



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Fakultät Life Sciences

Solartechnik für Sportstätten in Hamburg –  
Einsparpotentiale und Wirtschaftlichkeitsanalysen

Bachelorarbeit

Im Studiengang Umwelttechnik

Vorgelegt von

Martin Stumpf  
Matrikelnummer [REDACTED]

Reinbek  
am 08.08.2017

1. Gutachter: Prof. Dr. Fritz Dildey (HAW-Hamburg)
2. Gutachter: Dipl.-Met. Bernhard Weyres-Borchert (SolarZentrum)

Die Abschlussarbeit wurde betreut und erstellt in Zusammenarbeit mit dem SolarZentrum-Hamburg.

## **Danksagung**

Danken möchte ich besonders Bernhard Weyres-Borchert und Karin Maring für ihre tolle Unterstützung und für die Freiheit, die sie mir bei der Themenfindung und der Umsetzung meiner Bachelorarbeit gelassen haben.

Zudem danke ich meiner Freundin Malina für die vielen Tage, die sie während meiner Arbeit mit mir leiden musste, aber auch für ihre Hilfe bei der Korrektur meiner Rechtschreibung.

Ein Dank geht auch an die Sportstätten für die tolle Zusammenarbeit sowie an Lars Kunath von der Firma Vela Solaris, der mir deren Simulationssoftware kostenfrei für meine Bachelorarbeit zur Verfügung gestellt hat.

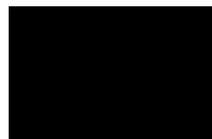
Ein ganz besonderer Dank geht noch an meine Eltern und Oma Ingeborg, die mich während meines gesamten Studiums emotional und finanziell unterstützt haben.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Datum: 08.08.2017

Unterschrift:



# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Diagrammverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Technische Grundlagen.....	2
2.1 Photovoltaik.....	2
2.2 Solarthermie.....	5
3 Auslegung der Anlagen .....	8
3.1 Auslegung PV Anlage .....	9
3.2 Auslegung Solarthermie Anlage .....	10
4 Methodik.....	11
4.1 Datenerfassung.....	11
4.2 Verschattungsanalyse .....	12
4.3 Simulationssoftware.....	12
4.4 Wirtschaftlichkeitsanalysen .....	14
5 Rahmenbedingungen .....	16
6 Sportstätten Anlagenauslegung.....	20
6.1 Sportstätte A.....	20
6.2 Sportstätte B.....	21
6.3 Sportstätte C.....	23
6.4 Sportstätte D.....	25
6.5 Sportstätte E.....	27
6.6 Sportstätte F .....	29
6.7 Sportstätte G .....	30
6.8 Sportstätte H.....	32
6.9 Sportstätte I .....	34
7. Auswertung die Simulationsergebnisse.....	35
7.1 Sportstätte A.....	36
7.2 Sportstätte B.....	37
7.3 Sportstätte C.....	39
7.4 Sportstätte D.....	40
7.5 Sportstätte E.....	41
7.6 Sportstätte F .....	43
7.7 Sportstätte G .....	44
7.8 Sportstätte H.....	45
7.9 Sportstätte I .....	47

8. Zusammenfassung .....	49
Literaturverzeichnis .....	51
Anhang .....	

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bändermodell (Quaschnig, 2013) .....	2
Abbildung 2: Raumladungszone (Quaschnig, 2013).....	3
Abbildung 3: Funktionsweise einer Solarzelle (Quaschnig, 2013) .....	4
Abbildung 4: Photovoltaik Anlage (Quaschnig, 2013).....	4
Abbildung 5: Flachkollektor (Quaschnig, 2013) .....	5
Abbildung 6: Wärmeverluste (Quaschnig, 2013) .....	6
Abbildung 7: Heatpipe (Quaschnig, 2013) .....	6
Abbildung 8: Absorber Formen (Quaschnig, 2013).....	7
Abbildung 9: Solarthermische Anlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Quaschnig, 2013) .....	8
Abbildung 10: Solarstrahlung (Quaschnig, 2013).....	9
Abbildung 11: Beispielhafte Darstellung der Softwaremaske (Vela Solaris, 2017).....	13
Abbildung 12: Beispiel einer grafischen Darstellung (Vela Solaris, 2017).....	14
Abbildung 13: Belegungsplan A.....	21
Abbildung 14: Belegungsplan B.....	22
Abbildung 15: Belegungsplan C Ausschnitt .....	24
Abbildung 16: Belegungsplan C.....	24
Abbildung 17: Belegungsplan D.....	26
Abbildung 18: Belegungsplan E1 (Südwest).....	27
Abbildung 19: Belegungsplan E2 (Südost).....	28
Abbildung 20: Belegungsplan F Ausschnitt .....	29
Abbildung 21: Belegungsplan F .....	30
Abbildung 22: Belegungsplan G (Ausschnitt der Anlage).....	31
Abbildung 23: Belegungsplan G .....	31
Abbildung 24: Belegungsplan H1 Ausschnitt.....	33
Abbildung 25: Belegungsplan H1 (Südost) .....	33
Abbildung 26: Belegungsplan H2 Ausschnitt.....	33
Abbildung 27: Belegungsplan H2 (Südwest) .....	34
Abbildung 28: Belegungsplan I Ausschnitt .....	35
Abbildung 29: Belegungsplan I .....	35

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Trinkwassererwärmung (Quaschnig, 2013, S. 131) .....	10
Tabelle 2: Förderung der Hamburgischen Investitions- und Förderbank (IFB, 2017).....	15
Tabelle 3: BAFA Förderung (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2017) .....	15
Tabelle 4: Einspeisevergütung (Bundesnetzagentur, 2017).....	16

## Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Ausschnitt Verbrauchsprofil .....	17
Diagramm 2: Warmwasser Energiebedarf .....	18
Diagramm 3: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte A .....	36
Diagramm 4: CO2 Einsparungen in t Sportstätte A .....	36
Diagramm 5: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte A .....	37
Diagramm 6: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte B .....	37
Diagramm 7: CO2 Einsparungen in t Sportstätte B .....	38
Diagramm 8: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte B .....	38
Diagramm 9: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte C .....	39
Diagramm 10: CO2 Einsparungen in t Sportstätte C .....	39
Diagramm 11: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte C .....	39
Diagramm 12: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte D .....	40
Diagramm 13: CO2 Einsparungen in t Sportstätte D .....	40
Diagramm 14: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte D .....	41
Diagramm 15: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte E .....	41
Diagramm 16: CO2 Einsparungen in t Sportstätte E .....	42
Diagramm 17: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte E .....	42
Diagramm 18: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte F .....	43
Diagramm 19: CO2 Einsparungen in t Sportstätte F .....	43
Diagramm 20: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte F .....	43
Diagramm 21: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte G .....	44
Diagramm 22: CO2 Einsparungen in t Sportstätte G .....	44
Diagramm 23: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte G .....	45
Diagramm 24: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte H .....	45
Diagramm 25: CO2 Einsparungen in t Sportstätte H .....	46
Diagramm 26: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte H .....	46
Diagramm 27: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte I .....	47
Diagramm 28: CO2 Einsparungen in t Sportstätte I .....	47
Diagramm 29: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte I .....	47

# 1 Einleitung

Solarenergie in Norddeutschland lohnt sich. Es gibt in Hamburg durchschnittlich insgesamt um die 1.596 Sonnenstunden pro Jahr, die einen großen Beitrag zur Energieerzeugung liefern können (WeatherOnline, 2017). Die Stadt bezuschusst deswegen solarthermische Anlagen über die Hamburgische Investitionsbank- Förderbank (IFB) im Programm „Erneuerbare Wärme“. Zusätzlich können Hamburger das Förderprogramm des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) in Anspruch nehmen. Darüber hinaus bietet der Hamburger Sportbund eine weitere Förderung für Hamburger Sportstätten.

Deutschland hat das Ziel, bis 2050 vollständig auf erneuerbare Energien umgestiegen zu sein. Dieses Ziel betrifft alle Lebensbereiche der Gesellschaft. Hierzu gehört auch der Sport mit seinen Sportstätten und Vereinen. Dieser für viele Hamburger wichtige Lebensbereich ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Diese Arbeit soll aufzeigen, wie mit Hilfe von erneuerbarer Energie bzw. Sonnenenergie ein Beitrag zur Erreichung des Zieles der Bundesregierung geleistet werden kann, aber auch die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen für die Sportstätten gegeben ist. Weiterhin verschafft die Nutzung von Solarenergie mittel- und langfristig eine gewisse Unabhängigkeit von der Energiepreisentwicklung. Da Sportstätten mit ihren finanziellen Mitteln langfristig planen müssen, bedeutet diese Unabhängigkeit eine spürbare Entlastung.

Die Sonnenenergienutzung von Sportstätten stellt eine besonders sinnvolle Art dar, da sie zum großen Teil am Tag und verstärkt bei gutem Wetter genutzt werden. In dieser Arbeit soll das Potential und die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von solarthermischen Anlagen und Photovoltaikanlagen in Hamburger Sportstätten untersucht werden. Dabei wird mit Hilfe der gemessenen Verbräuche von Strom, Heizenergie sowie Wasser ein Gesamtenergieverbrauchsprofil erstellt und unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Dachfläche werden die verschiedenen Umsetzungsvarianten analysiert. Dazu werden die ausgearbeiteten Energieverbrauchsdaten in das Simulationsprogramm Polysun eingearbeitet und theoretische Anlagen simuliert. Mit Hilfe dieses Programms lassen sich dann u.a. Ertrag, Einsparung sowie CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung berechnen sowie auch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchführen.

Für jede Sportstätte wird je nach Möglichkeit eine Simulation mit einer Solarthermie- und/ oder einer Photovoltaikanlage durchgeführt. Die Ergebnisse werden daraufhin dahingehend verglichen, welche Anlage wirtschaftlicher ist, welche ein höheres CO<sub>2</sub> Einsparpotential besitzt und/ oder ob sich eine Kombination der Anlagen lohnt.

## 2 Technische Grundlagen

„Die weitaus größte erneuerbare Energiequelle ist die Sonne“ (Quaschnig, 2013, S. 36). Man unterscheidet die direkte von der indirekten Nutzung der Sonnenenergie. Bei der direkten Nutzung wird die eintreffende Sonnenstrahlung direkt genutzt und mit technischen Anlagen umgewandelt, zum Beispiel mit Sonnenkollektoren in Wärmeenergie oder mit Photovoltaikanlagen in elektrische Energie. Bei indirekter Nutzung der Sonnenenergie wird diese auf natürliche Weise, zum Beispiel in Form von Pflanzenwachstum, verwendet. Durch Verbrennen kann in Wärmeenergie umgeformt (dissipiert) werden. Bei der Entstehung von Winden durch Sonnenenergie geschieht die Umwandlung in mechanische bzw. anschließend elektrische Energie. In dieser Arbeit geht es um die direkte Nutzung von Sonnenenergie durch Solarthermie und Photovoltaik (Quaschnig, 2013).

### 2.1 Photovoltaik

In Photovoltaikanlagen wird die Sonnenstrahlung in Solarzellen in elektrische Energie umgewandelt (Quaschnig, 2013).

Zur Energiegewinnung nutzt man bei der Photovoltaik den sogenannten inneren Photoeffekt. Hierbei wird ein Elektron durch die Energie eines Photons (Licht) auf ein höheres Energieniveau (Energieband) gebracht (Quaschnig, 2013).

Bei Festkörpern mit einer größeren Anzahl von Atomen entstehen so genannte Energiebänder (unterschiedliche Energieniveaus der Elektronen). Diese nehmen eine bestimmte Anzahl von Elektronen auf. Das Bändermodell (siehe Abbildung 1) ist so aufgebaut, dass das oberste vollständig gefüllte Band das Valenzband darstellt und das nächst höhere den Leitungsabstand. Der Raum dazwischen ist die sogenannte verbotene Zone. Der Abstand der beiden Bänder ist der Bandabstand. Je nach Abstand und Beladung dieser Bänder handelt es sich um einen Isolator, einen Leiter oder einen Halbleiter (Quaschnig, 2013).

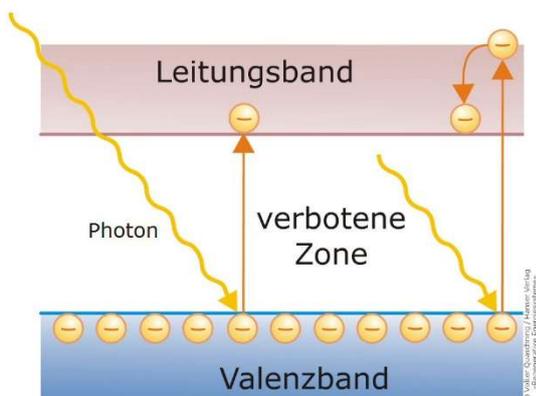


Abbildung 1: Bändermodell (Quaschnig, 2013)

Zur elektrischen Energiegewinnung aus Sonnenstrahlung nutzt man Halbleiter. Dabei muss die Energie des Photons groß genug sein, um den Leitungsabstand zu überwinden (Quaschnig, 2013).

Es gibt verschiedene Arten von Solarzellen. Die momentan gängigsten sind Siliziumbasierte Solarzellen (Quaschnig, 2013).

Bei Silizium handelt es sich um einen elementaren Halbleiter, welcher über vier Valenzelektronen verfügt und in einem Siliziumkristallgitter mit vier weiteren Silizium-Atomen eine Elektronenpaarbindung eingeht. Das Silizium wird mit sogenannten Störstellen p- oder n-dotiert. Dabei wird es entweder mit einem Element aus der fünften Hauptgruppe versehen, was dazu führt, dass ein Elektron mehr vorhanden ist. Dann spricht man vom sogenannten n-dotierten Silizium. Oder es wird mit einem Element aus der dritten Hauptgruppe versehen, wodurch ein Elektronenloch entsteht. Hier spricht man vom sogenannten p-dotierten Silizium. Sowohl die Löcher als auch die freien Elektronen können im Silizium wandern. Fügt man p- und n-dotiertes Silizium zusammen, entsteht dazwischen durch Diffusion eine Raumladungszone, welche der Bewegung der Ladungsträger entgegengerichtet ist. So kann die Diffusion nicht endlos fortschreiten (Quaschnig, 2013).

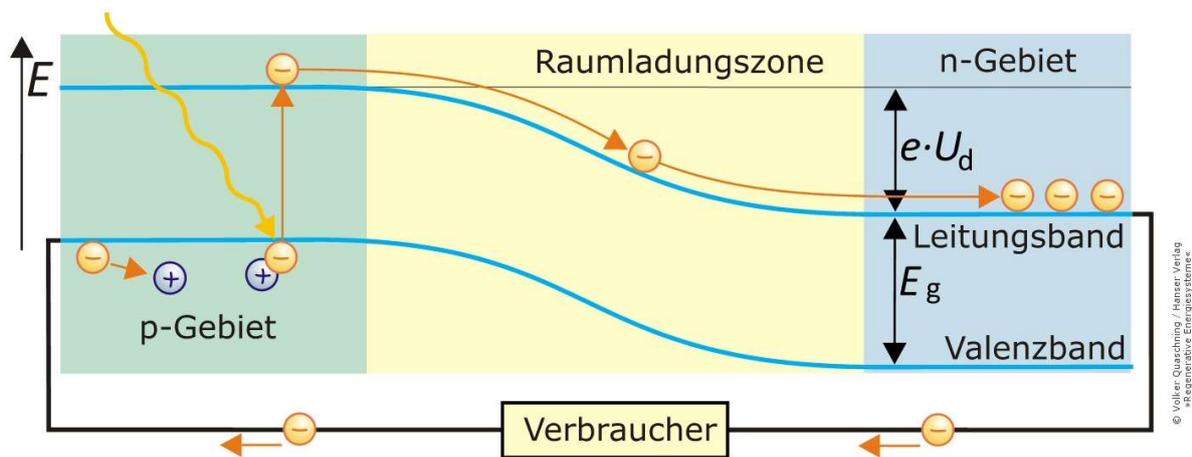


Abbildung 2: Raumladungszone (Quaschnig, 2013)

Trifft nun ein Photon im p-Gebiet auf ein Elektron, wird dieses vom Valenzband auf das Leitungsband angehoben. So wird es durch das elektrische Feld in der Raumladungszone in das n-Gebiet gezogen, siehe Abbildung 2. Verbindet man die beiden Gebiete nun mit einem elektrischen Verbraucher fließt der Strom. Der maximale Wirkungsgrad von Monokristallinen-Siliziumsolarzellen beträgt im Labor 25 % (Quaschnig, 2013).

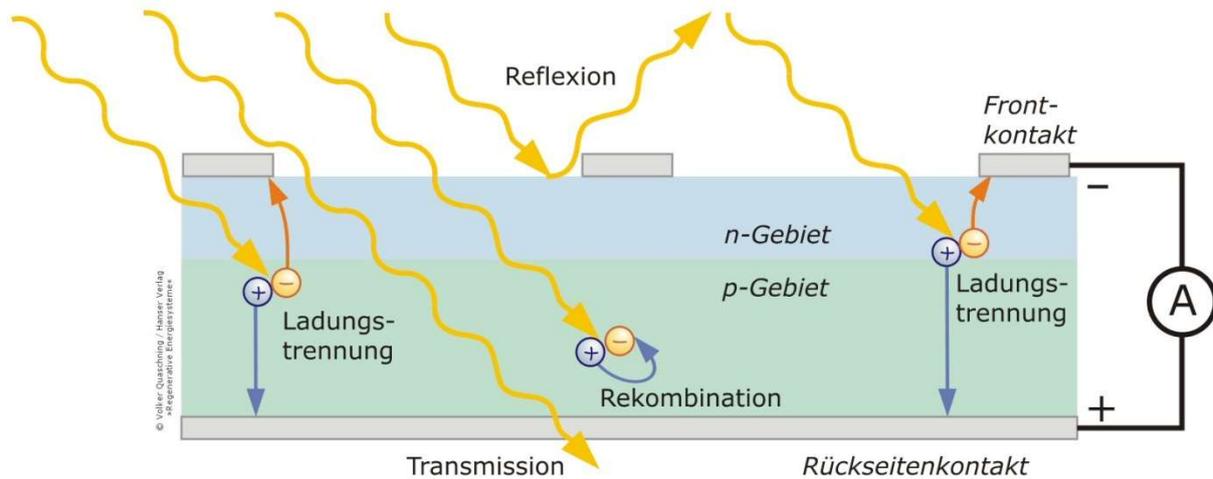


Abbildung 3: Funktionsweise einer Solarzelle (Quaschnig, 2013)

Bei einer Solarzelle wird wie in der Theorie oben n-dotiertes Silizium und darunter p-dotiertes Silizium zusammengefügt und mit Kontakten versehen (siehe Abbildung 3). Werden Elektronen von Photonen in der Raumladungszone vom Valenzband ins Leitungsband angehoben, so werden diese vom elektrischen Feld ins n-Gebiet gezogen. Dort kann es aber nicht wieder durch die Raumladungszone zurück ins p-Gebiet. Schaltet man zwischen die beiden Kontakte nun einen Leiter, fließt der Strom in Form von Gleichstrom. Dieser lässt sich mit Hilfe einer Batterie speichern und/oder kann mit Hilfe eines Wechselrichters in Wechselstrom für den Hausgebrauch umgewandelt und genutzt werden (Quaschnig, 2013).

Der typische Aufbau einer Photovoltaikanlage zur privaten Nutzung mit Batterie sieht wie in Abbildung 4 dargestellt aus.

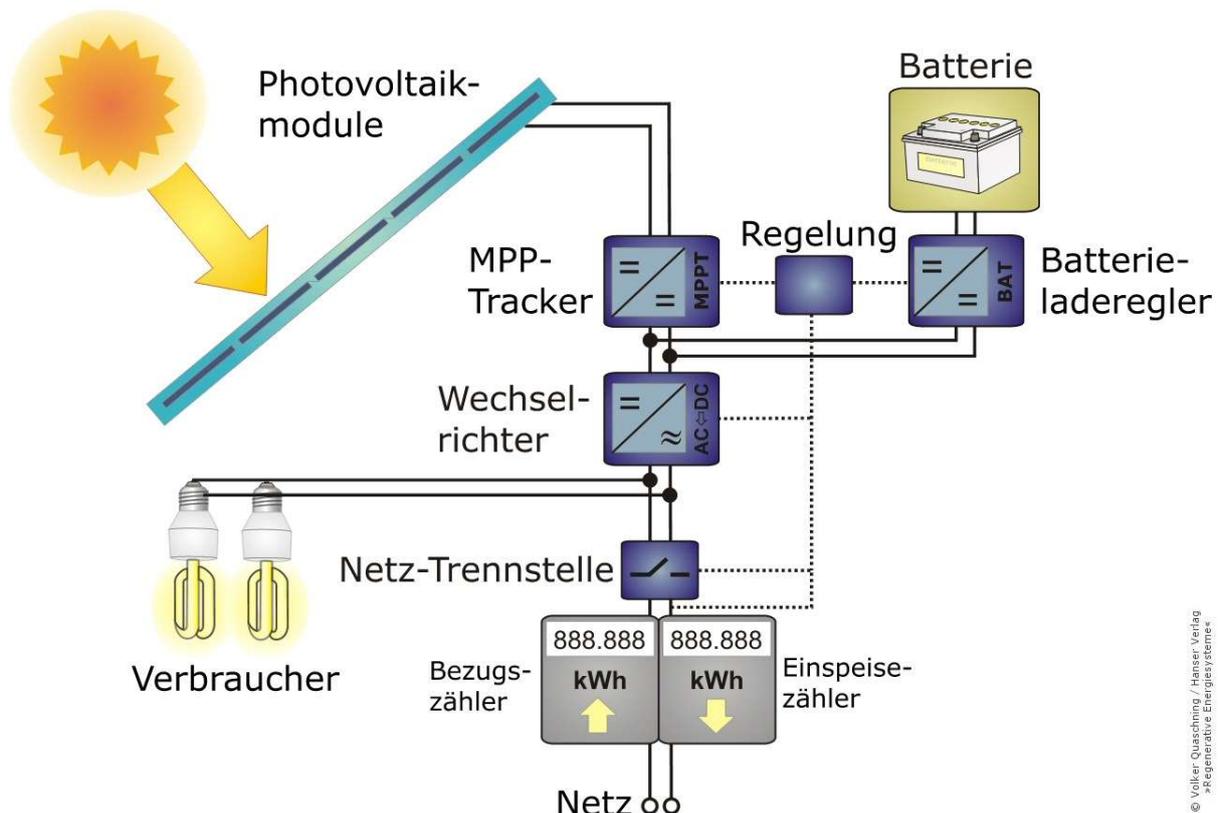


Abbildung 4: Photovoltaik Anlage (Quaschnig, 2013)

© Volker Quaschnig / Hanser Verlag  
»Regenerative Energiesysteme«

Auf dem Dach befinden sich die Photovoltaik Module und im Haus dann die restlichen Komponenten zur Speicherung und Umwandlung in den haushaltsüblichen Wechselstrom sowie zwei Zähler, die einmal das zählen, was ins Netz eingespeist wird und andererseits was aus dem Netz bezogen wird (Quaschnig, 2013).

## 2.2 Solarthermie

Bei der Solarthermie, wie sie für die Anlagen benötigt wird, handelt es sich um nicht konzentrierende Solarthermie. Hierbei wird die Solarenergie mit Hilfe von sogenannten Kollektoren in thermische Energie umgewandelt. Man unterscheidet zwei Kollektorbau-Gruppen voneinander, die Flach- und die Vakuumröhrenkollektoren (Quaschnig, 2013).

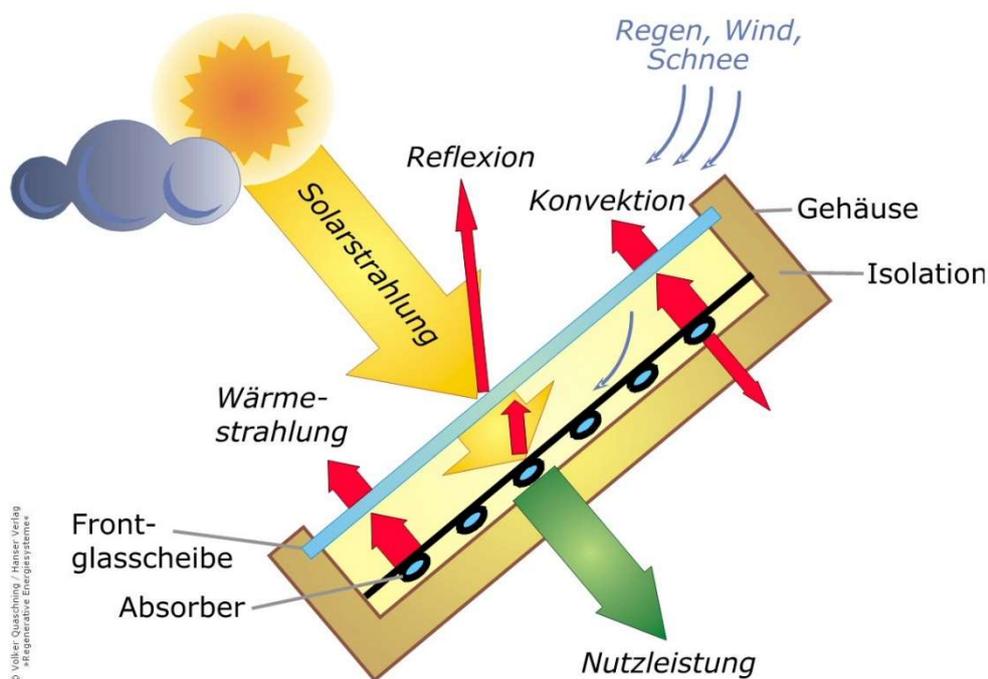


Abbildung 5: Flachkollektor (Quaschnig, 2013)

Bei einem Flachkollektor, der in Abbildung 5 dargestellt ist, dringt die Sonnenstrahlung durch die Glasscheibe und wird zu einem geringen Teil reflektiert und absorbiert. Die restliche Strahlung trifft auf den Absorber, der im Kollektor verlegt ist, und wird zu einem großen Teil in Wärme umgewandelt, welche dann an die Solarflüssigkeit (meist ein Wasser-Propylenglykol Gemisch) abgegeben wird. Die Rückseite und Seitenflächen des Kollektors sind stark wärmeisoliert, um möglichst geringe Wärmeverluste zu haben. Die Glasscheibe dient ebenfalls dazu, die Wärmeverluste durch Konvektion weitestgehend zu unterbinden, sodass im Mittel circa 60 % der auftreffenden Sonnenenergie in Nutzwärme umgewandelt wird (siehe Abbildung 6).

