr (Sonne steht im Süden) ab Anfang Oktober bis etwa 15. März beschattet. Die Beschattung in den Vormittag und Nachmittagstunden ist noch weitergehend.



Darstellung des Sonnenstandes mit unterschiedlichen Kollektorneigungen

Auf Grund der Beschattung und der Vorhaltung von Wartungsgängen sind auf den Flachdächern 120 Module aufstellbar. So dass die installierte elektrische Leistung 48 kWp betragen würde.

Die jährlich produzierte Strommenge beträgt ca. 34.180 kWh pro Jahr. Diese entspricht etwa einer Minderung von 27 bis 29 % gegenüber einer nach der Sonne ausgerichteten PV Anlage.

Bei der thermischen Nutzung besitzt die PVT Anlage auch auf Grund der geringen Neigung und der Beschattung als auch auf Grund der geringeren Absorberfläche einen geringeren Eintrag als die vorhandene thermische Absorberanlage.

Die aktuelle Absorberanlage erzeugt in der Freibadsaison eine Wärmemenge von ca. 94.800 kWh/a. Eine PVT Anlage wird im gleichen Zeitraum eine Energiemenge von 73.000 kWh/a liefern. Außerhalb der Freibadsaison (Nutzung durch den Saunabetrieb) werden noch 11.500 kWh/a zur Verfügung gestellt.

Trotz der zusätzlichen zeitlichen Nutzung ist der jährliche thermische Nutzungsanteil einer PVT Anlage geringer als die Erträge einer einfachen Absorberanlage.

Für die Installation ist die räumliche Umgestaltung der Sauna zu berücksichtigen und die Änderung der Programmierung der Regelung für die Solaranlage in der Regelung Wassertechnik als auch die Verkabelung einer zusätzlichen Solarkreispumpe.

4.2 Solarnutzung mittels Absorber

Durch die Erneuerung der thermischen Solaranlage sind keine Ertüchtigungen, an der Hydraulik der Solaranlage und der Wassertechnik erforderlich.

Ein neuer Solarabsorber wird an die bestehende Versorgungsleitung angeschlossen. Die Solarflächen würden nach der Demontage der vorhandenen Flächen und nach der Sanierung der Dachabdichtung in gleicher Weise wieder auf dem Dach montiert werden.

4. Sanierungskosten

Bei einer PVT Anlage ist ein elektrischer Anschluss der Anlage an die NSHV erforderlich. Die Wechselrichter sollten auf dem Dach montiert werden. Die Zuleitung erfolgt dann dreiphasig über Dach, bzw. an der Fassade bis zum NSHV Raum. Hier ist ein Einspeisefeld zusätzlich zu montieren und die Zähler sollten gewechselt werden.

Der solare Strom sollte grundsätzlich substituiert werden, es wurde keine Einspeisung des Solarstromes berücksichtigt.

Die Investitionskosten für eine PVT Anlage betragen in Netto EUR

Anbindung NSHV und zusätzlich Solarpumpe	7.724
Elektroinstallation mit Wechselrichter	26.157
Verrohrung PVT Anlage	37.138
PVT Anlage	151.026
Anpassung Regeltechnik Wassertechnik	3.200
Umbau Sauna	30.000
Sonstiges	12.800
Honorare	42.000
Summe Eigeninvestitionen	310.046

Die Erneuerung der vorhandenen Solaranlage wird folgenden Brutto Kostenrahmen benötigen.

Solarthermie	41.137
Sonstiges	2.100
Honorare	11.339
Summe Eigeninvestitionen	54.576

Eine Demontage der alten Absorberflächen ist weder in den Kosten als auch in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt. Die Demontage erfolgt in beiden betrachteten Varianten.

Bei der nachstehenden Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde ein Vergleich der Wärmeerzeugung durch die bestehende thermische Solarabsorberanlage mit einer Neuinstallation einer hybriden Solaranlage verglichen.

Es ist deshalb bei dem Heizenergiebedarf nur von dem Bedarf ausgegangen worden, den die alte Anlage geliefert hat. Der weitere Heizenergiebedarf wurde nicht berücksichtigt, da weder die Altanlage noch eine Neuanlage ein wesentlicher Einfluss auf diesen Bedarf besitzt.

Eine PVT Anlage wird auch außerhalb der Freibadsaison einen Betrag zur Erwärmung des Beckenwassers besitzen. Aber dieser Anteil ist relativ gering. In der Freibadsaison ist der thermische Ertrag der PVT Anlage aber geringer als der Ertrag einer Absorberanlage. In dem Wirtschaftlichkeitsvergleich ist für den notwendigen Gaseinsatz nur die Differenz aus dem Minderbetrag Freibadsaison und dem Mehrertrag aus dem Winterbetrieb berücksichtigt. Danach muss die Gaskesselanlage im Jahresergebnis etwa 10,3 MWh zusätzlich erzeugen.

Der von der PVT Anlage produzierte Strom wird vollständig als Eigenverbrauch im Freibad berücksichtigt, eine Einspeisung ist in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht vorgesehen. Durch eine Einspeisung würde das Betriebsergebnis negativ beeinflusst werden.

Die Investitionen sind mit einem Kapitaldienst von 3 % berücksichtigt. Der Betrachtungszeitraum wurde mit 20 Jahren gewählt. Somit fallen bei der PVT Anlage auf Grund höherer Investitionskosten auch höhere Kapitaldienste im Vergleich zu einer thermischen Solaranlage an.