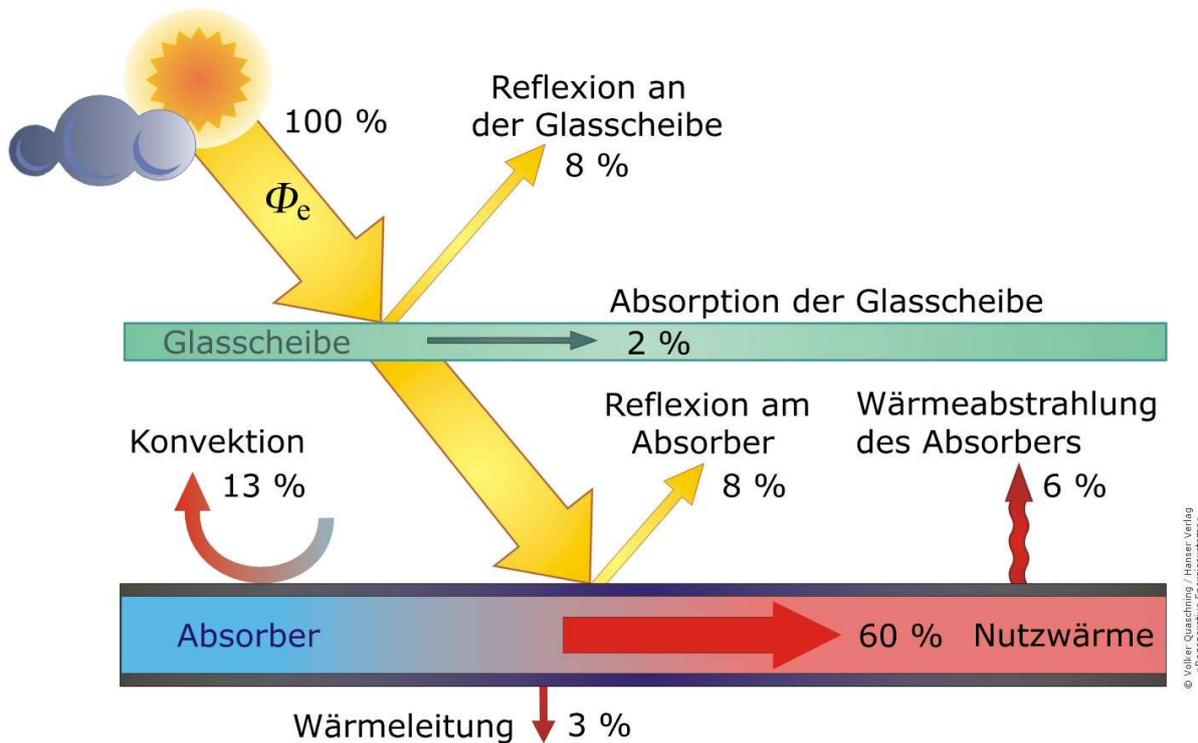


Abbildung 6: Wärmeverluste (Quaschnig, 2013)

Der zweite Kollektortyp ist der Vakuumröhrenkollektor. Diese Kollektoren bestehen aus einer Glasröhre, in der ein Vakuum herrscht und in dessen Mitte sich der Absorber befindet. Dabei unterscheidet man zwischen zwei Bauformen, einmal die Heatpipe und zum anderen das durchgehende Wärmerohr (Quaschnig, 2013).

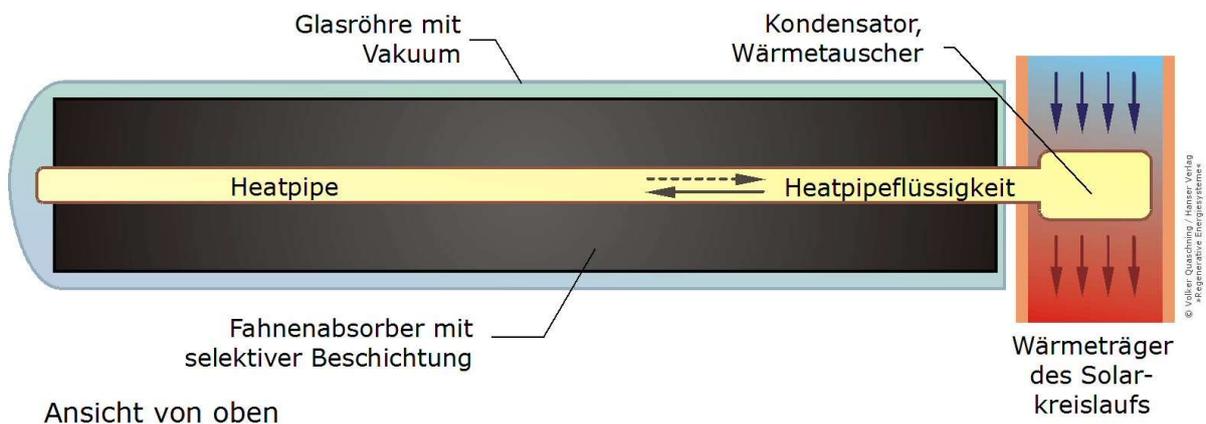


Abbildung 7: Heatpipe (Quaschnig, 2013)

Bei der Heatpipe, die in Abbildung 7 dargestellt ist, befindet sich in der Glasröhre ein Fahnenabsorber, in dessen Mitte ein Wärmerohr (die Heatpipe) integriert ist. In dieser Heatpipe befindet sich ein temperaturempfindliches Fluid, in der Regel Methanol, das durch den herrschenden Unterdruck bereits bei geringen Temperaturen dampfförmig wird. Dieser Dampf wandert nach oben zum Wärmetauscher, der die Wärme an den Solarkreis abgibt. Um diese Funktion sicherzustellen, müssen Heatpipe Vaku-

umröhrenkollektoren mit einer Mindestneigung montiert werden. Bei den Vakuumröhrenkollektoren mit durchlaufendem Wärmeträgerrohr fließt die Solarflüssigkeit direkt durch den Kollektor (entweder in einem u-förmigen Rohr oder in einem Koaxialrohr). Durch das Vakuum sind diese Kollektoren sehr gut wärmegeklämt, daher sind sie in der Lage, auch bei kalten Außentemperaturen und geringem Sonnenschein noch eine nennenswerte Wärmemenge zu liefern (Quaschnig, 2013).

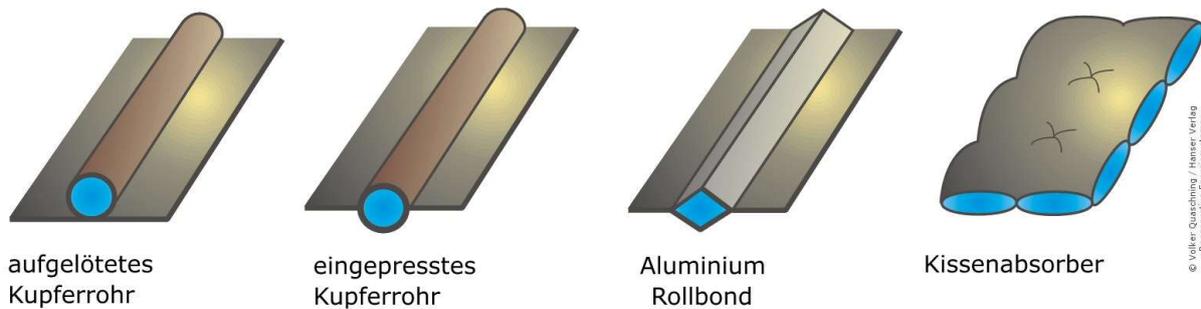


Abbildung 8: Absorber Formen (Quaschnig, 2013)

Der wichtigste Bestandteil von jedem Kollektor ist der sogenannte Absorber. Diesen gibt es in verschiedenen Formen, siehe Abbildung 8. Die Absorber bestehen meist aus Kupfer, Aluminium oder Stahl und sind mit einer selektiven Beschichtung versehen, welche Sonnenlicht besonders gut in Wärme umwandelt, aber nur zu einem geringen Teil in Wärmestrahlung wieder frei gibt. So wird die meiste Energie an die Solarflüssigkeit abgegeben (Quaschnig, 2013).

Ein weiterer wichtiger Bestandteil einer solarthermischen Anlage ist der Speicher, welcher passend zum Verbrauch und der Größe sowie der Art des Kollektorfeldes sein muss, um eine möglichst hohe Effizienz der Anlage zu gewährleisten. Bei dem Speicher ist zudem darauf zu achten, dass er gut wärmegeklämt ist. Außerdem sollte der Wärmetauscher des Solarkreises möglichst weit unten angebracht sein, um so den maximalen Temperaturunterschied zu haben und damit die größtmögliche Wärmemenge in den Speicher zu geben (Quaschnig, 2013).

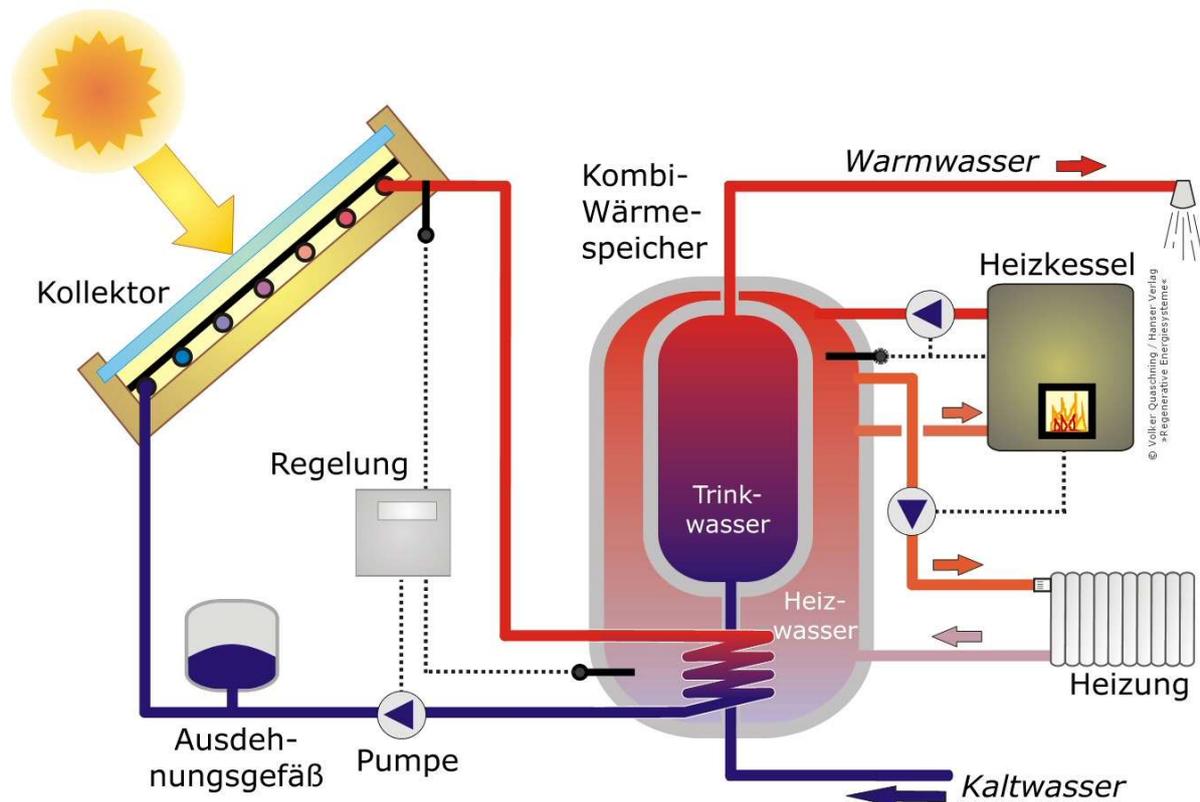


Abbildung 9: Solarthermische Anlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Quaschnig, 2013)

In der Abbildung 9 ist eine solarthermische Anlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung zu sehen. Dargestellt ist zudem auch eine weitere Komponente einer solchen Anlage: die Regelung, die die Pumpe des Solarkreises steuert. Dieses geschieht mit Hilfe von Temperatursensoren, die die Austrittstemperatur vom Kollektor und die Temperatur am Wärmetauscher überwachen. In der Abbildung ist außerdem ein Ausdehnungsgefäß zu sehen, welches die Aufgabe hat, sowohl im Betrieb den Anlagendruck weitestgehend konstant zu halten als auch im Stagnationsfall den gesamten, durch Dampfbildung verdrängten Kollektordinhalt aufzunehmen (Quaschnig, 2013).

### 3 Auslegung der Anlagen

Zur Auslegung einer solarthermischen Anlage oder einer Photovoltaikanlage sind die Kriterien Dachfläche, Neigung und dessen Ausrichtung zu berücksichtigen. Die zur Verfügung stehende Fläche, auf der die Anlage installiert werden kann, ergibt sich aus der zur Verfügung stehenden Dachfläche minus der Störfaktoren auf dem Dach selbst, wie zum Beispiel Lüftungsausgängen, Schornsteine, Fenster und ähnliches. Auch Verschattungen, die zum Beispiel durch Bäume oder Nachbargebäude den Großteil der Strahlung über das Jahr blockieren, sind zu ermitteln. Außerdem ist bei Flachdächern oder nur leicht geneigten Dächern eine Aufständigung der Module und Kollektoren energetisch sinnvoll. Um eine gegenseitige Verschattung zu verhindern, ist ein gewisser Mindestabstand zwischen den hintereinander aufgeständerten Anlagen notwendig. Dafür wird der Flächennutzungsgrad bestimmt. Für eine energetisch optimierte Flächennutzung lässt sich als Richtwert für

Norddeutschland eine optimale Modulneigung von ca. 30° und ein Flächennutzungsgrad von maximal 40 % nennen. Bei genügend Fläche ist es sinnvoll, den Flächennutzungsgrad so weit wie möglich zu verkleinern. Um dieses zu ermitteln, wird für die PV-Anlagen eine weitere Simulationssoftware (PV-Sol) genutzt.

### 3.1 Auslegung PV Anlage

Da man für jede eingespeiste kWh aktuell höchstens 12,3 Cent pro kWh bekommt (Bundesnetzagentur, 2017), aber für jede selbst genutzte kWh je nach Tarif circa 23 Cent spart, lohnt es sich derzeit generell, kleine bis mittlere Anlagen eigenverbrauchsorientiert auszulegen.

Daher ist ein weiteres Kriterium die eigenverbrauchsorientierte Auslegung für die Sportstätten. Bei der Auslegung der Anlagen ist es wichtig zu beachten, dass bei norddeutschen Strahlungsverhältnissen bei Südausrichtung ca. 85 % ± 10 % der installierten Leistung geerntet werden kann. Weicht diese von der Südausrichtung ab, verringert sich die Ausbeute (siehe Abbildung 10). Also können pro kWp installierte Leistung unter diesen Bedingungen jährlich ca. 850 kWh Solarstrom geerntet werden. Dies liegt daran, dass die Modulleistung unter optimalen Bedingungen, wie konstanter Temperatur (25 °C), und bei höheren Strahlungsverhältnissen bestimmt wurde. Diese Leistung entspricht also nicht der unter Hamburgischen Bedingungen tatsächlichen Modulleistung. Daher sind die Anlagen so auszulegen, dass diese geernteten 85 % der Menge des Jahresstrombedarfs der Anlage entspricht (SolarZentrum-Hamburg, 2017).

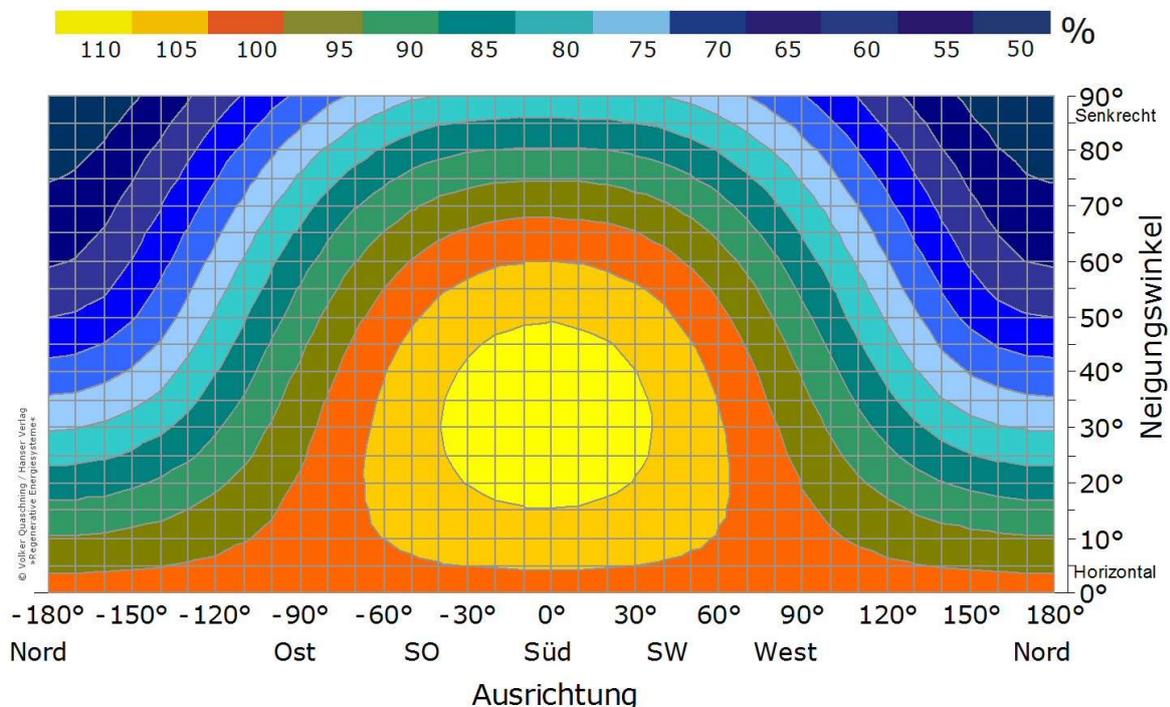


Abbildung 10: Solarstrahlung (Quaschnig, 2013)

Beispiel: Anlage A hat einen Jahresbedarf von 10.000 kWh

Das bedeutet:

Anlagengröße (kWp) = Jahresstrombedarf (kWh) / spezifischer Ertrag (kWh/kWp)  
11,76 kWp = 10.000 kWh / (850 kWh/kWp)

Das heißt, als erster Richtwert würde für die Sportstätte eine Anlage mit 11,76 kWp simuliert werden. Im Anschluss kann die Anlage nach Möglichkeit an das Verbrauchsprofil angepasst werden, um so eine noch bessere Auslegung für den Eigenverbrauch zu erzielen.

Ob es sinnvoll ist, zusätzlich einen Stromspeicher vorzusehen, ist vom erzielbaren Eigenverbrauchsanteil abhängig und muss im Einzelfall entschieden werden.

### 3.2 Auslegung Solarthermie Anlage

Eine Vorabauslegung der Solarthermie-Anlage zur Trinkwassererwärmung erfolgt anhand des Trinkwarmwasserverbrauchs pro Tag bzw. des täglichen Wärmeenergiebedarfs zur Trinkwassererwärmung und des gewünschten solaren Deckungsanteils. Zur Ermittlung der Werte kann man folgende Tabelle zur Hilfe nehmen:

	Verbrauch	Temperatur	Nutzwärme
Geschirrspülen pro Person	12 ... 15 l/Tag	50 °C	550 ... 700 Wh/Tag
Händewaschen	3 ... 5 l	37 °C	95 ... 160 Wh
Wannenbad	150 l	40 °C	5200 Wh
Duschen	30 ... 45 l	37 °C	940 ... 1400 Wh
Kopfwäsche	10 ... 15 l	37 °C	310 ... 470 Wh

Tabelle 1: Trinkwassererwärmung (Quaschnig, 2013, S. 131)

Um z.B. die Flachkollektorfläche zu berechnen, kann man folgende Gleichung nutzen:

$$A_K \approx \frac{365 \frac{d}{a} \cdot Q_{ww} \cdot f_{sol}}{H_{sol} \cdot \eta_{sys,sol}}$$

$A_A$  = Absorberfläche

$Q_{WW}$  = errechneter Wärmebedarf

$f_{sol}$  = Gewünschter Solarer Deckungsgrad

$H_{sol}$  = Bestrahlung auf die Kollektorfläche

$\eta_{sys,sol}$  = mittlerer Systemnutzungsgrad

(Sonnenenergie, 2012; Quaschnig, 2013)

Der solare Deckungsgrad ist der Anteil der Energie, die über das Jahr gesehen vom solarthermischen System kommt.

Der Systemnutzungsgrad ist der über das Jahr ermittelte Gesamtwirkungsgrad des solarthermischen Systems.

Die sinnvolle Speichergröße errechnet sich aus dem Wasserverbrauch pro Tag multipliziert mit zwei (Sonnenenergie, 2012; Quaschnig, 2013).

Beispiel:

Geht man von 20 Sportlern aus, die bei 37°C duschen und ca. 40 l Wasser verbrauchen, kommen wir auf eine Nutzwärme von ca. 1.250 Wh pro Sportler und Tag (siehe Tabelle).

1.250 Wh/Sportler · 20 Sportler/d ≈ 25.000 Wh/d ≈ 25 kWh/d

Weiter gehen wir von einem gewünschten solaren Deckungsgrad von 60 Prozent und einem mittleren Systemnutzungsgrad von 30 Prozent aus sowie von einer Bestrahlung auf die Kollektorfläche von 1.100 kWh/m<sup>2</sup>.

$$A_A \approx \frac{365 \frac{d}{a} \cdot 25 \frac{\text{kWh}}{d} \cdot 60\%}{1100 \text{ kWh/m}^2 \cdot 30\%} \approx 33 \text{ m}^2$$

Somit benötigt man 33 m<sup>2</sup> Flachkollektor-Absorberfläche oder 22 m<sup>2</sup> Vakuumröhrenkollektor-Absorberfläche, da diese ca. 30 % leistungsfähiger sind.

Größe des benötigten Speichers = 40 l/ Sportler · 20 Sportler/d · 2 = 1.600 l Speichergröße

Nach dieser Vorabauslegung erfolgt eine genaue Dimensionierung und Systemoptimierung mit Hilfe eines Simulationsprogramms.

## 4 Methodik

### 4.1 Datenerfassung

Für die Datenerfassung war es zuerst wichtig, Sportstätten zu finden, die ihre Daten zur Verfügung stellen. Dazu wurden verschiedene Wege eingeschlagen.

Der erste Versuch bestand darin, verschiedene Fitnessstudios anzuschreiben, deren E-Mail-Adressen und Ansprechpartner aus dem Internet recherchiert wurden. Dies brachte leider keinen Erfolg, da kein Interesse von Seiten der Studios bestand.

Als nächstes wurde ein Fitnessstudio über eine Empfehlung angeschrieben, da dessen Besitzer schon einmal ein Interesse an einer solartechnischen Anlage bekundet hatte. Dieser war mit einer Zusammenarbeit einverstanden. Daraufhin wurde ein Termin für ein erstes Treffen und eine Besichtigung der dortigen Einrichtung vereinbart. Vor Ort wurde die Dachfläche begangen und die vorhandene Technik in Augenschein genommen. Alle relevanten Daten und Abrechnungen des Fitnessstudios wurden zur Verfügung gestellt.

Weiterhin wurde mit dem Hamburger Sportverein ein Termin ausgemacht, um darüber direkte Ansprechpartner von verschiedenen Sportstätten zu erhalten. Daraus entstand eine Liste von Sportstätten mit den dazugehörigen Ansprechpartnern. Um ein möglichst breites Spektrum zu erhalten, wurden Sportstätten aus verschiedenen Bereichen wie Tennis, Rudern und Hockey ausgewählt, aber auch darauf geachtet, dass unterschiedliche Größen und Mitgliederzahlen von 300 bis 3.000 vertreten waren. Diese Sportstätten wurden dann einzeln angeschrieben. Nach dem Erhalt einer Antwort der einzelnen Sportstätten wurde ein Termin für ein Treffen vor Ort vereinbart, um die

Sportstätte zu besichtigen und alle relevanten Fragen zu besprechen sowie Besonderheiten zu dokumentieren. Zum Teil wurden alle Daten vor Ort erfasst, häufig wurde auch vereinbart, diese später per Email zuzuschicken. Mögliche Verschattungen wurden berücksichtigt und bei Bedarf wurde eine Verschattungsanalyse mit Hilfe des „SunEyes“ vorgenommen.

Die unterschiedliche und zum großen Teil schlechte Datenlage der einzelnen Sportstätten erwies sich als schwierig. Nur einige wenige konnten z.B. ein Stromverbrauchsprofil vorweisen, der größte Teil der Sportstätten aber nicht. Dort mussten die Jahresverbrauchsdaten aufgearbeitet werden, indem sie an Öffnungszeiten und Nutzungsprofile der Anlagen angepasst wurden, um möglichst realistische Verbrauchsprofile zu erhalten. Je nach Sportverein wurden diese Daten dann schnell oder auch zum Teil unvollständig geliefert, so dass sich diese Arbeit herauszogerte.

## 4.2 Verschattungsanalyse

Zur Verschattungsanalyse wurde das Messinstrument „SunEye 210“ der Firma Solmetric genutzt.

Hierbei handelt es sich um ein mobiles Gerät, das mit Hilfe eines Fischaugenobjektivs und einer Analysesoftware mögliche Verschattungen erfasst, analysiert und berechnet, wie hoch die prozentualen Einbußen auf den Jahresertrag der Sonnenenergie ist. Hierfür wird zuerst der Standort entweder manuell eingegeben oder mittels GPS erfasst, um den Sonnengang der Region zur aktuellen Messung zu hinterlegen. Weiter erfasst das Gerät mittels eines elektrischen Kompasses die Himmelsrichtung und die Neigung des SunEye durch einen Neigungssensor. Außerdem gibt es als Equipment einen Teleskopstab, auf den man das SunEye montieren kann (Solmetric, 2017). Dieser Teleskopstab dient dazu, Aufnahmen zu machen, wenn das Dach nicht zugänglich ist oder die Verschattungsanalyse für einen Neubau durchgeführt werden soll. Hierfür muss ein spezieller Modus aktiviert werden, woraufhin das SunEye anfängt, ein akustisches Signal zu geben. Dann muss das SunEye an die gewünschte Position gebracht und um 360 Grad innerhalb von 60 Sekunden gedreht werden, woraufhin es eine Horizontaufnahme durchführt. Am PC kann man mit der für das SunEye entwickelten Software die Aufnahmen und Analyseergebnisse herunterladen und die Aufnahmen in den Verschattungseditor einer Simulationssoftware (z.B. T\*SOL, PV\*SOL, Polysun) einlesen (Solmetric, 2017).

## 4.3 Simulationssoftware

Die Simulationssoftware, die genutzt wurde, um eine energetisch optimierte Flächennutzung zu bestimmen, war PV\*SOL® premium der Firma Valentin-Software. Es ist ein „Dynamisches Simulationsprogramm mit 3D-Visualisierung und detaillierter Verschattungsanalyse zur Berechnung von Photovoltaik-Anlagen mit Batteriesystemen“ (Lindemann, 2017).

Als weitere Simulationssoftware wurde „Polysun Designer“ von der Firma Vela Solaris genutzt. Es handelt sich hierbei um ein Simulationsprogramm zum Planen von Photovoltaikanlagen, solarthermischen Anlagen, Wärmepumpen, Blockheizkraftwerken und z.B. Eisspeicher. Die Besonderheit des Programms besteht in dem modularen Aufbau und der Möglichkeit, verschiedene strom- und wärmeerzeugende Techniken miteinander zu kombinieren. Das Programm ist auch allgemein anerkannt für die Förderanträge der IFB und BAFA (Vela Solaris, 2017).

Die Software bezieht zur Simulation regionale Wetterdaten des gewählten Standorts mit ein. Die Horizontaufnahmen des SunEye lassen sich einlesen, sodass die Verschattungen in der Simulation im Hinblick auf den Ertrag berücksichtigt werden. Es gibt vorgegebene Verbrauchsprofile, die zur Simulation genutzt werden können, man kann zudem aber auch eigene einarbeiten. Zusätzlich besitzt das Programm einen Auslegungsassistenten, der einem für die grobe Abschätzung dient, sowie im PV-Bereich einen Verkabelungsassistenten, der bei der Wahl des geeigneten Wechselrichters hilft und am Ende noch einmal das gesamte System auf Funktionalität prüft (Vela Solaris, 2017).

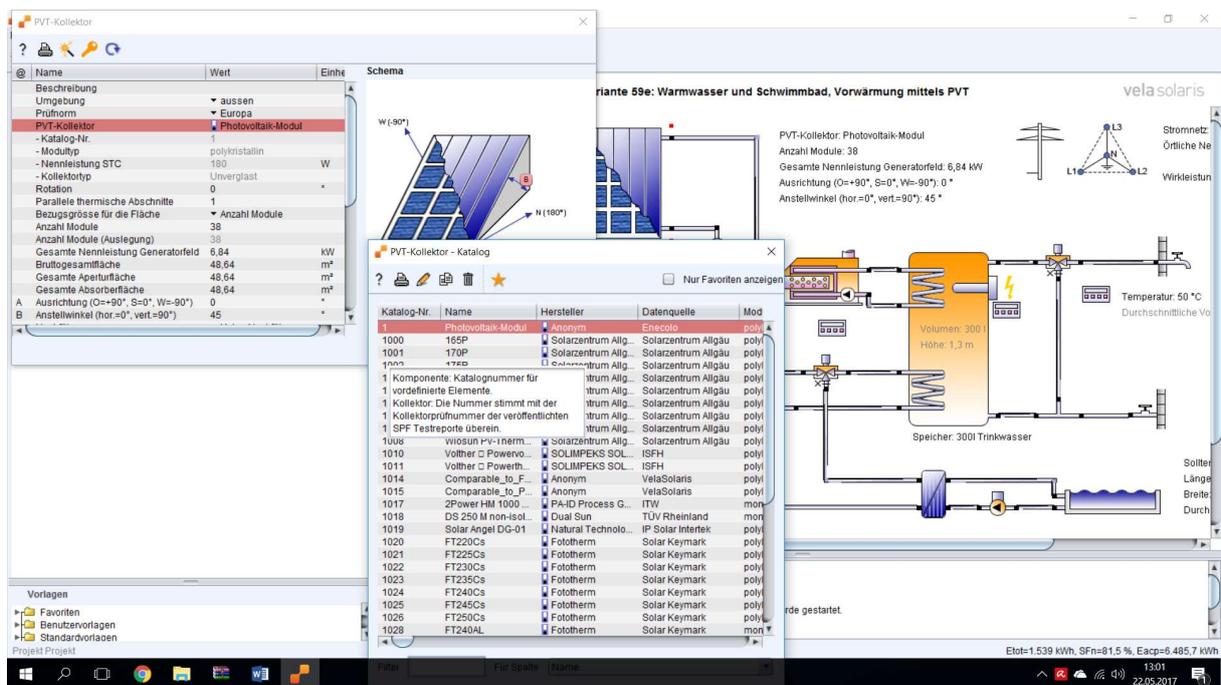


Abbildung 11: Beispielhafte Darstellung der Softwaremaske (Vela Solaris, 2017)

Die Software funktioniert nach dem Baukastenprinzip und besitzt eine große Datenbank von Produkten verschiedener Hersteller, jedoch ist es auch möglich, eigene Produkte einzuarbeiten und zu verändern. Die komplette Hydraulik und Regelung lässt sich nach eigenen Wünschen anpassen und verändern (Vela Solaris, 2017). Die Darstellung einer beispielhaften Maske des Programms ist in Abbildung 11 zu sehen.

Nach der Simulation lassen sich umfangreich die Berechnungsergebnisse wie zum Beispiel der Ertrag, die Temperaturen, die Deckungsanteile, der Eigenverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Einsparung grafisch aber auch tabellarisch darstellen (Vela Solaris, 2017). Ein Beispiel einer grafischen Darstellung ist in Abbildung 12 dargestellt.

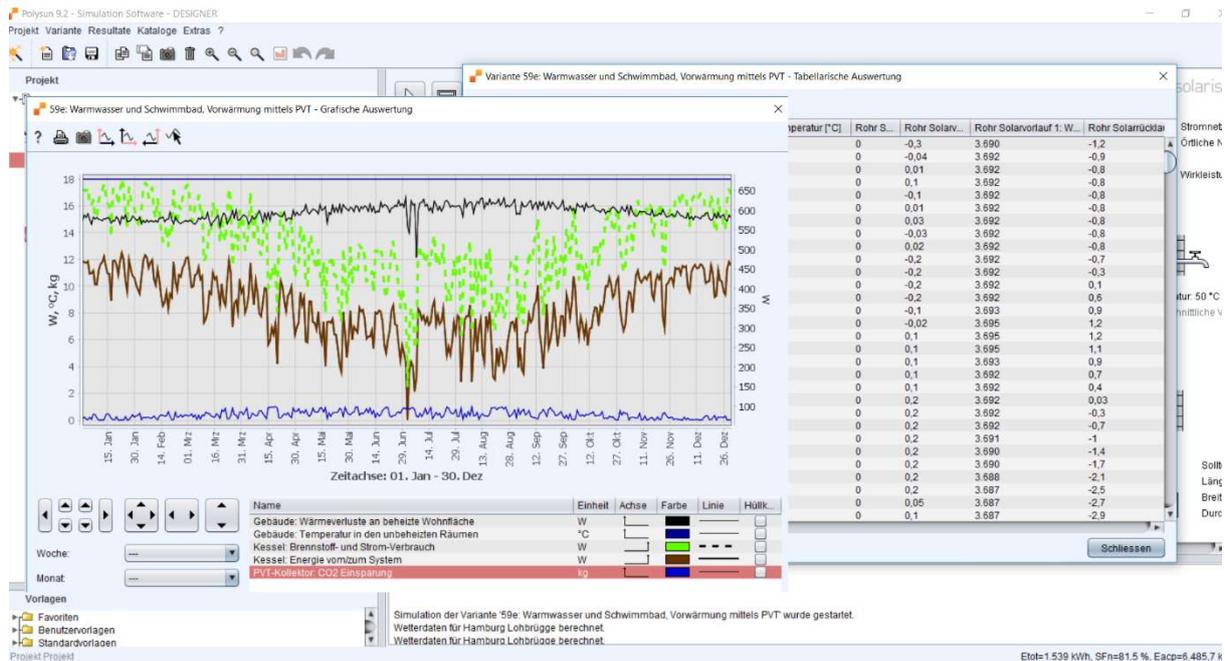


Abbildung 12: Beispiel einer grafischen Darstellung (Vela Solaris, 2017)

## 4.4 Wirtschaftlichkeitsanalysen

Bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse werden die Kosten mit einer solartechnischen Anlage mit den Kosten ohne solartechnische Anlage über einen bestimmten Zeitraum verglichen. Daraus wird dann berechnet, ob durch die Anlage eine Geldeinsparung erzielt werden konnte.

Wichtig für so eine Betrachtung ist es, zunächst die äußeren Faktoren zu definieren. Dazu gehören:

- Betrachtungszeitraum
- Kalkulationszinssatz
- Inflationsrate
- Energiepreise und Energiepreissteigerung

Für das weitere Vorgehen müssen nun alle Kosten sowie die Einnahmen aufgestellt werden.

Die Kosten:

- Investitionskosten
- Wartungs- und Betriebskosten
- eventuell weitere Kosten, z.B. Versicherung

Die Einnahmen:

- Energieeinsparung
- Einspeisevergütung
- Finanzielle Unterstützung (Zuschüsse, Kredite)

Bei solarthermischen Anlagen ist es besonders wichtig, die Fördermittel zu berücksichtigen, da diese die Investitionskosten deutlich senken können. Es existieren verschiedene Förderprogramme, die in Anspruch genommen werden können und teilweise miteinander kumulierbar sind.

Zum einen gibt es die Förderung der Hamburgischen Investitions- und Förderbank (IFB), die einen nicht rückzahlbaren Zuschuss gewährt:

- 100,- €/m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche (im Neubau 75,- €) für Anlagen zur ausschließlichen Warmwasserbereitung
- 200,- €/m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche (im Neubau 150,- €) für Anlagen zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung
- Bei Anlagen mit einer Bruttokollektorfläche größer als 200 m<sup>2</sup> erfolgt die Festlegung des Zuschusses im Einzelfall.

Tabelle 2: Förderung der Hamburgischen Investitions- und Förderbank (Hamburgische Investitions- und Förderbank, 2017)

Diese kann mit der Bundesförderung vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) kombiniert und kumuliert werden. Die aktuelle Förderung des BAFA zeigt folgende Übersicht:

Maßnahme		Basisförderung	Innovationsförderung <sup>5</sup>	
			Gebäudebestand	Neubau
Errichtung einer Solarkollektoranlage zur ...		Gebäudebestand	Gebäudebestand	Neubau
... ausschließlichen Warmwasserbereitung <sup>1</sup>	3 bis 10 m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche	500 €		
	11 bis 40 m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche	50 €/m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche	-	-
	20 bis 100 m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche	-	100 €/m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche	75 €/m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche
... kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, solare Kälteerzeugung oder Wärmenetzführung <sup>2</sup>	bis 14 m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche	2.000 € <sup>3</sup>		
	15 m <sup>2</sup> bis 40 m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche	140 €/m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche	-	-
	20 bis 100 m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche	-	200 €/m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche	150 €/m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche

Tabelle 3: BAFA Förderung (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2017)

Über die KfW gibt es besonders vergünstigte Kredite für die Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie in manchen Fällen Tilgungszuschüsse. Zudem gibt es die Fördermöglichkeit über den Hamburger Sportbund, die sich aus einem Zuschuss und einem Kredit zusammensetzt. Wie dieses Verhältnis im Einzelfall aussieht, ist z.B. von dem Umfang der Jugendarbeit des Vereins abhängig.

In dieser Arbeit werden die Förderungen der IFB und der BAFA kombiniert, die Förderung des Hamburger Sportbundes wird nicht berücksichtigt, da die Fördersätze sehr stark von den individuellen Gegebenheiten des Sportvereins abhängen.

Bei Photovoltaik Anlagen existiert die durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) geregelte Einspeisevergütung. Dabei handelt es sich um einen Betrag, den man für jede in das öffentliche Netz eingespeiste kWh über einen Zeitraum von 20 Jahren erhält. Die Höhe der Vergütung ist neben der Anlagengröße auch davon abhängig, zu welchem Zeitpunkt die Anlage in Betrieb genommen wurde, da die Vergütungshöhe nach dem bundesweiten Zubau bestimmt wird.

Die aktuellen Vergütungssätze (in Cent/kWh) sind in Tabelle 4 dargestellt.

Inbetriebnahme	Wohngebäude, Lärmschutzwände und Gebäude nach § 48 Absatz 3 EEG		
	bis 10 kWp	bis 40 kWp	bis 100 kWp
ab 01.01.2017	12.30	11.96	10.69
ab 01.02.2017	12.30	11.96	10.69
ab 01.03.2017	12.30	11.96	10.69
ab 01.04.2017	12.30	11.96	10.69
ab 01.05.2017	12.27	11.93	10.66
ab 01.06.2017	12.24	11.90	10.63
ab 01.07.2017	12.20	11.87	10.61

Tabelle 4: Einspeisevergütung (Bundesnetzagentur, 2017)

## 5 Rahmenbedingungen

In der Simulation werden die anonymisierten Standard-Gasthermen von Polysun verwendet, die einen Wirkungsgrad von 90% haben. Die CO<sub>2</sub>-Bestimmung wird mit einem Faktor von  $0,257 \frac{kgCO_2}{kWh}$  berechnet, in dem der Primärenergiefaktor berücksichtigt ist.

Als Netz wird das Deutsche Dreiphasennetz (230V/400V, 50 Hz, Stern, DE) genutzt. Zur CO<sub>2</sub>-Bestimmung wird mit einem Faktor von  $0,534 \frac{kgCO_2}{kWh}$  gerechnet, in dem der Primärenergiefaktor berücksichtigt ist.

Um die Primärenergieeinsparung zu ermitteln, wird die jeweils vom Programm ermittelte eingesparte Sekundärenergie mit dem dazugehörigen Primärenergiefaktor multipliziert. Bei Strom ist dieser 1,8 und bei Gas 1,1 (Matthaei, 2017).

Als PV-Modul wird ein anonymisiertes Modul verwendet.

Modultyp	Monokristallin
Nennleistung	260 Wp
Bruttofläche	1,63 m <sup>2</sup>
Maße B/L	1,637 m
	0,997 m
Modulwirkungsgrad	15,93 %

Die erste Auslegung für jede Sportstätte erfolgt erst einmal eigenverbrauchsorientiert. Dabei wird bei jedem Dach vorerst davon ausgegangen, dass pro 1 kWp 850kWh/a geerntet werden können. Dann erfolgt eine mit PV-SOL ermittelte maximal mögliche Modulbelegung anhand des Anstellwinkels und der Ausrichtung. Mit diesen Daten wird daraufhin die Anlage bei Polysun optimiert und ausgewertet.

Bei der Solarthermischen Nutzung wurde als Kollektor bei allen Anlagen ein anonymisierter Flachkollektor verwendet.

Kollektortyp	Flachkollektor
Bruttokollektorfläche	2 m <sup>2</sup>
Absorberfläche	1,8 m <sup>2</sup>
Inhalt	1,5 l
Optischer Wirkungsgrad	0,8
Linearer Wärmeverlustkoeffizient	3,5 W/(m <sup>2</sup> K)
Quadratischer Wärmeverlustkoeffizient	0,02 W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )

Für die erste Auslegung der Thermie-Anlage zur Trinkwassererwärmung wird von einem solaren Deckungsgrad von 60 % und einem mittleren Systemnutzungsgrad von 30 % ausgegangen sowie von einer Bestrahlung auf die Kollektorfläche von 1.000 kWh/m<sup>2</sup> bei Südausrichtung und 45° Anstellwinkel.

### Stromverbrauchsprofile

Die Stromverbrauchsprofile wurden, bis auf die für die Sportstätten I und G, selbst erstellt. Dabei wurden die Öffnungszeiten der einzelnen Sportstätten beachtet, in dieser Zeit werden 90 % des Stroms genutzt, 10 % werden über die restlichen Stunden verteilt. Bei den 90 % wurde davon ausgegangen, dass ein etwas niedrigerer Teil über den Tag verbraucht wurde und ein erhöhter Anteil am Abend. Dies beruht darauf, dass in vielen Räumen auch am Tag Licht genutzt wird und / oder andere Verbraucher noch eine Rolle spielen. Zwischen Sommer und Winter wurde kein Unterschied gemacht, da die Annahme getroffen wurde, dass durch die höheren Nutzungszahlen im Sommer im Gegensatz zum Winter ein Ausgleich zu dem im Winter höheren Lichtbedarf stattfindet. In dem nachfolgenden Diagramm 1 sieht man ein Beispiel für eines der so generierten Nutzungsprofile von einem Tag.

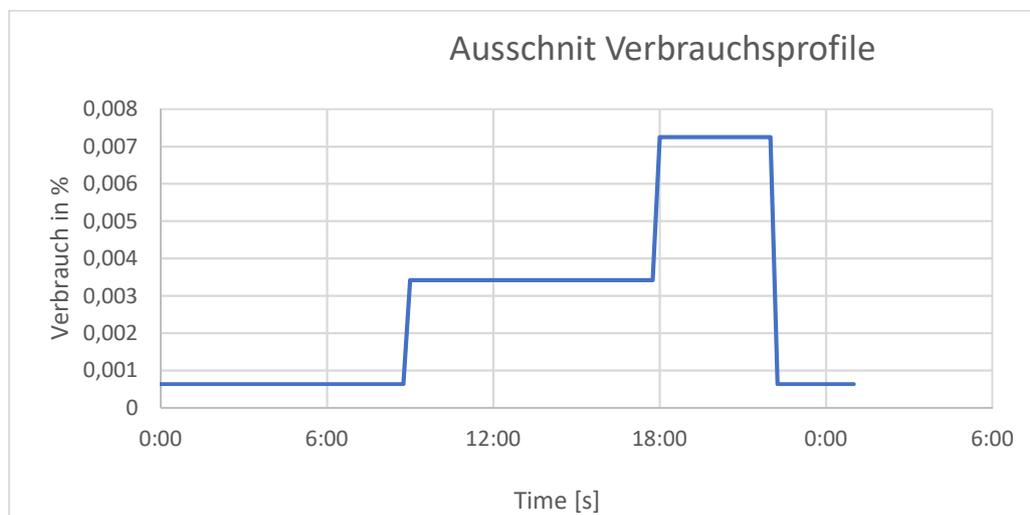


Diagramm 1: Ausschnitt Verbrauchsprofil

## Wärmeenergiebedarfsprofile zur Trinkwassererwärmung

Das Wärmeenergiebedarfsprofil zur Trinkwassererwärmung wurde mit Hilfe der Nutzungsprofile der einzelnen Anlagen erstellt. Dabei wurde beachtet, zu welcher Tages- und Jahreszeit sich wie viele Mietglieder auf der Anlage befinden. Aus Erfahrungen der verschiedenen Betreuer wurde angenommen, dass ca. 2/3 der Mitglieder nach dem Training auf der Anlage duschen. Daraufhin wurde dann, wie in den Grundlagen erklärt, von einem täglichen Wärmeenergiebedarf von 1.250 Wh pro Sportler ausgegangen. In der nachfolgenden Abbildung sieht man ein Beispiel für ein erstelltes Wärmeenergiebedarfsprofil zur Trinkwassererwärmung.

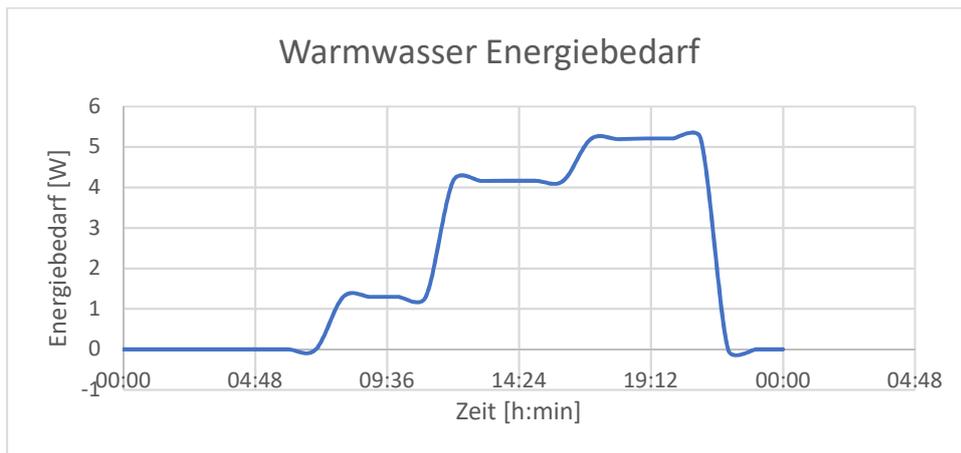


Diagramm 2: Warmwasser Energiebedarf

## Kostenbestimmung

Der Betrachtungszeitraum der Anlagen beträgt 25 Jahre.

Bei allen Sportstätten wird die jeweilige Förderung, wie in Abschnitt „Wirtschaftlichkeitsanalysen“ dargestellt, miteinbezogen. Sportstätte H und I bilden hierbei Ausnahmen, diese Sportstätte werden wie folgt betrachtet: Bei der 166,4 kWp Anlage von Sportstätte H wird auf 20 Jahre eine feste Einspeisevergütung von 11,41 Cent/kWh angenommen. Bei der 506,22 kWp Anlage von Sportstätte I wird auf 20 Jahre eine feste Einspeisevergütung von 11,08 Cent/kWh angenommen. Abziehen bei den beiden Anlagen von Sportstätte H und I sind jedoch noch einmal Vermarktungsgebühren von 2 €/kWp pro Jahr (Hantmann, 2017).

Bei den PV-Anlagen wird nach der festen Einspeisevergütung weiter von einer Vergütung von 4 Cent/kWh ausgegangen (Gailfuß, 2017). Ab dann kommt aber eine Vermarktungsgebühr von 2 €/kWp pro Jahr für alle Anlagen hinzu.

Bei allen Anlagen wird davon ausgegangen, dass für die Investitionskosten ein Kredit mit 1 %/a, mit einer Laufzeit von 20 Jahren, aufgenommen wird.

Außerdem belaufen sich die zusätzlichen Wartungskosten auf 1 %/a der Investitionskosten.

Bei dem Strompreis wird von einem Tarif von 25 Cent/kWh ausgegangen (ermittelt aus den verschiedenen Abrechnungen der Sportvereine).

Bei dem Gaspreis wird ein Tarif von 4,5 Cent/kWh und bei dem Fernwärmepreis ein Tarif von 7,5 Cent/kWh angenommen (ermittelt aus den verschiedenen Abrechnungen der Sportvereine).

Weiter wird eine Energiepreissteigerung von 3 %/a angenommen.

Die Degradation der PV-Anlage beträgt 0,5 %/a.

Die angenommene Lebensdauer von der PV- und Thermie-Anlage beträgt 30 Jahre.  
Die angenommene Lebensdauer der Batterie beträgt 10 Jahre.

### PV-Anlagen

Zur Bestimmung der Investitionskosten wurde die vorliegende Tabelle genutzt (Tabelle 5).

Photovoltaik-Anlagen- größe in kWp	Spezifische Kosten pro kWp (inkl. sämtl. Kompo- nenten und Montage)
1 - 10	ca. 1.500 €
10 - 40	ca. 1.460 €
40 - 500	ca. 1.350 €
Größer als 500	ca. 1.290 €

*Tabelle 5: Investitionskosten PV-Anlagen (Zahn, 2017)*

### Stromspeicher

Der Preis pro kWh Nennkapazität der in den PV-Anlagen eingesetzten Lithium-Ionen-Batterien beträgt 530 €.

### Solarthermie-Anlagen

Bei der Solarthermie ist ein fester Preis schwer zu ermitteln, da es viele verschiedene Produkte gibt und daher eine weite Preisspanne vorliegt. Daher wurde ein geschätzter spezifischer Mittelwert bei den Anlagen von 800 €/m<sup>2</sup> (Netto) Bruttokollektorfläche Flachkollektoren inclusive der gesamten Anlage und Montage angenommen (SolarFuchs, 12.07.2017).