Für die Bestimmung der Energiekosten wurden für den Gasbezug ein Preis von 8,25 Cent/kWh und für den Strombezug ein Strompreis von 24,75 Cent/kWh berücksichtigt. Die Substitution der Stromkosten durch die PVT Anlage führt

zu einer jährlichen Einsparung von ca. (Netto) von 8.460 EUR, aber auch zu einem Mehrbedarf von fast 1.000 EUR bei Gasbezug führt.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Brutto)

		Bestand	Variante 1	Variante 2
ENERGIEBEDARF	Einheit	Bestand	PVT	Absorber
Heizenergiebedarf	MWh/ a	94,80	94,80	94,80
Anteil Eigenerzeugung für Strom	MWh/ a	0,00	34,18	0,00
Anteil Wärmeerzeugung Solar	MWh/ a	0,00	84,50	0,00
Allgemeinstrombedarf Schwimmbad	MWh/ a	34,18	0,00	34,18
Anteil Kesselanlage	MWh/ a	0,00	10,30	0,00
Jahresnutzungsgrad Wärmeerzeuger	%	85,00%	85,00%	85,00%
Energiebedarf Wärmeerzeugung	MWh/ a	0,00	12,12	0,00
Investitionen				
Solarthermie	EUR			41.137
Anbindung NSHV und zusätzlich Solarpumpe	EUR		7.724	
Elektroinstallation mit Wechselrichter	EUR		26.157	
Verrohrung	EUR		37.138	
PVT Anlage	EUR		151.026	
Anpassung Regeltechnik Wassertechnik	EUR		3.200	
Umbau Sauna	EUR		30.000	
Sonstiges	EUR		12.800	2.100
Honorare	EUR		42.000	11.339
Baukostenzuschuss	EUR	0	0	0
Summe Eigeninvestitionen	EUR	0	310.046	54.576
Kapitalkosten				
Zinssatz		3,00%	3,00%	3,00%
Solarthermie	EUR/a	0	0	2.765
Anbindung NSHV und zusätzlich Solarpumpe	EUR/a	0	519	0
Elektroinstallation mit Wechselrichter	EUR/a	0	1.758	0
Verrohrung	EUR/a	0	2.496	0
PVT Anlage	EUR/a	0	10.151	0
Anpassung Regeltechnik Wassertechnik	EUR/a	0	215	0
Umbau Sauna	EUR/a	0	2.016	0
Sonstiges	EUR/a	0	860	141
Honorare	EUR/a	0	2.823	762
Baukostenzuschuss	EUR/a	0	0	0
Summe Kapitalkosten	EUR/a	0	20.840	3.668
Verbrauchsgebundene Kosten				
Wärmebedarf				
Heizung	MWh/a	94,80	94,80	94,80
Alternative Wärme	MWh/a	0,00	12,12	0,00
WP Strom	MWh/a			
Allgemeinstrom	MWh/a	34,18	0,00	34,18
PV Einspeisung	MWh/a	0,00	0,00	0,00

Brennstoffpreise:				
Strompreis (Basispreis)	Cent/kWh	24,75	24,75	24,75
Gaspreis	Cent/kWh	8,25	8,25	8,25
Brennstoffkostensteigerung	%/a	0,0%	0,0%	0,0%
Strom Allgemein	EUR/ a	0	-8.460	0
Gas	EUR/ a	0	1.000	0
Betriebsstromkosten	EUR/ a	110	220	110
Summe Verbrauchsgeb. Kosten	EUR/a	110	-7.240	110
Betriebsgebundene Kosten				
Instandsetzung	EUR/a	210	950	210
Wartung (extern)	EUR/a	210	640	210
Personalkosten für Betätigung	EUR/a	312	0	312
Versicherung	EUR/a	0	804	130
Summe Betriebsgeb. Kosten	EUR/a	732	2.394	862
Summe Kapitalkosten	EUR/a	0	20.840	3.668
Summe Verbrauchsgeb. Kosten	EUR/a	110	-7.240	110
Summe Betriebsgeb. Kosten	EUR/a	732	2.394	862
jährliche Nettokosten	EUR/a	842	15.994	4.640
19 % MwSt.	EUR/a	160	3.039	882
jährliche Bruttokosten	EUR/a	1.002	19.033	5.522

5. Fazit

Die Errichtung einer hybriden Solaranlage verursacht im Besonderen durch die hohen Investitionskosten eine sehr hohen Kapitalkosten von (netto) ca. 20.800 EUR/a. Diese Kosten lassen sich auch nicht durch eine geringere Finanzierungszeit reduzieren.

Durch die geographischen Gegebenheiten fällt der mögliche PV Solarertrag um fast 30 % geringer aus als bei unbeschatteten PV Anlagen möglich wären.

Des Weiteren wird durch eine zwingend erforderliche Trennung des Beckenkreislaufes (Chlorbelastet und nicht frostsicher) in der Sauna, die Nutzung des Bereiches Fußbecken eingeschränkt. Ein sinnvollerer Montageort ist leider auch Grund der baulichen Gegebenheiten nicht gegeben.

Eine gleichzeitige Nutzung von Strom und Wärme ist in einem Freibad mit einer Nutzung auch im restlichen Jahr in dem Freibad in Stromberg gegeben. Aber auch Grund der Einschränkungen in der jährlichen Nutzung auf die Sommermonate, wäre eine Trennung der System zu empfehlen. Die Dachflächen im Panoramabad sollten wieder mit einer thermischen Solaranlage ausgelegt werden und eine PV Nutzung sollten an einer ganzjährig zu betreibenden Stelle montiert werden.