## 6 Sportstätten Anlagenauslegung

### 6.1 Sportstätte A

Art des Sportvereins	Tennis- und Hockeyverein
Anzahl der Mitglieder	400
Stromverbrauch	26.381 kWh/a
Heizenergieverbrauch	231.434 kWh/a
Energieträger	Gas

#### PV-Anlagenauslegung A

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche für eine PV-Anlage: 260 m<sup>2</sup>

Maße: Länge 18,57 m und Breite 14 m.

Dachausrichtung: Südost 150°

Dachneigung: 15°

Module Aufständigung: 15°

$$\frac{26.381 \text{ kWh/a}}{850 \frac{\text{kWh/a}}{\text{kWp}}} = 31,036 \text{ kWp}$$

$$\frac{31,036 \text{ kWp}}{0,260 \text{ kWp/Modul}} = 119,36 \text{ Module} = 120 \text{ Module}$$

$$120 \text{ Module} \cdot 0,260 \text{ kWp/Modul} = 31,2 \text{ kWp}$$

Die mit PV\*SOL ermittelte maximal mögliche Modulbelegung beträgt 90 Module für eine maximale energetische Nutzung der Fläche. Die fertig erstellte Photovoltaik Anlage hat somit eine Gesamt-Generatorfeld-Nennleistung von 23,4 kWp und liefert eine Energiemenge AC von 18.744 kWh/a. Die Anlage wurde jeweils mit und ohne Batteriespeicher simuliert. Der komplette Report befindet sich im Anhang. Der Belegungsplan mit Analyse der gegenseitigen Verschattung ist in Abbildung 13 zu sehen.

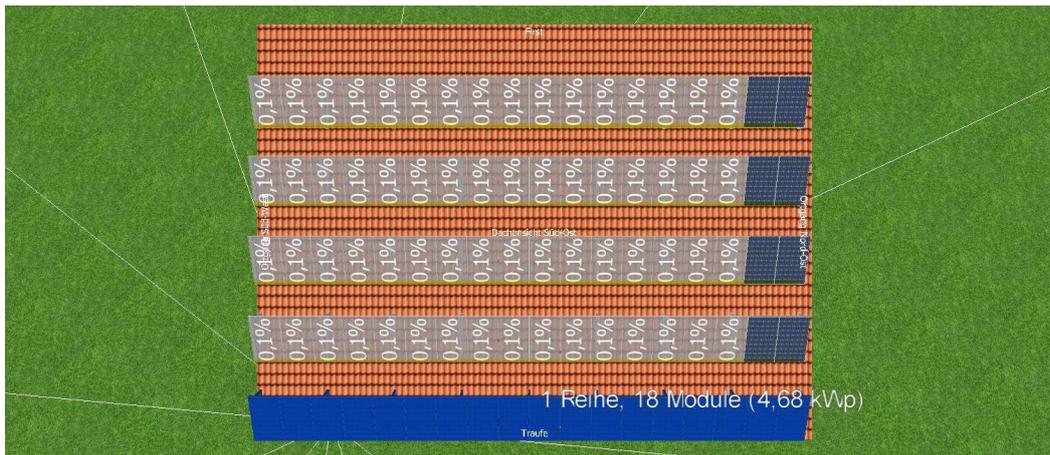


Abbildung 13: Belegungsplan A

## Solarthermie-Anlagenauslegung A

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche  
für eine Solarthermie-Anlage: 240 m<sup>2</sup>

Maße: Länge - und Breite -

Dachausrichtung: Keine

Dachneigung: 0°

Kollektor Aufständerung: 45°

Berechnung Speichervolumen

$$\frac{50 \text{ Sportler} \cdot 40 \text{ l/Sportler} \cdot 2}{1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3}} = 4 \text{ m}^3$$

Berechnung Absorberfläche Flachkollektoren

$$A_K \approx \frac{365 \frac{\text{d}}{\text{a}} \cdot 1,25 \frac{\text{kWh}}{\text{Sportler}} \cdot 50 \frac{\text{Sportler}}{\text{d}} \cdot 60 \%}{1000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 30 \%} = 45,63 \text{ m}^2$$

Die mit Polysun optimierte Solarthermie-Anlage besteht aus insgesamt 46,8 m<sup>2</sup> Absorberfläche mit 26 Flachkollektoren und einem 4 m<sup>3</sup> Speicher. Die Anlage gibt insgesamt eine solarthermische Energie von 15.763 kWh/a an das System ab. Der vollständige Report befindet sich im Anhang.

## 6.2 Sportstätte B

Art des Sportvereines	Ruderverein
Anzahl der Mitglieder	200
Stromverbrauch	5.791 kWh/a
Heizenergieverbrauch	44.212 kWh/a
Energieträger	Gas

## PV-Anlagenauslegung B

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche

für eine PV-Anlage: 220 m<sup>2</sup>

Maße: Länge 36 m und Breite 6,11 m.

Dachausrichtung: Keine

Dachneigung: 0°

Module Aufständigung: 30°

$$\frac{5.791 \text{ kWh/a}}{850 \frac{\text{kWh/a}}{\text{kWp}}} = 6,81 \text{ kWp}$$

$$\frac{6,81 \text{ kWp}}{0,260 \text{ kWp/Modul}} = 26,19 \text{ Module} = 27 \text{ Module}$$

$$27 \text{ Module} \cdot 0,260 \text{ kWp/Modul} = 7,02 \text{ kWp}$$

Auf dem Dach kann die gesamte ermittelte Leistung realisiert werden. Damit besitzt die mit Polysun erstellte Photovoltaik Anlage eine Gesamt-Generatorfeld-Nennleistung von 7,02 kWp und liefert eine Energiemenge AC von 6.113 kWh/a. Die Anlage wurde jeweils mit und ohne Batteriespeicher simuliert. Der komplette Report befindet sich im Anhang. Der mit PV\*SOL erstellte Belegungsplan ist in Abbildung 14 zu sehen. Die Anlage wurde nach Südwest ausgerichtet.



Abbildung 14: Belegungsplan B

## Solarthermie-Anlagenauslegung B

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche

für eine Solarthermie-Anlage: 190 m<sup>2</sup>

Maße: Länge 31,6 m und Breite 6 m

Dachausrichtung: Keine

Dachneigung: 0°

Kollektor Aufständigung: 45°

Berechnung Speichervolumen

$$\frac{27 \text{ Sportler} \cdot 40 \text{ l/Sportler} \cdot 2}{1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3}} = 2,16 \text{ m}^3$$

Berechnung Absorberfläche Flachkollektoren

$$A_K \approx \frac{365 \frac{\text{d}}{\text{a}} \cdot 1,25 \frac{\text{kWh}}{\text{Sportler}} \cdot 27 \frac{\text{Sportler}}{\text{d}} \cdot 60 \%}{1000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 30 \%} = 24,64 \text{ m}^2$$

Die mit Polysun optimierte Solarthermie-Anlage besteht aus insgesamt 25,2 m<sup>2</sup> Absorberfläche mit 14 Flachkollektoren und einem 2,2 m<sup>3</sup> Speicher. Die Anlage gibt insgesamt eine solarthermische Energie von 10.458 kWh/a an das System ab. Der komplette Report befindet sich im Anhang.

### 6.3 Sportstätte C

Art des Sportvereines	Ruderverein
Anzahl der Mitglieder	300
Stromverbrauch	8.315 kWh/a
Wärmeenergieverbrauch	48.211 kWh/a
Energieträger	Gas

PV-Anlagenauslegung C

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche für eine PV-Anlage: 250 m<sup>2</sup>

Maße: Länge 26 m und Breite 9,6 m.

Dachausrichtung: Keine

Dachneigung: 0°

Module Aufständigung: 30°

$$\frac{8.315 \text{ kWh/a}}{850 \frac{\text{kWh/a}}{\text{kWp}}} = 9,78 \text{ kWp}$$

$$\frac{9,78 \text{ kWp}}{0,260 \text{ kWp/Modul}} = 37,61 \text{ Module} = 38 \text{ Module}$$

$$38 \text{ Module} \cdot 0,260 \text{ kWp/Modul} = 9,88 \text{ kWp}$$

Auf dem Dach kann die gesamte ermittelte Leistung realisiert werden. Damit besitzt die mit Polysun erstellte Photovoltaik Anlage eine Gesamt-Generatorfeld-Nennleistung von 9,88 kWp und liefert eine Energiemenge AC von 8.456 kWh/a. Die Anlage wurde jeweils mit und ohne Batteriespeicher simuliert. Der komplette Report befindet sich im Anhang. Der mit PV\*SOL erstellte Belegungsplan mit Analyse der gegenseitigen Verschattung ist in Abbildung 15 und 16 zu sehen.



Abbildung 15: Belegungsplan C Ausschnitt

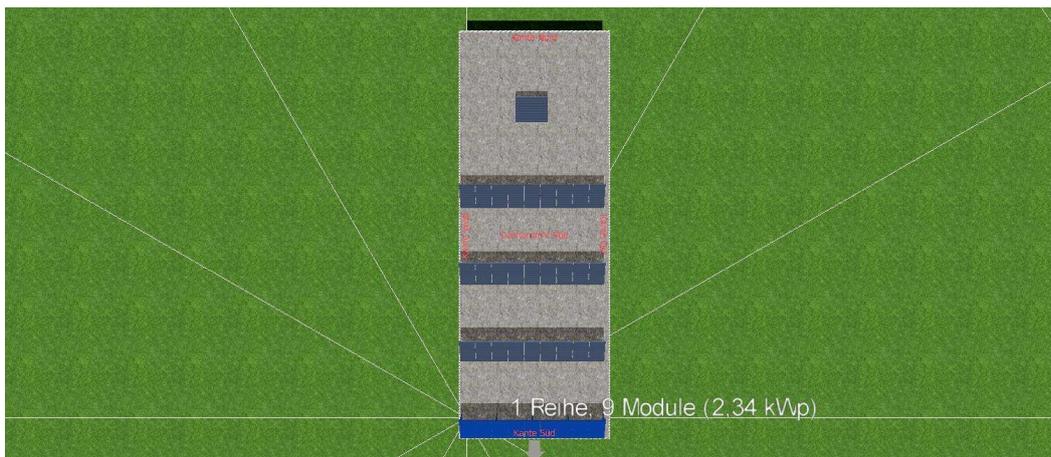


Abbildung 16: Belegungsplan C

## Solarthermie-Anlagenauslegung C

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche

für eine Solarthermie-Anlage: 180 m<sup>2</sup>

Maße: Länge 20 m und Breite 9 m

Dachausrichtung: Keine

Dachneigung: 0°

Kollektor Aufständiger: 45°

## Berechnung Speichervolumen

$$\frac{20 \text{ Sportler} \cdot 40 \text{ l/Sportler} \cdot 2}{1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3}} = 1,6 \text{ m}^3$$

## Berechnung Absorberfläche Flachkollektoren

$$A_K \approx \frac{365 \frac{\text{d}}{\text{a}} \cdot 1,25 \frac{\text{kWh}}{\text{Sportler}} \cdot 20 \frac{\text{Sportler}}{\text{d}} \cdot 60 \%}{1000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 30 \%} = 23,65 \text{ m}^2$$

Die mit Polysun optimierte Solarthermie-Anlage besteht aus einer Absorberfläche von 25,2 m<sup>2</sup> mit 14 Flachkollektoren und einem 1,5 m<sup>3</sup> Speicher. Die Anlage gibt insgesamt eine solarthermische Energie von 10.824 kWh/a an das System ab. Der komplette Report befindet sich im Anhang.

## 6.4 Sportstätte D

Art des Sportvereines	Tennisverein
Anzahl der Mitglieder	270
Stromverbrauch	23.447 kWh/a
Heizenergieverbrauch	163.106 kWh/a
Energieträger	Gas

### PV-Anlagenauslegung D

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche für eine PV-Anlage: 530 m<sup>2</sup>

Maße: Länge 35 m und Breite 15,14 m.

Dachausrichtung: Süd

Dachneigung: 15°

Module Aufständigung: 15°

$$\frac{23.447 \text{ kWh/a}}{850 \frac{\text{kWh/a}}{\text{kWp}}} = 27,58 \text{ kWp}$$

$$\frac{27,58 \text{ kWp}}{0,260 \text{ kWp/Modul}} = 106,08 \text{ Module} = 107 \text{ Module}$$

$$107 \text{ Modul} \cdot 0,260 \text{ kWp/Modul} = 27,82 \text{ kWp}$$

Auf dem Dach kann die gesamte ermittelte Leistung realisiert werden. Damit besitzt die mit Polysun erstellte Photovoltaik Anlage eine Gesamt-Generatorfeld-Nennleis-

tung von 27,82 kWp und liefert eine Energiemenge AC von 25.531,8 kWh/a. Die Anlage wurde jeweils mit und ohne Batteriespeicher simuliert. Der komplette Report befindet sich im Anhang. Der mit PV\*SOL erstellte Belegungsplan mit Analyse der gegenseitigen Verschattung ist in Abbildung 17 zu sehen in (diesem Fall findet keine gegenseitige Verschattung statt).

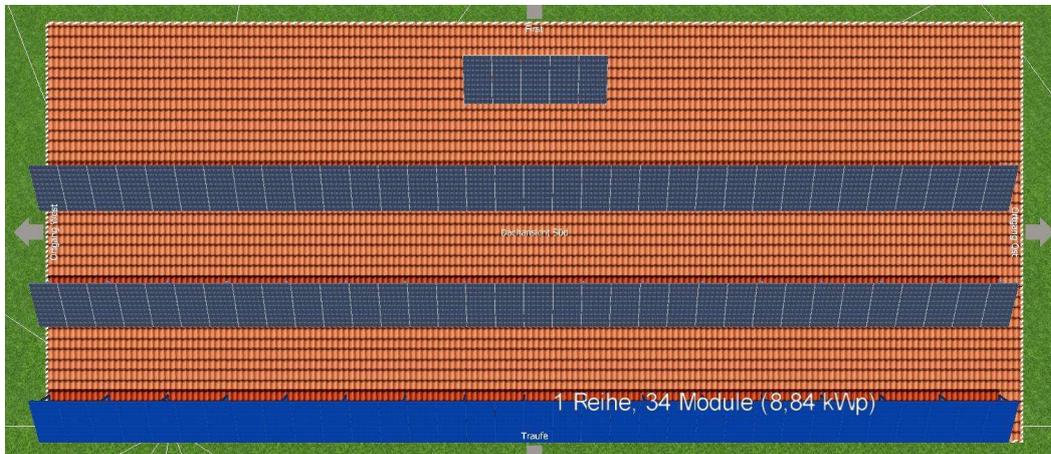


Abbildung 17: Belegungsplan D

## Solarthermie-Anlagenauslegung D

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche für eine Solarthermie-Anlage: 180 m<sup>2</sup>  
 Maße: Länge 22,5 m und Breite 8 m  
 Dachausrichtung: Süd  
 Dachneigung: 15°  
 Kollektor Aufständigung: 30°

## Berechnung Speichervolumen

$$\frac{20 \text{ Sportler} \cdot 67 \text{ l/Sportler} \cdot 2}{1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3}} = 5,36 \text{ m}^3$$

## Berechnung Absorberfläche Flachkollektoren

$$A_K \approx \frac{365 \frac{\text{d}}{\text{a}} \cdot 1,25 \frac{\text{kWh}}{\text{Sportler}} \cdot 67 \frac{\text{Sportler}}{\text{d}} \cdot 60 \%}{1000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 30 \%} = 58,69 \text{ m}^2$$

Die mit Polysun optimierte Solarthermie-Anlage besteht aus einer Absorberfläche von 59,4 m<sup>2</sup> mit 33 Flachkollektoren und einem 5 m<sup>3</sup> Speicher. Die Anlage gibt insgesamt eine solarthermische Energie von 31.464 kWh/a an das System ab. Der vollständige Report befindet sich im Anhang.

## 6.5 Sportstätte E

Art des Sportvereines	Kanuverein
Anzahl der Mitglieder	350
Stromverbrauch	12.400 kWh
Heizenergieverbrauch	im Stromverbrauch enthalten
Energieträger	Strom

### PV-Anlagenauslegung E

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche für eine PV-Anlage: 224 m<sup>2</sup> / 120 m<sup>2</sup>

Maße: Länge 28 m und Breite 8 m/

Länge 13 m und Breite 10 m

Dachausrichtung: Keine / Keine

Dachneigung: 0° / 5°

Module Aufständerung: 30°/30°

$$\frac{12.400 \text{ kWh/a}}{850 \frac{\text{kWh/a}}{\text{kWp}}} = 14,59 \text{ kWp}$$

$$\frac{14,59 \text{ kWp}}{0,260 \text{ kWp/Modul}} = 56,12 \text{ Module} = 57 \text{ Module}$$

$$57 \text{ Module} \cdot 0,260 \text{ kWp/Modul} = 14,82 \text{ kWp}$$

Auf dem Dach kann die gesamte ermittelte Leistung realisiert werden. Damit besitzt die mit Polysun erstellte Photovoltaik Anlage eine Gesamt-Generatorfeld-Nennleistung von 15,6 kWp und liefert eine Energiemenge AC von 12.992 kWh/a. Die Anlage wurde jeweils mit und ohne Batteriespeicher simuliert. Der komplette Report befindet sich im Anhang. Der mit PV\*SOL erstellte Belegungsplan ist in Abbildung 18 und 19 zu sehen. Dabei wurden 44 Module nach Südwest ausgerichtet und 16 nach Südost.

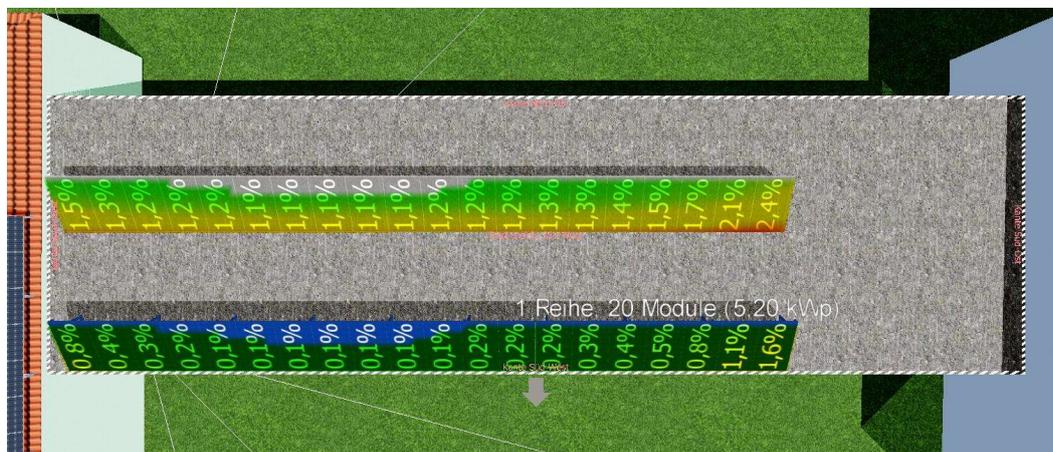


Abbildung 18: Belegungsplan E1 (Südwest)

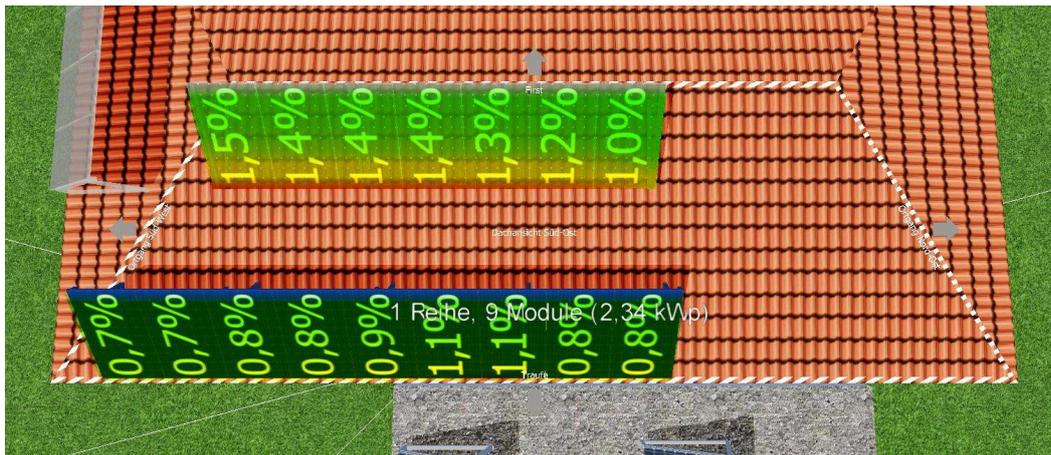


Abbildung 19: Belegungsplan E2 (Südost)

## Solarthermie-Anlagenauslegung E

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche

für eine Solarthermie-Anlage: 80 m<sup>2</sup>

Maße: Länge 10m und Breite 8 m

Dachausrichtung: Keine

Dachneigung: 0°

Kollektor Aufständigung: 45°

## Berechnung Speichervolumen

$$\frac{20 \text{ Sportler} \cdot 20 \text{ l/Sportler} \cdot 2}{1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3}} = 1,6 \text{ m}^3$$

## Berechnung Absorberfläche Flachkollektoren

$$A_K \approx \frac{365 \frac{\text{d}}{\text{a}} \cdot 1,25 \frac{\text{kWh}}{\text{Sportler}} \cdot 24 \frac{\text{Sportler}}{\text{d}} \cdot 60 \%}{1000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 30 \%} = 21,02 \text{ m}^2$$

Die mit Polysun optimierte Solarthermie-Anlage besteht aus einer Absorberfläche von 21,6 m<sup>2</sup> mit 24 Flachkollektoren und einem 1,5 m<sup>3</sup> Speicher. Die Anlage gibt insgesamt eine solarthermische Energie von 8.303 kWh/a an das System ab. Der komplette Report befindet sich im Anhang.

## 6.6 Sportstätte F

Art des Sportvereines	Turnerbund
Anzahl der Mitglieder	3.000
Stromverbrauch	66.360 kWh/a
Heizenergieverbrauch	198.288 kWh/a
Energieträger	Fernwärme

### PV-Anlagenauslegung F

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche für eine PV-Anlage: 1330 m<sup>2</sup>

Maße: Länge 54m und Breite 24,62 m.

Dachausrichtung: Keine

Dachneigung: 0°

Module Aufständigung: 30°

$$\frac{66.36 \text{ kWh/a}}{850 \frac{\text{kWh/a}}{\text{kWp}}} = 78,07 \text{ kWp}$$

$$\frac{78,07 \text{ kWp}}{0,260 \text{ kWp/Modul}} = 300,27 \text{ Module} = 301 \text{ Module}$$

$$434 \text{ Module} \cdot 0,260 \text{ kWp/Modul} = 78,26 \text{ kWp}$$

Auf dem Dach kann die gesamte ermittelte Leistung realisiert werden. Damit besitzt die mit Polysun erstellte Photovoltaik Anlage eine Gesamt-Generatorfeld-Nennleistung von 81,12 kWp und liefert eine Energiemenge AC von 74.189,8 kWh/a. Die Anlage wurde jeweils mit und ohne Batteriespeicher simuliert. Der komplette Report befindet sich im Anhang. Der mit PV\*SOL erstellte Belegungsplan mit Analyse der gegenseitigen Verschattung ist in Abbildung 20 und 21 zu sehen. Diese Anlage wurde nach Süden ausgerichtet.

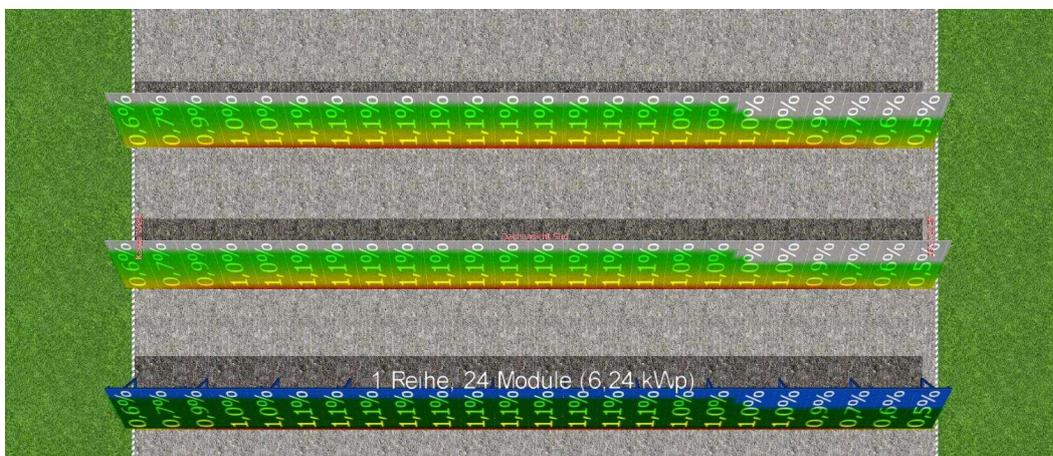


Abbildung 20: Belegungsplan F Ausschnitt



Abbildung 21: Belegungsplan F

### Solarthermie-Anlagenauslegung F

Für diese Anlage lagen nicht genug Daten für eine Auslegung vor, da keine Aussage darüber getroffen werden kann, wie viele Sportler tatsächlich duschen. Zusätzlich nutzen viele Kinder und Jugendgruppen die Anlage, zusätzlich Gruppen außerhalb des Vereins. Auch hier ist die konkrete Anzahl von Sportlern nicht bekannt. Über den Wasserverbrauch kann leider auch nicht zurückverfolgt werden, wie hoch der Warmwasserbedarf ist, da in diesem auch der Wasserbedarf zum Bewässern der Tennisplätze enthalten ist.

### 6.7 Sportstätte G

Art des Sportvereines	Turnerbund
Anzahl der Mitglieder	2.189
Stromverbrauch	88.036 kWh/a
Heizenergieverbrauch	158.218 kWh/a + Solarthermie-Anlage (Ertrag unbekannt)
Energieträger	Gas

### PV-Anlagenauslegung G

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche für eine PV-Anlage: 610 m<sup>2</sup>

Maße: Länge 25 m und Breite 24,4 m.

Dachausrichtung: Keine

Dachneigung: 0°

Module Aufständigung: 30°

$$\frac{88.036 \frac{kWh}{a}}{850 \frac{kWh/a}{kWp}} = 103,57 kWp$$

$$\frac{103,57 \text{ kWp}}{0,260 \text{ kWp/Modul}} = 398,35 \text{ Module} = 399 \text{ Module}$$

$$399 \text{ Module} \cdot 0,260 \text{ kWp/Modul} = 103,74 \text{ kWp}$$

Die mit Polysun erstellte Photovoltaik Anlage hat eine Gesamt-Generatorfeld-Nennleistung von 62,4 kWp und eine Energieproduktion AC von 57.341 kWh/a. Die Anlage wurde jeweils einmal mit und ohne Batteriespeicher simuliert. Der komplette Report befindet sich im Anhang. Die mit PV\*SOL ermittelte maximal mögliche Modulbelegung beträgt 240 Module für eine maximale energetische Nutzung der Fläche. Der Belegungsplan mit Analyse der gegenseitigen Verschattung ist in Abbildung 22 und 23 zu sehen. Diese Anlage wurde nach Süden ausgerichtet.

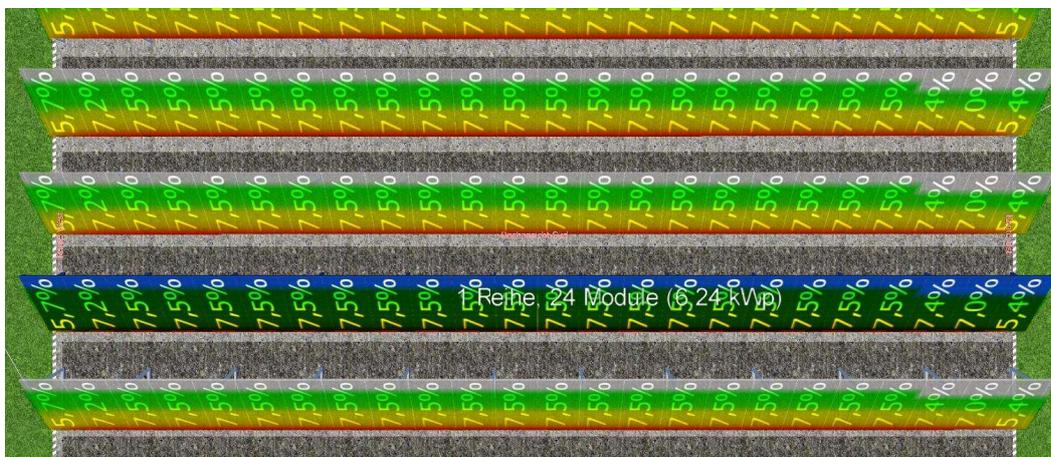


Abbildung 22: Belegungsplan G (Ausschnitt der Anlage)



Abbildung 23: Belegungsplan G

### Solarthermie-Anlagenauslegung G

Für diese Anlage lagen nicht genug Daten für eine Auslegung vor, selbe Problematik wie bei Anlage F.

## 6.8 Sportstätte H

Art des Sportvereines	Hockeyverein
Anzahl der Mitglieder	2000
Stromverbrauch	138.400 kWh/a
Heizenergieverbrauch	726.000 kWh/a
Energieträger	Gas

### PV-Anlagenauslegung H

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche für eine PV-Anlage beträgt 1.610 m<sup>2</sup>.

Die geeignete zur Verfügung stehende Dachfläche für eine PV-Anlage: 780 m<sup>2</sup> / 830 m<sup>2</sup>

Maße: Länge oben, 46 m Länge unten 26 m und Breite 21 m / Länge 63 m und Breite 13,17 m

Dachausrichtung: Südost / Südwest

Dachneigung: 15° / 15°

Module Aufständigung: 15° / 15°

$$\frac{138.4 \text{ kWh/a}}{850 \frac{\text{kWh/a}}{\text{kWp}}} = 162,82 \text{ kWp}$$

$$\frac{162,82 \text{ kWp}}{0,260 \text{ kWp/Modul}} = 626,23 \text{ Module} = 627 \text{ Module}$$

$$627 \text{ Module} \cdot 0,260 \text{ kWp/Modul} = 163,02 \text{ kWp}$$

Die fertige, mit Polysun erstellte Photovoltaik Anlage hat eine Gesamt-Generatorfeld-Nennleistung von 166,4 kWp und eine Energieproduktion AC von 151.215,8 kWh/a.

Die Anlage wurde jeweils einmal mit und einmal ohne Batteriespeicher simuliert. Der komplette Report befindet sich im Anhang. Der mit PV\*SOL erstellte Belegungsplan mit 640 Modulen ist mit der Analyse der gegenseitigen Verschattung in Abbildung 24, 25, 26 und 27 zu sehen. Das PV-Feld in Abbildung 22 ist Richtung Süden ausgerichtet und das Feld aus Abbildung 23 Richtung Südwest.

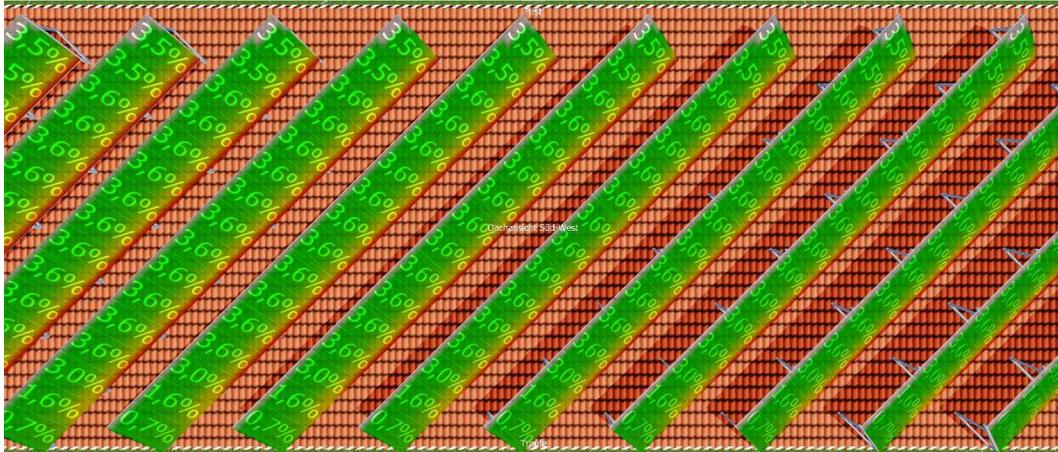


Abbildung 24: Belegungsplan H1 Ausschnitt

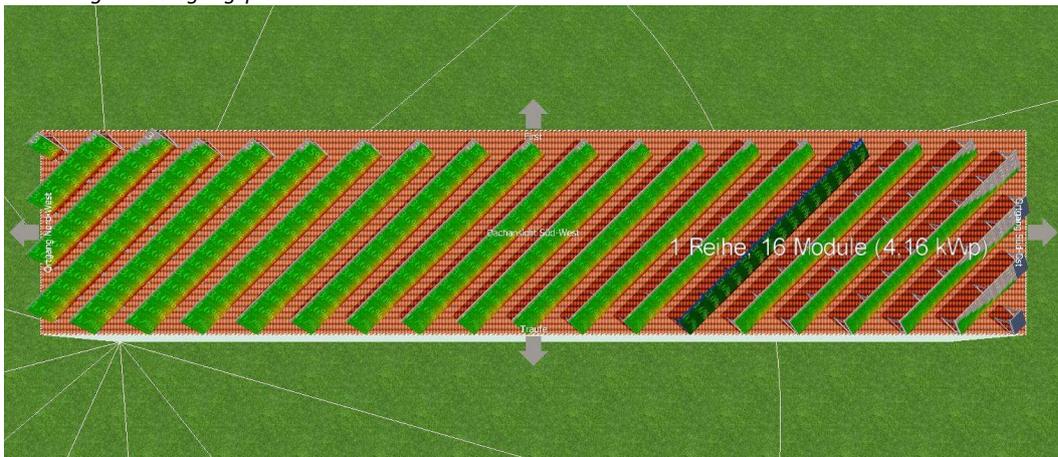


Abbildung 25: Belegungsplan H1 (Südost)

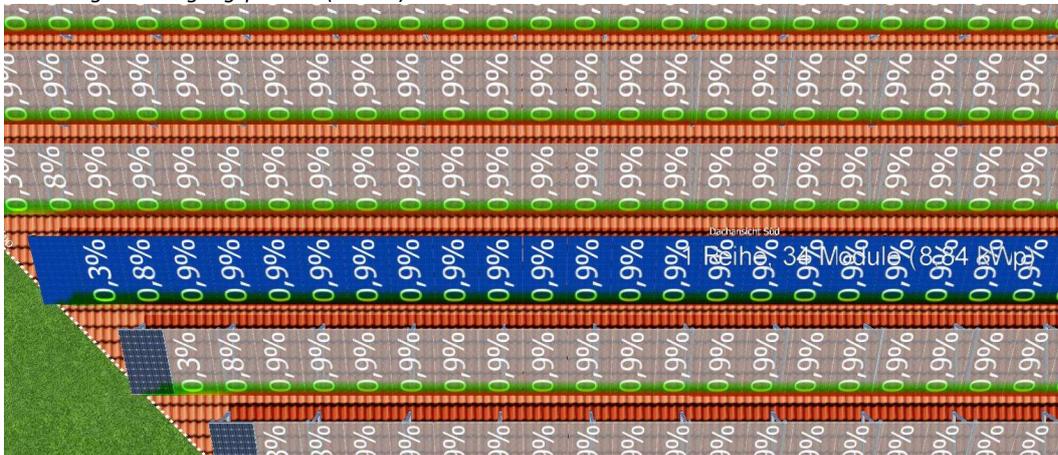


Abbildung 26: Belegungsplan H2 Ausschnitt

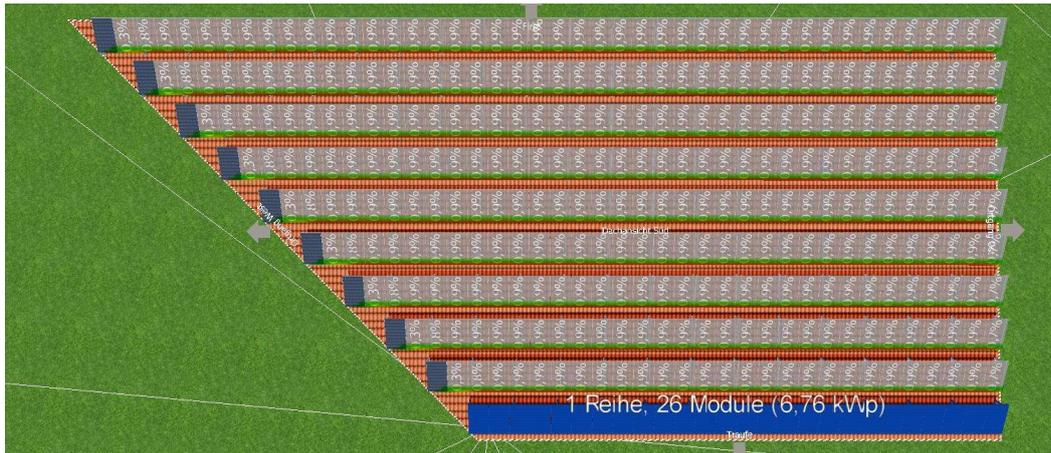


Abbildung 27: Belegungsplan H2 (Südwest)

## Solarthermie-Anlagenauslegung H

Für diese Anlage lagen nicht genug Daten für eine Auslegung vor, selbe Problematik wie bei Anlage F.

## 6.9 Sportstätte I

Art des Sportvereines	Fitnessstudio
Anzahl der Mitglieder	ca. 1.750
Stromverbrauch	663.767 kWh/a
Heizenergieverbrauch	1.485,47 MWh/a
Energieträger	Fernwärme

### PV-Anlagenauslegung I

$$\frac{663.767 \text{ kWh}}{850 \frac{\text{a}}{\text{kWp}}} = 780,90 \text{ kWp}$$

$$\frac{780,90 \text{ kWp}}{0,260 \text{ kWp/Modul}} = 3003,46 \text{ Module} = 3004 \text{ Module}$$

$$3004 \text{ Module} \cdot 0,260 \text{ kWp/Modul} = 781,04 \text{ kWp}$$

Bei Sportstätte I handelt es sich um ein Sheddach, daher ist der Anstellwinkel von 25° vorgegeben so wie die Ausrichtung nach Süden.

Die mit PV\*SOL ermittelte maximal mögliche Modulbelegung beträgt 118 Modulen für eine maximale energetische Nutzung der Fläche für alle Sheddach-Elemente, bis auf das erste, dort können 177 Module untergebracht werden. Der Belegungsplan mit der Analyse der gegenseitigen Verschattung ist in Abbildung 28 und 29 zu sehen.

Insgesamt stehen abzüglich der Störelemente 16 Sheddach-Elemente zur Verfügung. Es können demnach insgesamt 1.947 Module installiert werden. Die fertig erstellte Photovoltaik Anlage hat eine Gesamt-Generatorfeld-Nennleistung von 506,22 kWp und eine Energieproduktion AC von 458.822,4 kWh/a. Die Anlage wurde jeweils einmal mit ohne Batteriespeicher simuliert. Der komplette Report befindet sich im Anhang.

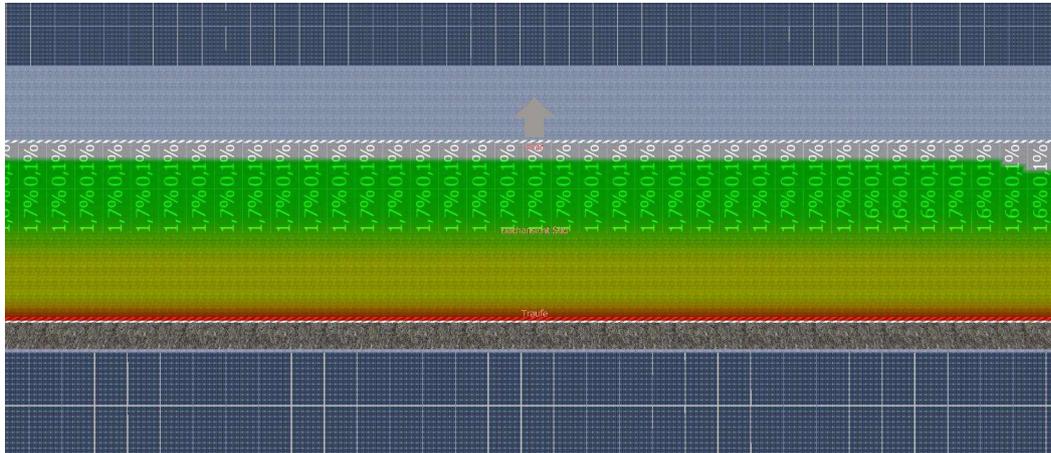


Abbildung 28: Belegungsplan I Ausschnitt

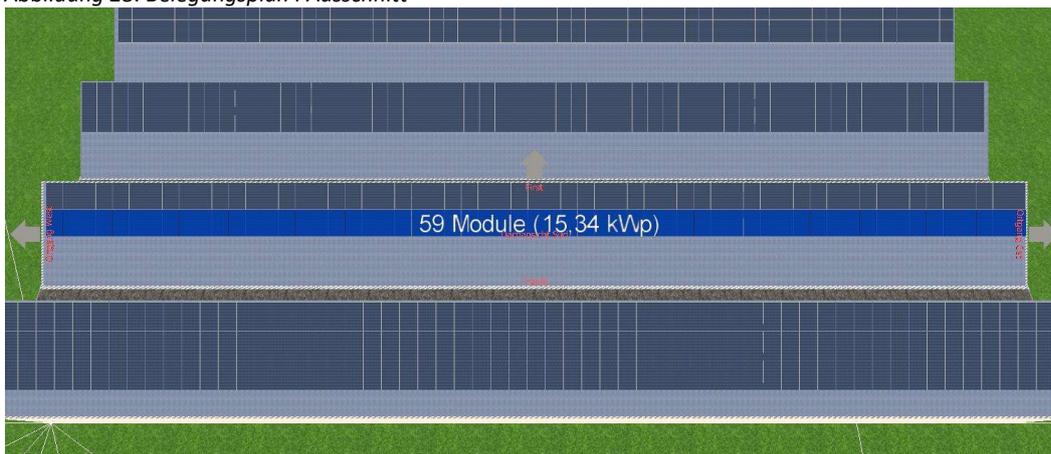


Abbildung 29: Belegungsplan I

## Solarthermie-Anlagenauslegung I

Für diese Anlage lagen nicht genug Daten für eine Auslegung vor, selbe Problematik wie bei Anlage F. Zudem ist ein Wellness Bereich mit in der Sportstätte, was dafür sorgt, dass auch manche Sportler 2- oder 3- mal duschen.

## 7. Auswertung die Simulationsergebnisse

Bei der Auswertung der Simulationsergebnisse wurde zuerst die Wirtschaftlichkeit betrachtet. Hierfür wurde zunächst die Investitionssumme mit Hilfe der in Abschnitt „Rahmenbedingungen“ festgelegten Parameter ermittelt. Um dann die Einsparung zu bestimmen, wurden mit den in Abschnitt „Rahmenbedingungen“ genannten Bedin-

gungen die Kosten für jede Sportstätte nach 25 Jahren jeweils mit und ohne solar-technischer Anlage simuliert. Danach wurden die Ausgaben ohne solartechnische Anlage abzüglich der Ausgaben mit solartechnischer Anlage gerechnet. War der Wert positiv, ist die Anlage für die Sportstätte wirtschaftlich, war er negativ, ist sie es nicht.

Weiter wurde in der Simulation berechnet, wie hoch die CO<sub>2</sub>-Einsparung innerhalb von 25 Jahren ist. Dies wurde jeweils für die PV-Anlage und die Solarthermie-Anlage berechnet, in einem Fall für deren Kombination. Ebenfalls wird dargestellt, wie hoch die Kosten pro Tonne eingespartes CO<sub>2</sub> sind. Wenn die Anlage wirtschaftlich ist, sind die Kosten negativ. Als letztes wird die eingesparte Primärenergie der verschiedenen solartechnischen Anlagen und deren Kombination unter der Berücksichtigung des jeweiligen Primärenergiefaktors dargestellt.

## 7.1 Sportstätte A

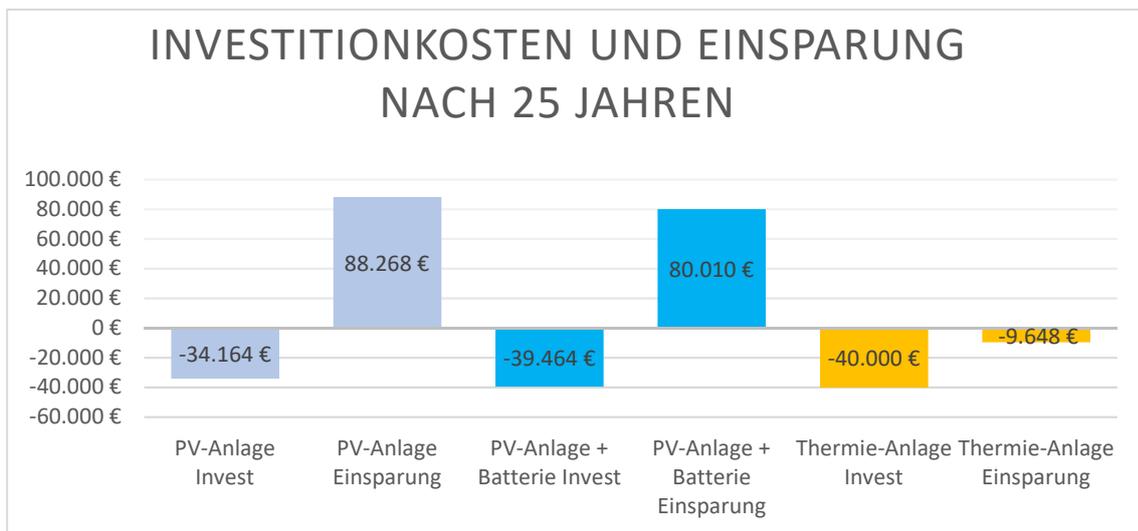


Diagramm 3: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte A

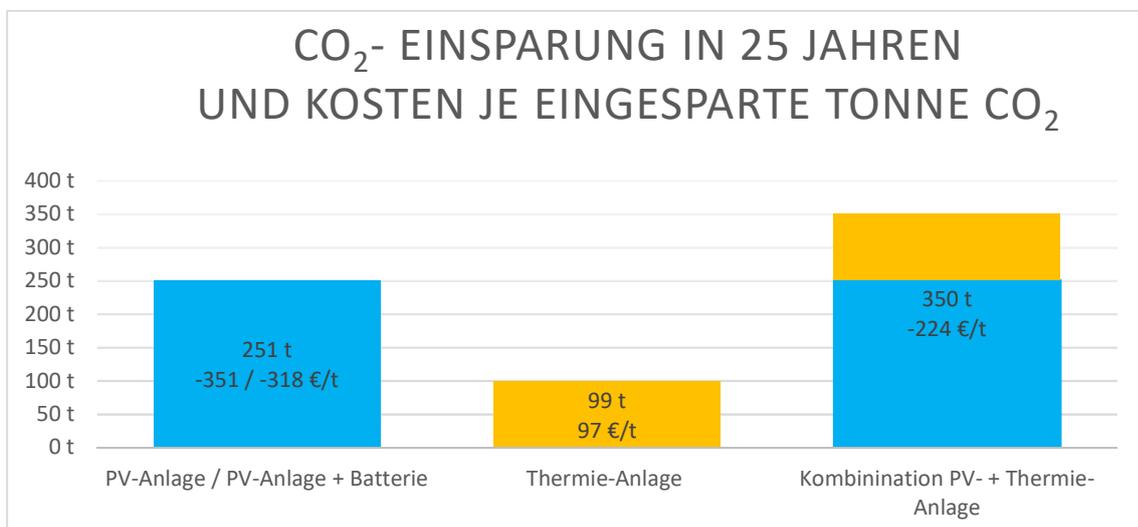


Diagramm 4: CO<sub>2</sub> Einsparungen in t Sportstätte A

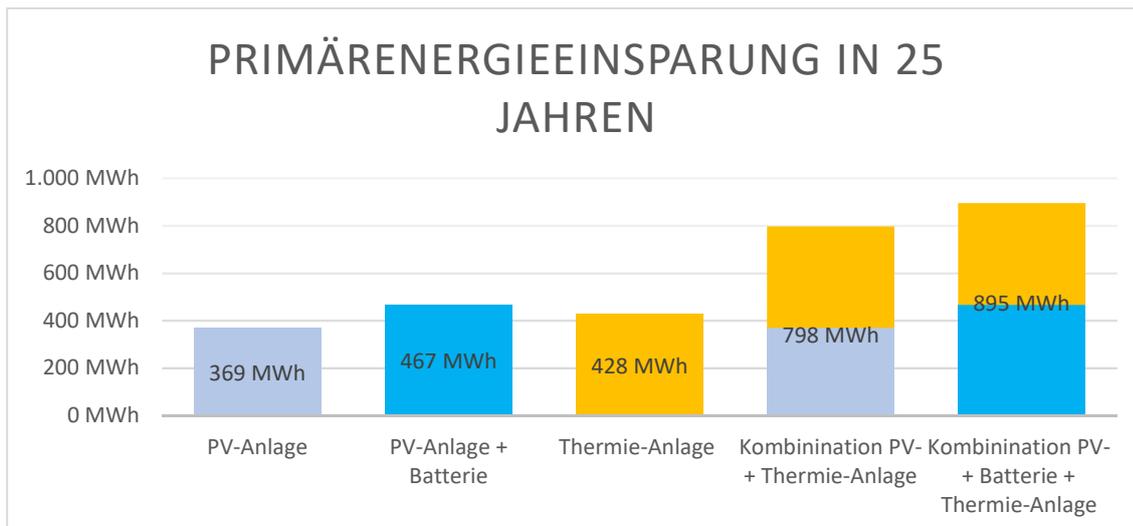


Diagramm 5: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte A

Bei Sportstätte A ist es aus wirtschaftlicher Sicht am gewinnbringendsten eine PV-Anlage zu installieren, da hierbei die Ersparnis mit ca. 67.207 € am größten wäre. Wenn man nach der CO<sub>2</sub>-Bilanz geht, wäre eine Kombination aus PV- und Solarthermie-Anlage die umweltfreundlichste Variante, da man so die höchste CO<sub>2</sub>-Einsparung von 350 t erzielt und immerhin noch eine Ersparnis von ca. 57.559 € hat. Geht man nach der Primärenergieeinsparung wäre eine Kombination einer PV-Anlage mit Batteriespeicher und einer Solarthermie-Anlage mit 895 MWh die effektivste Variante. Trotz der dadurch höchsten Investition hätte die Sportstätte noch eine Einsparung von ca. 17.156 €.

## 7.2 Sportstätte B

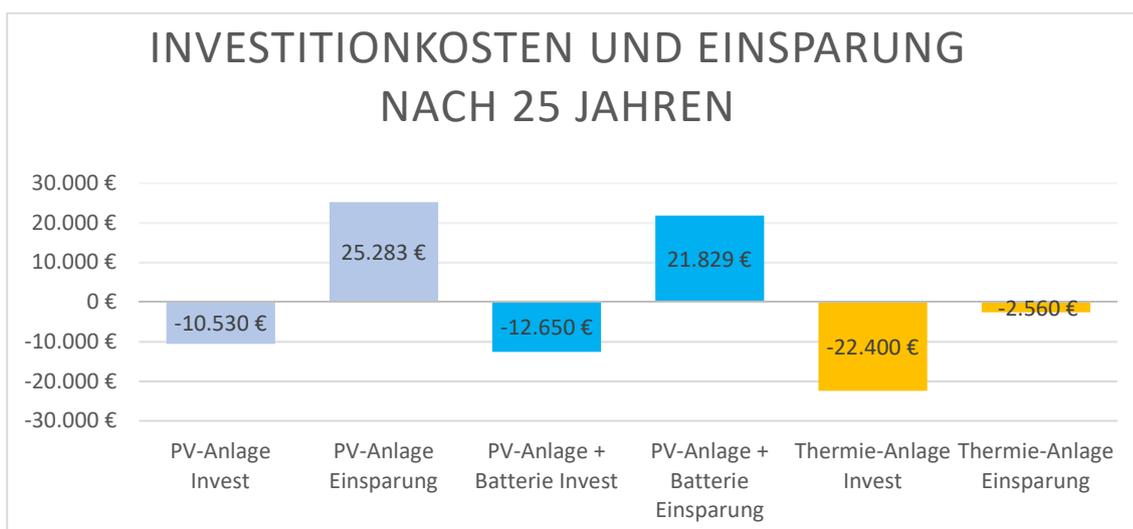


Diagramm 6: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte B

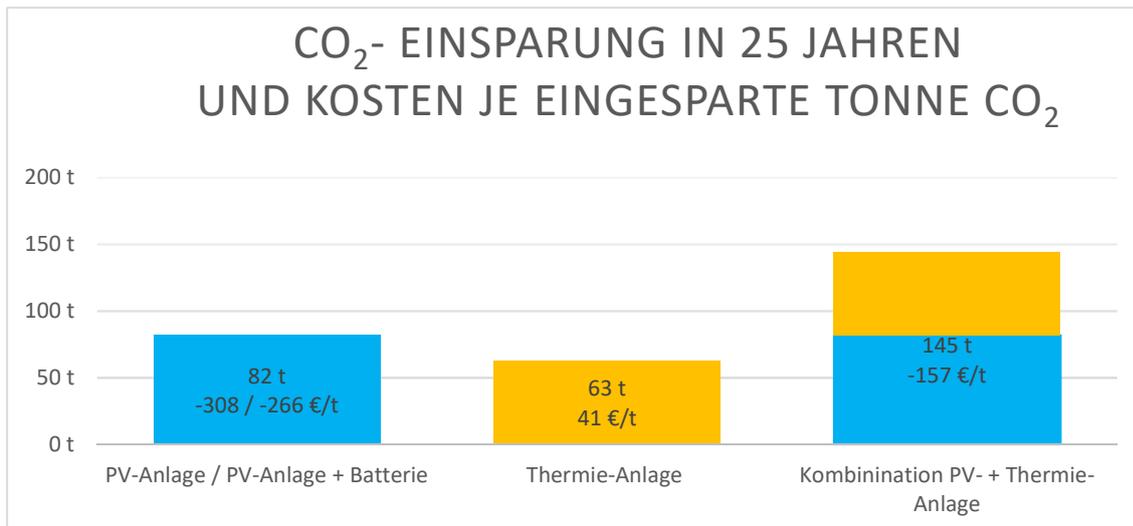


Diagramm 7: CO<sub>2</sub> Einsparungen in t Sportstätte B

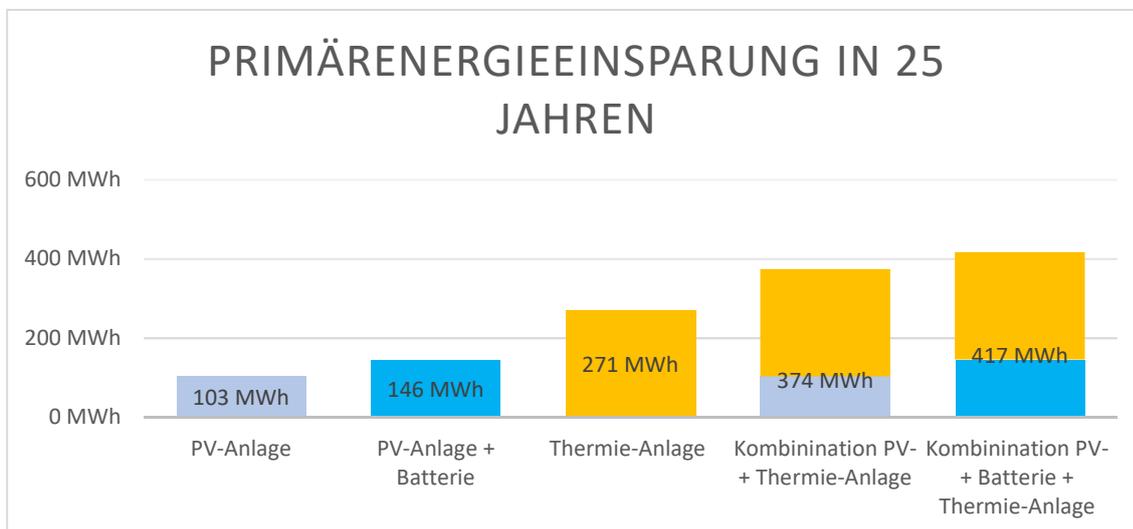


Diagramm 8: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte B

Bei Sportstätte B ist es aus wirtschaftlicher Sicht am gewinnbringendsten eine PV-Anlage zu installieren, da hierbei die Ersparnis mit ca. 25.283 € am größten wäre. Wenn man nach der CO<sub>2</sub>-Bilanz geht, wäre eine Kombination aus PV- und Solarthermie-Anlage die umweltfreundlichste Variante, da man so die höchste CO<sub>2</sub> Einsparung von 145 t erzielt und immerhin noch eine Ersparnis von ca. 22.723 € hat. Geht man nach der Primärenergieeinsparung wäre eine Kombination einer PV-Anlage mit Batteriespeicher und einer Solarthermie-Anlage mit 417 MWh die effektivste Variante. Trotzdem hätte die Sportstätte noch eine Einsparung von ca. 19.269 €.

### 7.3 Sportstätte C

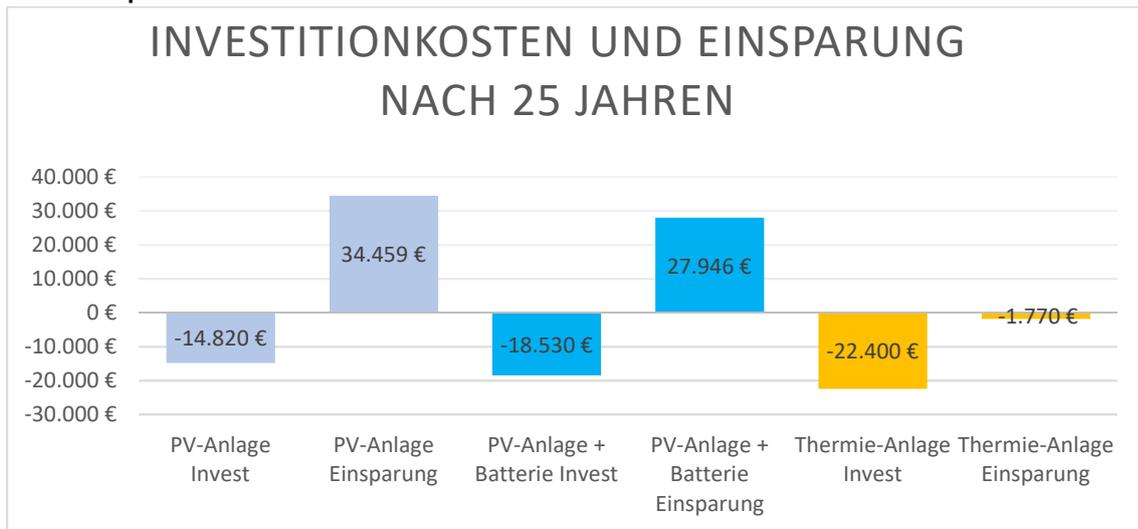


Diagramm 9: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte C

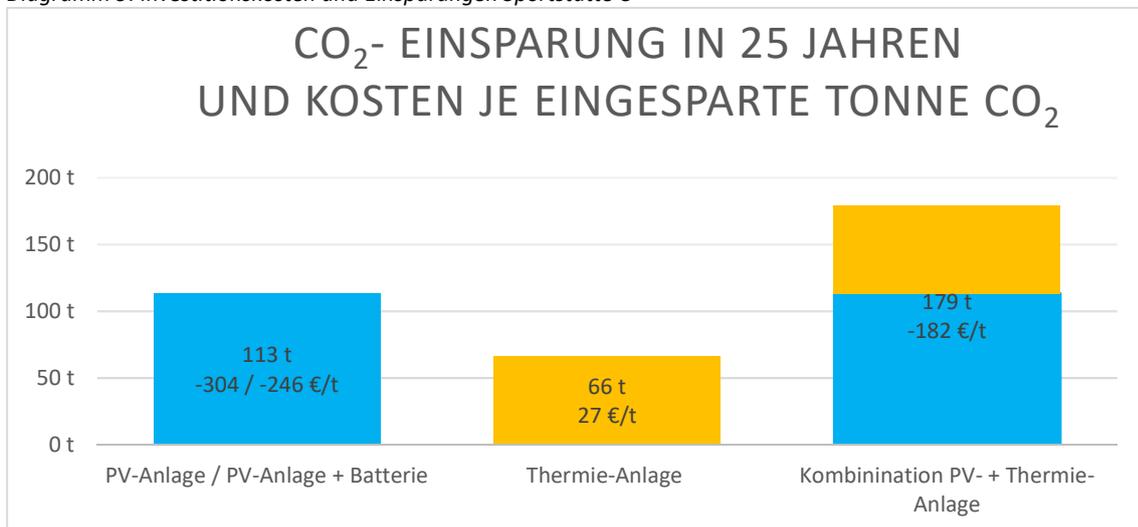


Diagramm 10: CO<sub>2</sub> Einsparungen in t Sportstätte C

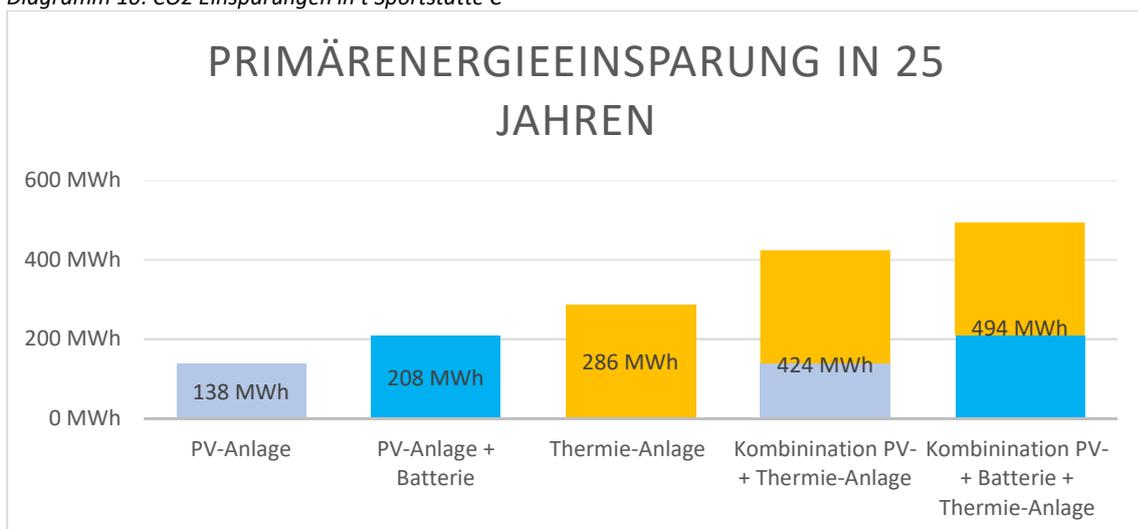


Diagramm 11: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte C

Bei Sportstätte C ist es aus wirtschaftlicher Sicht am gewinnbringendsten eine PV-Anlage zu installieren, da hierbei die Ersparnis mit ca. 34.459 € am größten wäre.

Wenn man nach der CO<sub>2</sub>-Bilanz geht, wäre eine Kombination aus PV- und Solarthermie-Anlage die umweltfreundlichste Variante, da man so die höchste CO<sub>2</sub>-Einsparung von 179 t erzielt und immerhin noch eine Ersparnis von ca. 32.689 € hat. Geht man nach der Primärenergieeinsparung wäre eine Kombination einer PV-Anlage mit Batteriespeicher und einer Solarthermie-Anlage mit 494 MWh die sinnvollste Variante. Trotzdem hätte die Sportstätte noch eine Einsparung von ca. 26.176 €.

## 7.4 Sportstätte D

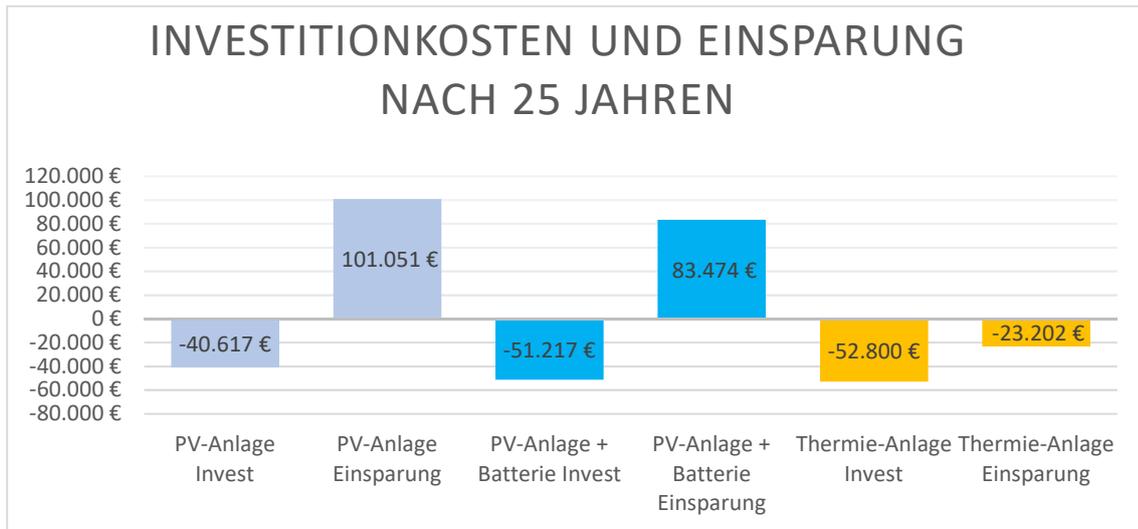


Diagramm 12: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte D

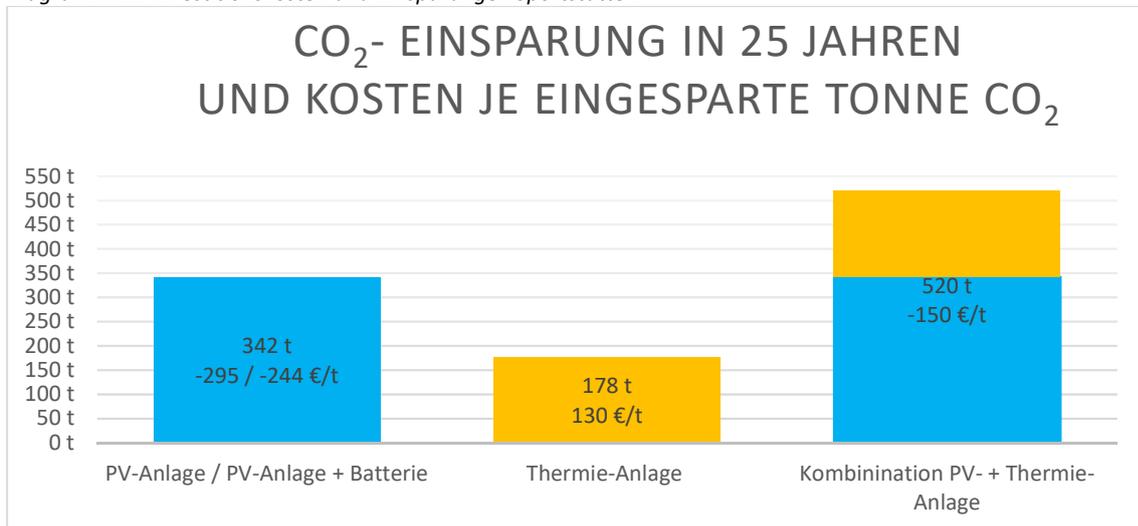


Diagramm 13: CO<sub>2</sub> Einsparungen in t Sportstätte D

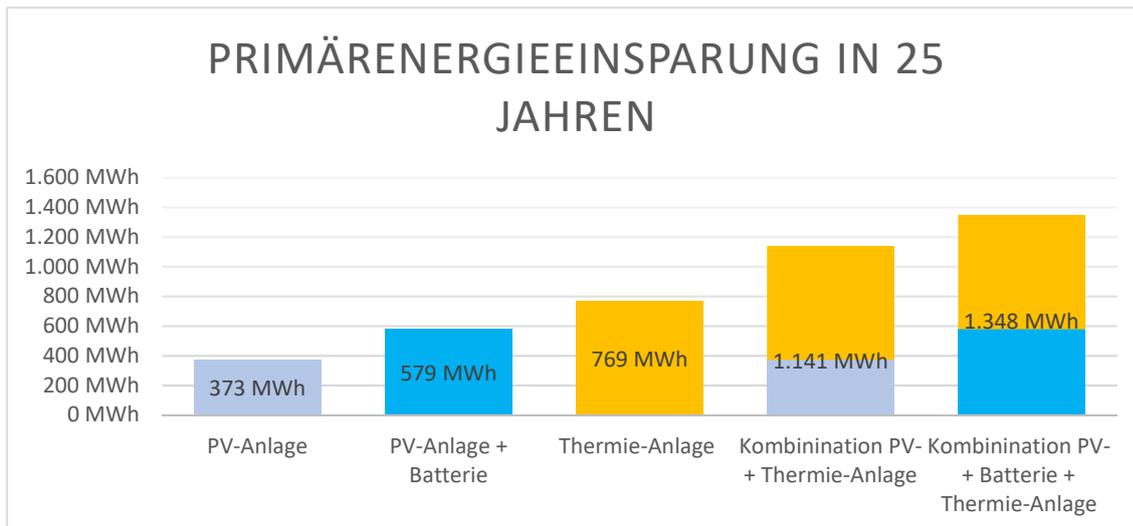


Diagramm 14: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte D

Bei Sportstätte D ist es aus wirtschaftlicher Sicht am gewinnbringendsten eine PV-Anlage zu installieren, da hierbei die Ersparnis mit ca. 101.051 € am größten wäre. Wenn man nach der CO<sub>2</sub>-Bilanz geht, wäre eine Kombination aus PV- und Solarthermie-Anlage die umweltfreundlichste Variante, da man so die höchste CO<sub>2</sub>-Einsparung von 520 t erzielt und immerhin noch eine Ersparnis von ca. 77.849 € hat. Geht man nach der Primärenergieeinsparung wäre eine Kombination einer PV-Anlage mit Batteriespeicher und einer Solarthermie-Anlage mit 1348 MWh die sinnvollste Variante. Trotzdem hätte die Sportstätte noch eine Einsparung von ca. 60.272 €.

## 7.5 Sportstätte E

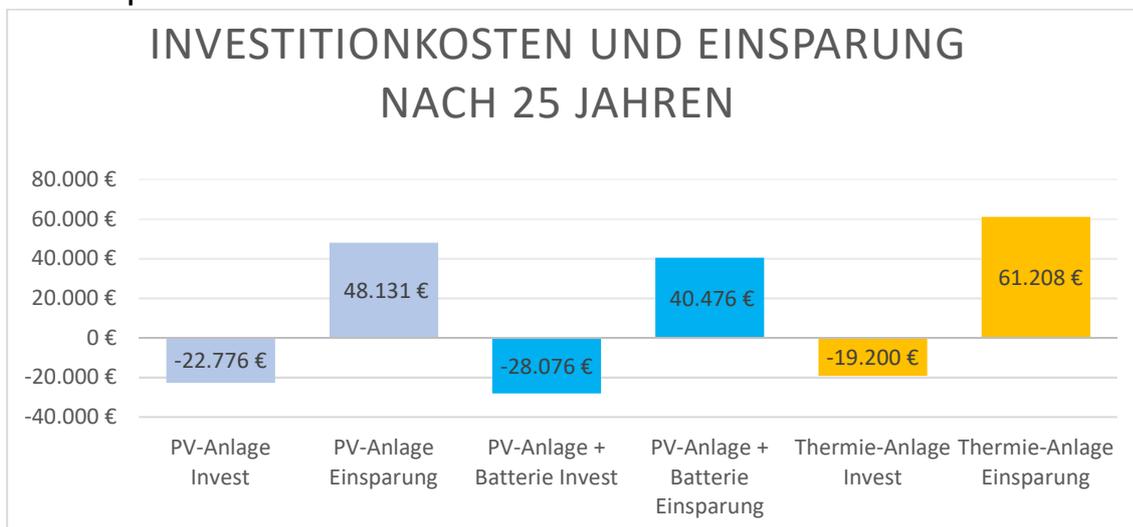


Diagramm 15: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte E

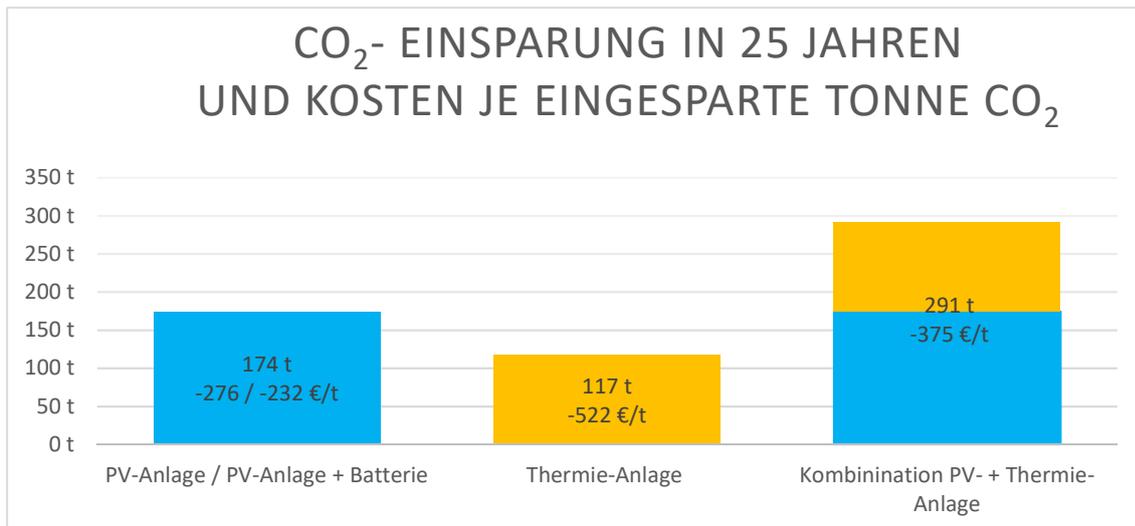


Diagramm 16: CO<sub>2</sub> Einsparungen in t Sportstätte E

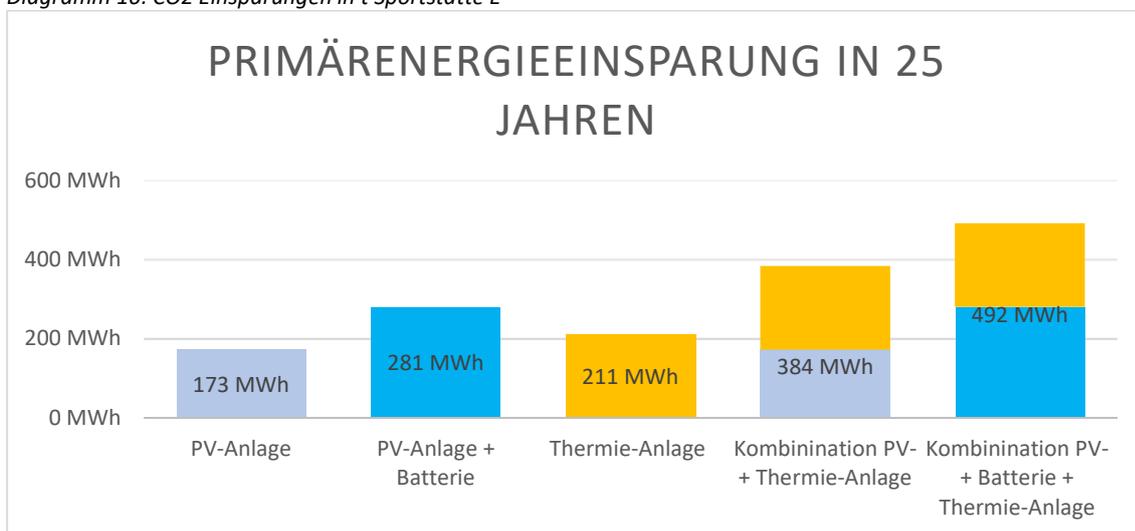


Diagramm 17: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte E

Bei Sportstätte E ist es aus wirtschaftlicher Sicht am gewinnbringendsten eine Kombination von PV- und Solarthermie-Anlage zu installieren, da hierbei die Ersparnis mit ca. 109.339 € am größten wäre. Mit einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von 291 t wäre dies auch die umweltfreundlichste Variante mit der besten CO<sub>2</sub>-Bilanz. Geht man nach der Primärenergieeinsparung wäre eine Kombination einer PV-Anlage mit Batteriespeicher und einer Solarthermie-Anlage mit 492 MWh die sinnvollste Variante. Trotzdem hätte die Sportstätte noch eine Einsparung von ca. 101.684 €.

## 7.6 Sportstätte F

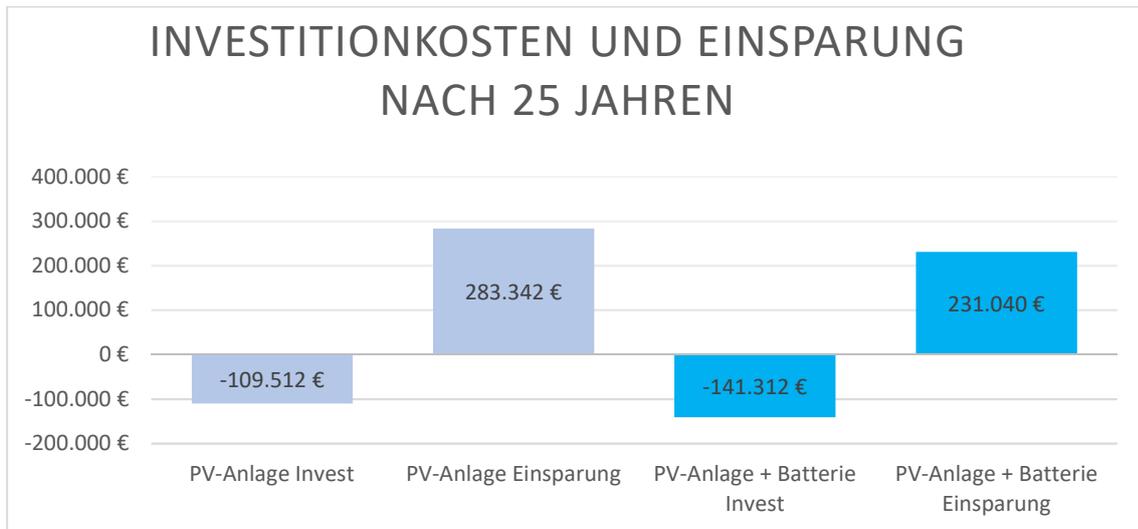


Diagramm 18: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte F

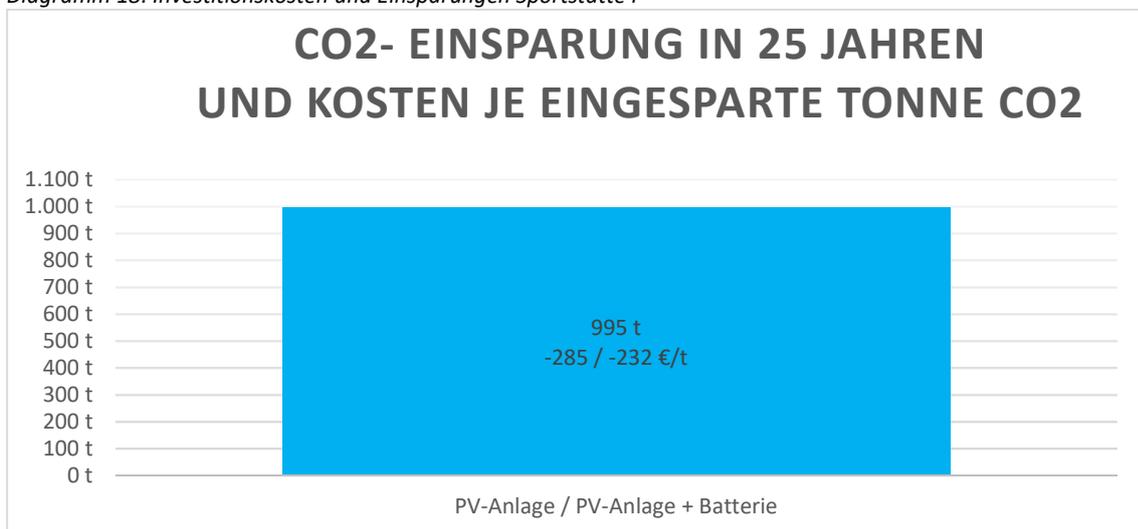


Diagramm 19: CO<sub>2</sub> Einsparungen in t Sportstätte F

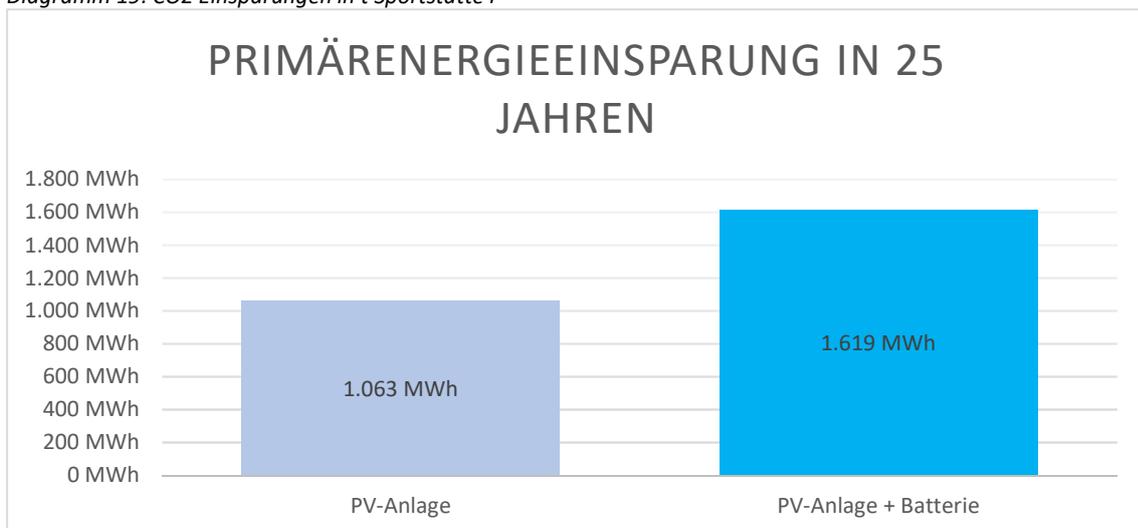


Diagramm 20: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte F

Bei Sportstätte F ist es aus wirtschaftlicher Sicht am gewinnbringendsten eine PV-Anlage zu installieren, da hierbei die Ersparnis mit ca. 283.342 € am größten wäre. Mit einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von 995 t wäre dies auch die umweltfreundlichste Variante mit der besten CO<sub>2</sub>-Bilanz. Geht man nach der Primärenergieeinsparung wäre eine Kombination einer PV-Anlage mit Batteriespeicher bei einer Primärenergieeinsparung von 1.619 MWh die sinnvollste Variante. Trotzdem hätte die Sportstätte noch eine Einsparung von ca. 231.040 €.

## 7.7 Sportstätte G

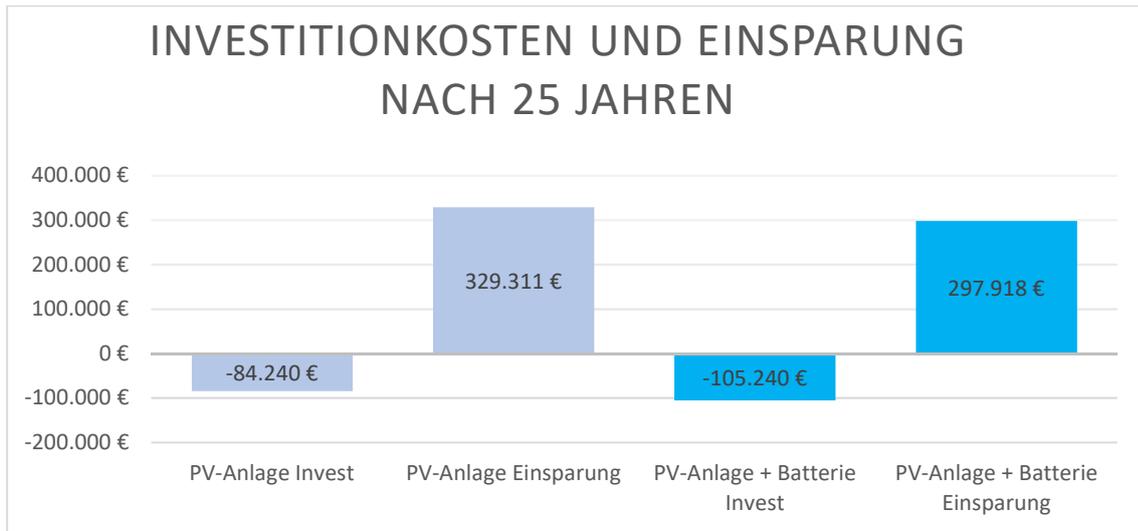


Diagramm 21: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte G

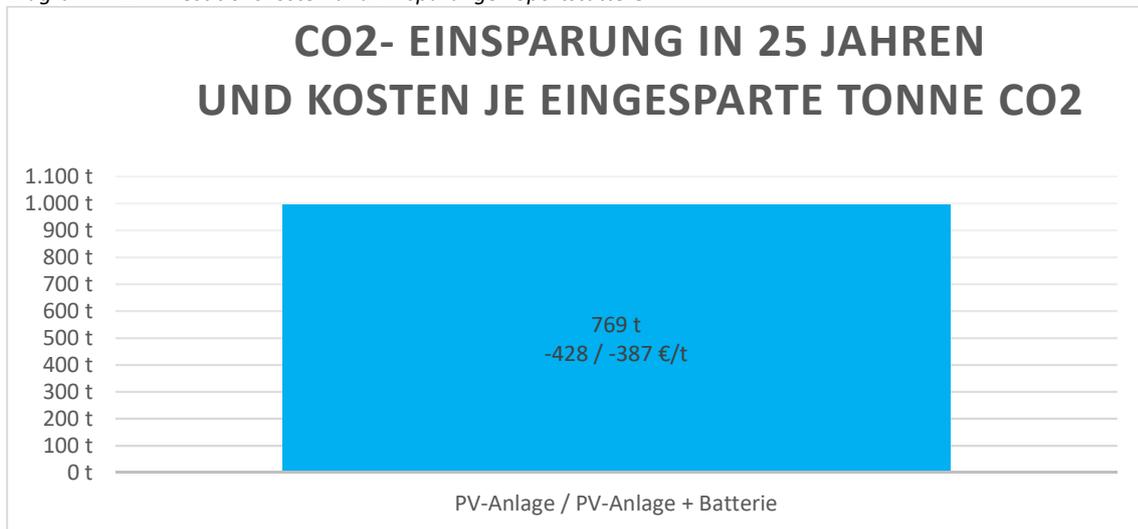


Diagramm 22: CO<sub>2</sub> Einsparungen in t Sportstätte G

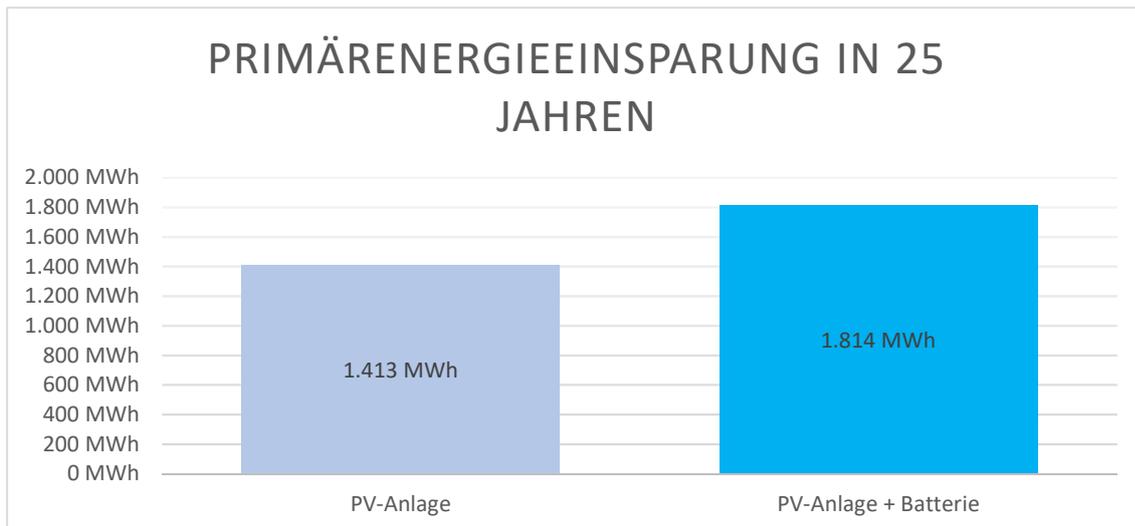


Diagramm 23: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte G

Bei Sportstätte F ist es aus wirtschaftlicher Sicht am gewinnbringendsten eine PV-Anlage zu installieren, da hierbei die Ersparnis mit ca. 329.311 € am größten wäre. Mit einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von 769 t wäre dies auch die umweltfreundlichste Variante mit der besten CO<sub>2</sub>-Bilanz. Geht man nach der Primärenergieeinsparung wäre eine Kombination einer PV-Anlage mit Batteriespeicher bei einer Primärenergieeinsparung von 1.814 MWh die sinnvollste Variante. Trotzdem hätte die Sportstätte noch eine Einsparung von ca. 297.918 €.

## 7.8 Sportstätte H

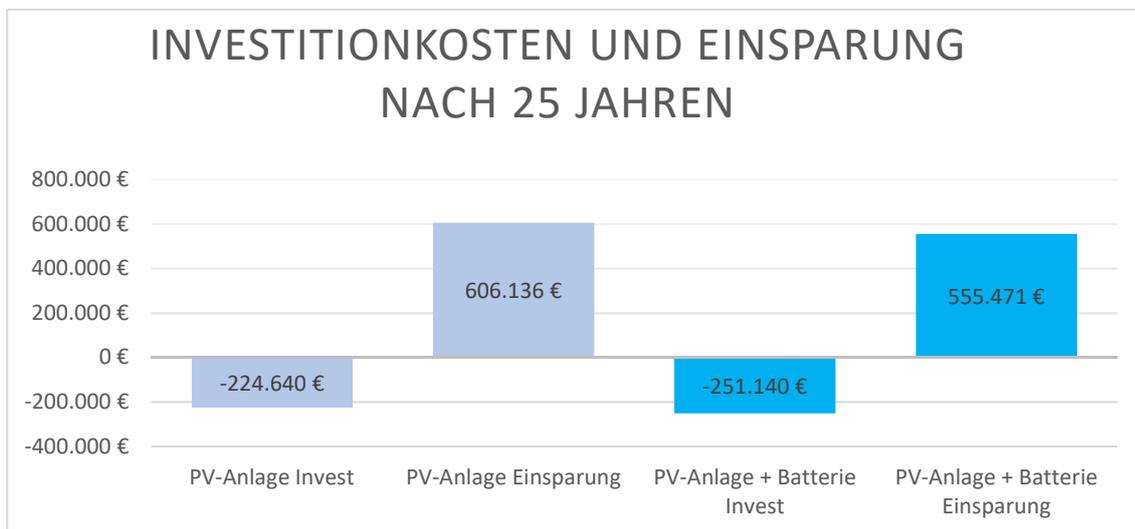


Diagramm 24: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte H

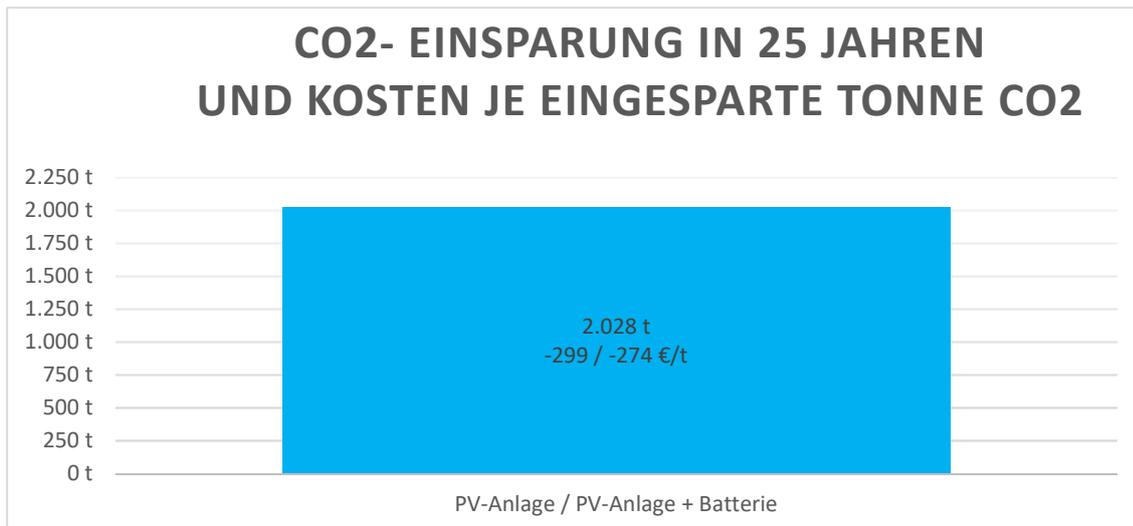


Diagramm 25: CO<sub>2</sub> Einsparungen in t Sportstätte H

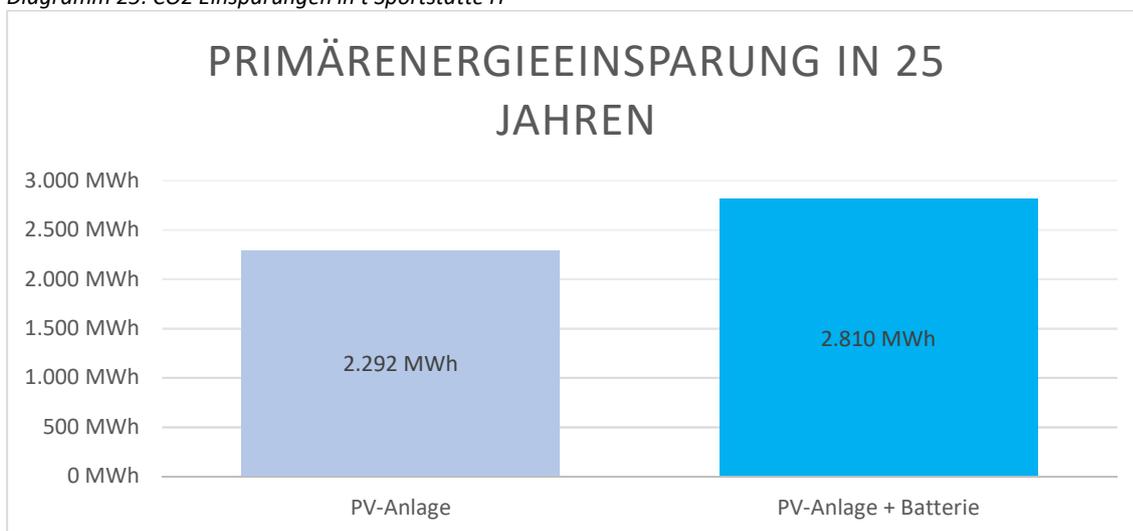


Diagramm 26: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte H

Bei Sportstätte F ist es aus wirtschaftlicher Sicht am gewinnbringendsten eine PV-Anlage zu installieren, da hierbei die Ersparnis mit ca. 606.136 € am größten wäre. Mit einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von 2.028 t wäre dies auch die umweltfreundlichste Variante mit der besten CO<sub>2</sub>-Bilanz. Geht man nach der Primärenergieeinsparung wäre eine Kombination einer PV-Anlage mit Batteriespeicher bei einer Primärenergieeinsparung von 2.810 MWh die sinnvollste Variante. Trotzdem hätte die Sportstätte noch eine Einsparung von ca. 555.471 €.

## 7.9 Sportstätte I

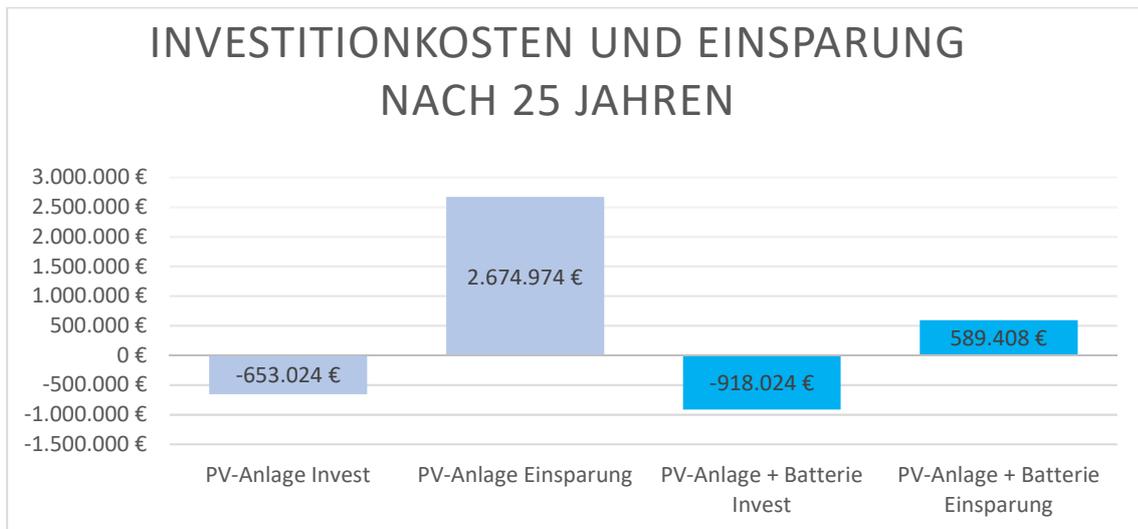


Diagramm 27: Investitionskosten und Einsparungen Sportstätte I

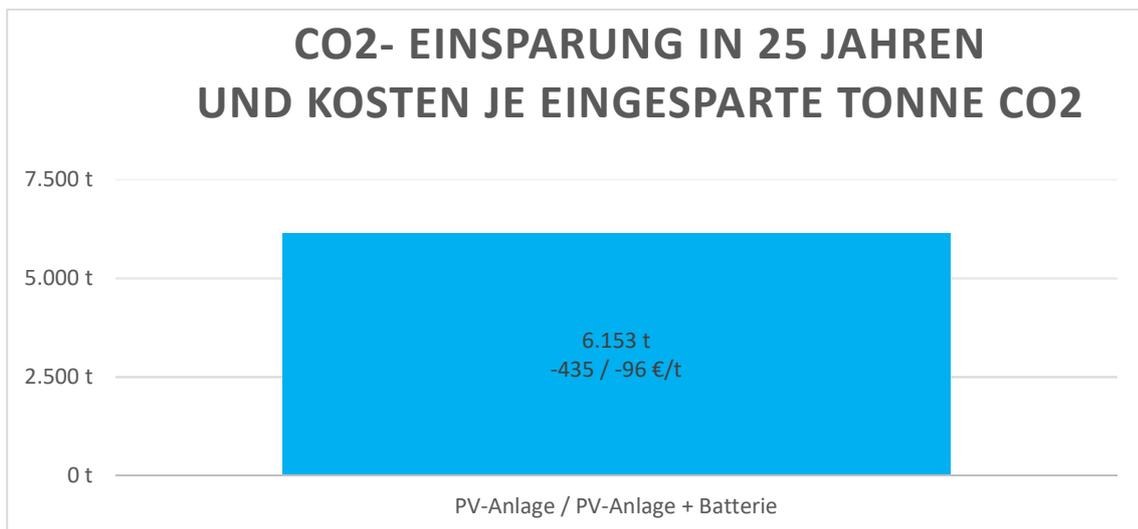


Diagramm 28: CO<sub>2</sub> Einsparungen in t Sportstätte I

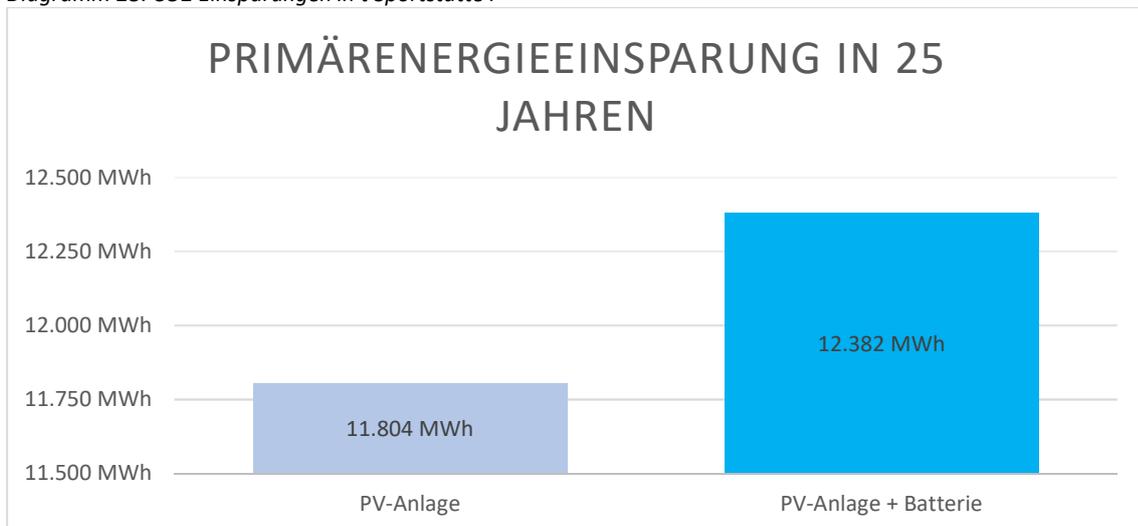


Diagramm 29: Primärenergieeinsparungen in MWh Sportstätte I

Bei Sportstätte F ist es aus wirtschaftlicher Sicht am gewinnbringendsten eine PV-Anlage zu installieren, da hierbei die Ersparnis mit ca. 2.674.974 € am größten wäre. Mit einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von 6.153 t wäre dies auch die umweltfreundlichste Variante mit der besten CO<sub>2</sub>-Bilanz. Geht man nach der Primärenergieeinsparung wäre eine Kombination einer PV-Anlage mit Batteriespeicher bei einer Primärenergieeinsparung von 12.382 MWh die sinnvollste Variante. Trotzdem hätte die Sportstätte noch eine Einsparung von ca. 589.408 €.

## 8. Zusammenfassung

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung stellte sich bei allen Sportstätten heraus, dass innerhalb des Betrachtungszeitraums von 25 Jahren der Einsatz von PV-Anlagen eine finanzielle Entlastung für die Hamburger Sportstätten darstellt. Mit allen PV-Anlagen (ohne oder mit Batteriespeicher) konnten Einsparungen erzielt werden. Bei den solarthermischen Anlagen zur Trinkwasser-Erwärmung wurde bei allen Sportstätten mit Gastherme keine Einsparung gegenüber dem Referenzsystem ohne Solarthermie erwirtschaftet. Das liegt besonders an dem niedrigen Gaspreis von 4,5 Cent/kWh. Jedoch wurde bei dieser Betrachtung die Förderung des Hamburger Sportbundes noch nicht miteinbezogen.

Bei der Sportstätte E hat die solarthermische Anlage jedoch eine deutliche Einsparung gegenüber dem Referenzsystem erwirtschaftet, da diese Sportstätte als Heizungssystem einen Durchlauferhitzer hat. Aufgrund der fehlenden Datenlage konnten für die Sportstätten F bis I keine solarthermischen Anlagen zur Trinkwasser-Erwärmung simuliert werden. Würden alle Sportstätten die wirtschaftlichste Anlage oder eine Kombination installieren, würde das eine finanzielle Einsparung gegenüber den Referenzsystemen von 4.252.164 € bedeuten.

Die höchste CO<sub>2</sub>-Einsparung würde erreicht werden, wenn die Sportstätten A bis E eine Kombination von PV- und Solarthermieanlagen installieren würden. Dies wäre auch bei allen fünf Sportstätten möglich. Zudem wäre trotzdem eine finanzielle Ersparnis für alle Sportstätten gegeben, da die Ersparnis durch die PV-Anlagen die Kosten der Solarthermie-Anlagen mehr als kompensiert. Würden alle Sportstätten die Solartechnik, die simuliert wurde, installieren, könnten insgesamt 11.431 t CO<sub>2</sub> eingespart werden.

Die größten Primärenergieeinsparungen und die größte Autarkie hätten die Sportstätten, wenn sie zu ihrer PV-Anlage noch einen Batteriespeicher installieren und die Sportstätten A bis E zudem noch die Solarthermie-Anlage. Dies schmälert die finanziellen Einsparungen noch weiter, aber es wäre immer noch eine vorhanden. Diese könnten sich jedoch schnell durch einen größeren Anstieg der Energiepreise als angenommen erhöhen. Insgesamt ließen sich 22.271 MWh einsparen, wenn alle Sportstätten die solartechnischen Anlagen mit der größten Primärenergieeinsparung installieren würden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass für die untersuchten Sportstätten die Solartechnik einerseits die klimapolitischen Ziele der Bundesregierung wie auch der Stadt Hamburg im Hinblick auf die Energiewende unterstützt, zum anderen in den meisten Fällen mit der Installation der Solartechnik eine wirtschaftliche Entlastung verbunden ist. Eine besonders hohe Eigenverbrauchsquote bei PV-Anlagen erzielten die Sportstätten mit einer Klimaanlage.

Aufbauend auf diese Arbeit wäre es sinnvoll und wünschenswert, bei den Sportstätten F bis I den genauen Warmwasserbedarf zu ermitteln, um auch für diese Einrichtungen eine Solarthermie-Anlage zu konzipieren. Dies wäre besonders interessant

bei Sportstätte F und I, da diese als Heizenergie Fernwärme beziehen und der Preis für die Fernwärme mit 7,5 Cent/kWh höher liegt als der von Gas mit 4,5 Cent/kWh. Generell wäre auch ein Monitoring-Programm von Sportstätten sehr sinnvoll, um überhaupt bzw. noch genauere Verbrauchsprofile zu erhalten. Bei Sportstätte H wäre es auch von besonderem Interesse, eine Ertragskontrolle der vorhandenen Solarthermie-Anlage durchzuführen. Zudem könnte durch eine weitere Optimierung der Solarthermie-Anlagen auf Sommerbetrieb der Nutzungsgrad weiter verbessert werden und damit auch die Wirtschaftlichkeit. Außerdem sollte in allen Fällen die Einbeziehung der Förderung vom Hamburger Sportbund genutzt werden.

## Literaturverzeichnis

- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (15. 06 2017). *www.bafa.de*. Von bafa:  
[http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ee\\_solarthermie\\_foerderuebersicht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ee_solarthermie_foerderuebersicht.pdf?__blob=publicationFile&v=4) abgerufen
- Bundesnetzagentur, f. P. (18. 06 2017). *www.bundesnetzagentur.de*. Von bundesnetzagentur:  
[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Photovoltaik/DatenMeldgn\\_EEG-VergSaetze/DatenMeldgn\\_EEG\\_VergSaetze.html?nn=414658#doc405794bodyText4](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Photovoltaik/DatenMeldgn_EEG-VergSaetze/DatenMeldgn_EEG_VergSaetze.html?nn=414658#doc405794bodyText4) abgerufen
- CHECK24, C. V. (8. 7 2017). *check24*. Von  
[https://www.check24.de/strom/?c24api\\_paymentperiod=month&c24api\\_cancellationperiod=42&c24api\\_contractperiod=12&c24api\\_priceguarantee=yes&c24api\\_priceguarantee\\_months=12&c24api\\_packages=no&c24api\\_considerdeposit=no&c24api\\_companyevaluation\\_positive=75&c24a](https://www.check24.de/strom/?c24api_paymentperiod=month&c24api_cancellationperiod=42&c24api_contractperiod=12&c24api_priceguarantee=yes&c24api_priceguarantee_months=12&c24api_packages=no&c24api_considerdeposit=no&c24api_companyevaluation_positive=75&c24a) abgerufen
- Gailfuß, M. (14. 07 2017). *www.bhkw-infozentrum.de*. Von [https://www.bhkw-infozentrum.de/statement/ueblicher\\_preis\\_bhkw.html](https://www.bhkw-infozentrum.de/statement/ueblicher_preis_bhkw.html) abgerufen
- Hamburgische Investitions- und Förderbank. (15. 06 2017). *www.ifbhh.de*. Von ifbhh:  
<https://www.ifbhh.de/erneuerbare-waerme/> abgerufen
- Hantmann, F. (2017). *Wirtschaftlichkeitsanalyse der PV-Anlage mit bzw. ohne Solarstromspeicher*. DGS.
- Katsimpouras, T. (06. 07 2017). *teslamag.de*. Von <http://teslamag.de/news/powerwall-2-kostet-30-prozent-weniger-als-der-naechstbeste-mitbewerber-10898> abgerufen
- Lindemann, D.-I. S. (1. 07 2017). *valentin-software*. Von <http://www.valentin-software.com/produkte/photovoltaik/57/pvsol-premium> abgerufen
- Matthaei, O. E. (13. 07 2017). *www.energie-effizient-sparen.de*. Von <http://www.energie-effizient-sparen.de/aktuelles/verschaeferung-der-energieeinsparverordnung-tritt-2016-in-kraft/> abgerufen
- Quaschnig, V. (2013). *Regenerative Energiesysteme, Technologie-Berechnung-Simulation* (8. aktualisierte und erweiterte Auflage Ausg.). München: Hanser Verlag München.
- SolarFuchs. (12.07.2017). Persönlichesgespräch Ulrich Fuchs .
- SolarZentrum-Hamburg. (18. 06 2017). <http://www.solarzentrum-hamburg.de>. Von solarzentrum-hamburg: [http://www.solarzentrum-hamburg.de/site/wp-content/uploads/2015/11/Flyer\\_Photovoltaike\\_web.pdf](http://www.solarzentrum-hamburg.de/site/wp-content/uploads/2015/11/Flyer_Photovoltaike_web.pdf) abgerufen
- Solmetric. (18. 06 2017). *www.Solmetric.com*. Von Solmetric:  
[http://resources.solmetric.com/get/Solmetric%20SunEye%20200%20Series%20Users%20Guide\\_de.pdf](http://resources.solmetric.com/get/Solmetric%20SunEye%20200%20Series%20Users%20Guide_de.pdf) abgerufen
- Sonnenenergie, D. G. (2012). *Solarthermische Anlagen, Leitfaden für das SHK-, Elektro- und Dachdeckerhandwerk, Fachplaner, Architekten, Bauherren und Weiterbildungsinstitutionen* (9. Auflage Ausg.). Berlin: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie.

Vela Solaris, A. (18. 06 2017). *www.velasolaris.com*. Von vela solaris: <http://www.velasolaris.com> abgerufen

WeatherOnline, L. M. (23. 05 2017). *www.weatheronline.de*. Von WeatherOnline: [http://www.weatheronline.de/weather/maps/city?LANG=de&PLZ=\\_\\_\\_\\_&PLZN=\\_\\_\\_\\_&WMO=10147&CONT=dIdI&R=0&LEVEL=162&REGION=0001&LAND=DL&MOD=tab&ART=SOS&NOREGION=0](http://www.weatheronline.de/weather/maps/city?LANG=de&PLZ=____&PLZN=____&WMO=10147&CONT=dIdI&R=0&LEVEL=162&REGION=0001&LAND=DL&MOD=tab&ART=SOS&NOREGION=0) abgerufen

Zahn, S. (06. 07 2017). *www.energieheld.de*. Von <https://www.energieheld.de/photovoltaik/kosten-pv-anlage> abgerufen

# Anhang

1.	Sportstätte A.....	2
	PV-Anlage A.....	2
	PV-Anlage + Batterie A.....	3
	Solarthermie-Anlage A.....	4
2.	Sportstätte B.....	6
	PV-Anlage B.....	6
	PV-Anlage + Batterie B.....	7
	Solarthermie-Anlage B.....	8
3.	Sportstätte C.....	11
	PV-Anlage C.....	11
	PV-Anlage + Batterie C.....	12
	Solarthermie-Anlage C.....	13
4.	Sportstätte D.....	16
	PV-Anlage D.....	16
	PV-Anlage + Batterie D.....	17
	Solarthermie-Anlage D.....	18
5.	Sportstätte E.....	21
	PV-Anlage E.....	21
	PV-Anlage + Batterie E.....	22
	Solarthermie-Anlage E.....	23
6.	Sportstätte F.....	26
	PV-Anlage F.....	26
	PV-Anlage + Batterie F.....	27
7.	Sportstätte G.....	28
	PV-Anlage G.....	28
	PV-Anlage + Batterie G.....	29
8.	Sportstätte H.....	30
	PV-Anlage H.....	30
	PV-Anlage + Batterie H.....	31
9.	Sportstätte I.....	32
	PV-Anlage I.....	32
	PV-Anlage + Batterie I.....	33

# 1. Sportstätte A

## PV-Anlage A

Photovoltaik

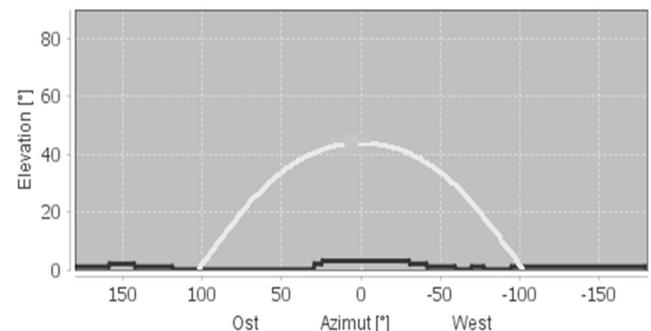
### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	146,7 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	20.946,5 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	18.744,3 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	23,4 kW
Performance Ratio	76,7 %
Spezifischer Jahresertrag	801 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	18.744,3 kVAh
CO2 Einsparung	10.054 kg

### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	8.209 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	43,8 %
Autarkiegrad	31,1 %
Jahresverbrauch	26.381 kWh

### Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	20947	533	880	1539	2370	2954	3014	2802	2669	1867	1268	640	411
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	153305	3786	6218	10945	17034	21611	22325	20885	19961	13811	9207	4566	2956
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	18744	467	780	1374	2128	2655	2708	2514	2398	1672	1130	563	356
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	26381	2241	2024	2241	2168	2241	2168	2241	2241	2168	2241	2168	2241
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	8209	321	489	714	843	1017	998	997	917	719	568	362	266

**Einspeiseanteil [Rocsp]**

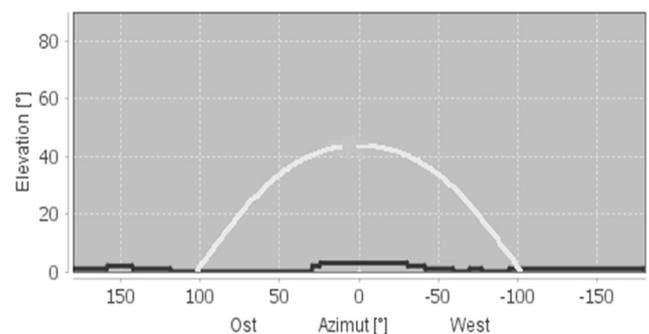
%	56,2	31,3	37,4	48	60,4	61,7	63,1	60,4	61,8	57	49,7	35,7	25,2
---	------	------	------	----	------	------	------	------	------	----	------	------	------

**PV-Anlage + Batterie A****Photovoltaik + Batterie****Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)**

Bruttogesamtfläche	146,7 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	20.946,5 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	18.744,3 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	23,4 kW
Performance Ratio	76,7 %
Spezifischer Jahresertrag	801 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	18.744,3 kVAh
CO2 Einsparung	10.054 kg

**Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)**

Eigenverbrauch	10.367 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	55,3 %
Autarkiegrad	39,3 %
Jahresverbrauch	26.381 kWh

**Horizontlinie****Meteodaten-Übersicht**

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

**Komponentenübersicht (Jahreswerte)**

<b>Batterie Gesamtnennkapazität kWh 10</b>	<b>Lithium-Ionen-Batterie, gross</b>		
Anzahl Batterien			1
Gesamtnennkapazität	kWh		10
Nennkapazität	kWh		10

Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]**

kWh	20947	533	880	1539	2370	2954	3014	2802	2669	1867	1268	640	411
-----	-------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----

**Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]**

kWh	153305	3786	6218	10945	17034	21611	22325	20885	19961	13811	9207	4566	2956
-----	--------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------

### Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]

kWh	18744	467	780	1374	2128	2655	2708	2514	2398	1672	1130	563	356
-----	-------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----

### Gesamter Stromverbrauch [Ecs]

kWh	26381	2241	2024	2241	2168	2241	2168	2241	2241	2168	2241	2168	2241
-----	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

### Eigenverbrauch [Eocs]

kWh	10367	402	630	922	1077	1284	1236	1227	1160	911	732	464	322
-----	-------	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----

### Einspeiseanteil [Rocsp]

%	44,7	14	19,2	32,9	49,4	51,6	54,4	51,2	51,6	45,5	35,2	17,5	9,5
---	------	----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

## Solarthermie-Anlage A

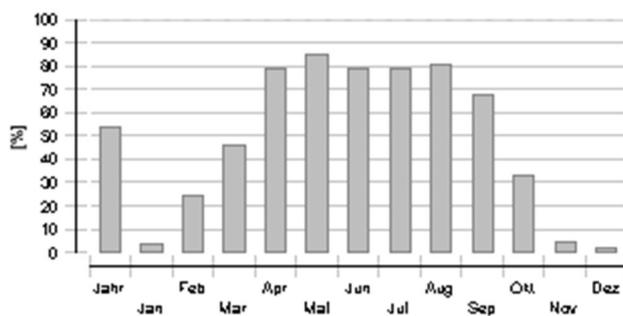
### Systemübersicht (Jahreswerte)

Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]	16.125 kWh
Gesamter Energieverbrauch [Quse]	28.030 kWh
Systemeffizienz [(Quse+Einiv) / (Eaux+Epar)]	1,74
Anlagenaufwandszahl	0,58
Komfortanforderungen	Energiebedarf ist gedeckt

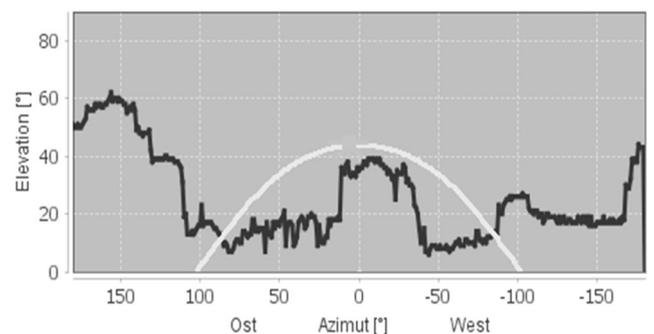
### Übersicht Solarthermie (Jahreswerte)

Kollektorfläche	52 m <sup>2</sup>
Solarer Deckungsgrad gesamt	53,8%
Gesamter Kollektorfeldertrag	15.763,4 kWh
Kollektorfeldertrag bzgl. Bruttofläche	303,1 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Kollektorfeldertrag bzgl. Aperturfläche	336,8 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Max. Brennstoffeinsparung (VDI 6002)	1.668,1 m <sup>3</sup> (gas): [Erdgas H]
Max. Energieeinsparung (VDI 6002)	17.514,8 kWh
Max. vermiedene CO <sub>2</sub> -Emission	4.056 kg

### Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SFn]



### Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

<b>Kessel oder Luft-Wärmepumpe</b>	<b>Gas 10kW</b>	
Leistung	kW	10
Gesamtnutzungsgrad	%	84

Energie vom/zum System [Qaux]	kWh	13.541
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Eaux]	kWh	16.117
Brennstoffbedarf des Nachheizkessels [Baux]	m <sup>3</sup> (gas)	1.535
Energieeinsparung Solarthermie	kWh	17.515
CO2 Einsparung Solarthermie	kg	4.056
Brennstoffeinsparung Solarthermie	m <sup>3</sup> (gas)	1.668
Abgasverluste [Qex]	kWh	1.612
<b>Kollektor</b>	<b>Flachk., gut</b>	
Datenquelle		SPF
Kollektoranzahl		26
Parallele Abschnitte		1
Bruttogesamtfläche	m <sup>2</sup>	52
Gesamte Aperturfläche	m <sup>2</sup>	46,8
Gesamte Absorberfläche	m <sup>2</sup>	46,8
Anstellwinkel (hor.=0°, vert.=90°)	°	45
Ausrichtung (O=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Kollektorfeldertrag [Qsol]	kWh	15.763
Einstrahlung in Kollektorebene [Esol]	kWh	40.983
Kollektorwirkungsgrad [Qsol / Esol]	%	38,5
Direktstrahlung nach IAM	kWh	20.201
Diffusstrahlung nach IAM	kWh	18.567
<b>Warmwasserbedarf</b>	<b>Sport a</b>	
Volumenentnahme/Tagesverbrauch	l/d	1.560
Solltemperatur	°C	50
Energiebedarf [Qdem]	kWh	26.847
<b>Pumpe Solarkreis</b>	<b>Eco, klein</b>	
Kreislauf-Druckverlust	bar	94,634
Durchsatz	l/h	1.872
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Epar]	kWh	8,4
<b>Speicher 3</b>	<b>4000</b>	
Volumen	l	4.000
Höhe	m	1,7
Material		Edelstahl
Wärmedämmung		PU hart
Dämmungs-Dicke	mm	80
Wärmeverlust [Qhl]	kWh	676
Anschlussverluste	kWh	180

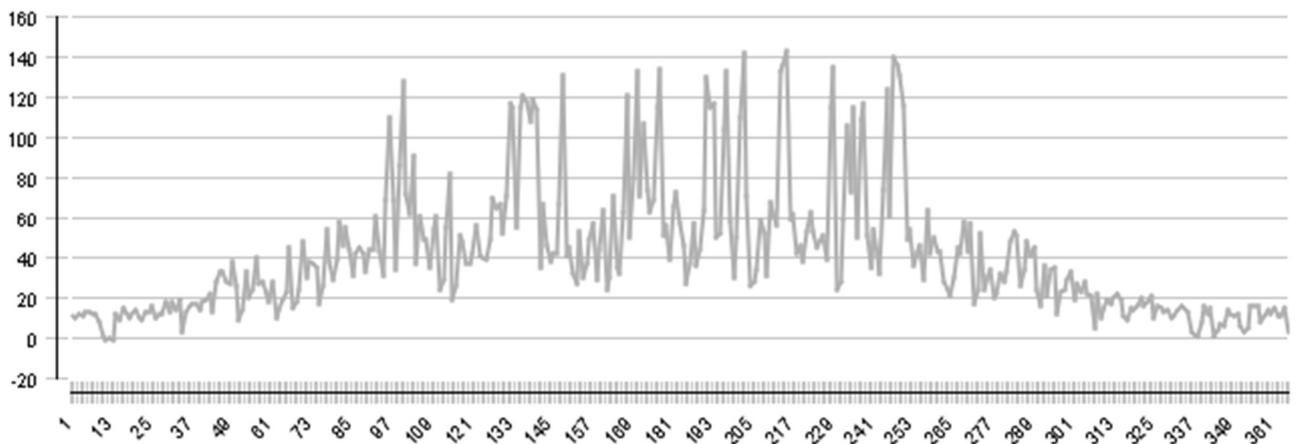
## Kreislauf

<b>Solarkreislauf</b>		
Fluidmischung		Propylenmischung
Fluidkonzentration	%	33,3
Volumen des Fluidbereichs	l	55,8
Druck am obersten Punkt im Kreislauf	bar	4

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Solarthermische Energie an das System [Qsol]</b>													
kWh	15763	63	406	1282	2105	2243	2447	2353	2356	1590	776	110	32
<b>Energie der Wärmeerzeuger an das System (ohne Solarthermie) [Qaux]</b>													
kWh	13541	1705	1240	1495	552	409	656	627	576	755	1587	2272	1667
<b>Brennstoff- und Strom-Verbrauch der Wärmeerzeuger [Eaux]</b>													
kWh	16117	2023	1486	1776	670	497	786	753	694	907	1882	2661	1980
<b>Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SFn]</b>													
%	53,8	3,6	24,7	46,2	79,2	84,6	78,9	79	80,4	67,8	32,8	4,6	1,9
<b>Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]</b>													
kWh	16125	2023	1486	1777	671	498	788	754	695	908	1883	2661	1980
<b>Einstrahlung in Kollektorebene [Esol]</b>													
kWh	40983	380	1200	3024	5296	6267	6103	5921	5908	4239	1843	524	278
<b>Stromverbrauch der Pumpen [Epar]</b>													
kWh	8,4	0,1	0,3	0,8	1	1,1	1,2	1,2	1,1	0,8	0,5	0,1	0,1
<b>Gesamter Energieverbrauch [Quse]</b>													
kWh	28030	1706	1570	2670	2524	2508	2897	2874	2807	2179	2314	2337	1643
<b>Wärmeverlust an Innenraum (inklusive Wärmeerzeuger-Verluste) [Qint]</b>													
kWh	2121	171	156	183	164	171	175	182	182	179	195	187	174
<b>Wärmeverlust an Umgebung (ohne Kollektorverluste) [Qext]</b>													
kWh	126	1	4	11	18	20	18	17	17	13	6	2	1

## Kollektor

Tägliche Maximaltemperatur [ °C]



## 2. Sportstätte B

### PV-Anlage B

Photovoltaik

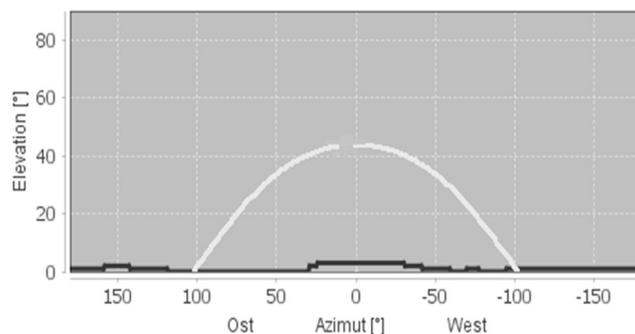
#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	44 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	6.395,1 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	6.113,3 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	7,02 kW
Performance Ratio	81,5 %
Spezifischer Jahresertrag	871 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	4,6 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	6.113,3 kVAh
CO2 Einsparung	3.279 kg

## Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	2.299 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	37,6 %
Autarkiegrad	39,7 %
Jahresverbrauch	5.791 kWh

### Horizontlinie



## Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C												
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>												
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>												
	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	6395	171	279	484	710	910	878	869	780	589	387	207	130
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	47044	1216	1976	3455	5141	6698	6540	6516	5880	4382	2826	1477	937
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	6113	160	265	462	681	874	842	833	748	564	369	195	121
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	5791	492	444	492	476	492	476	492	492	476	492	476	492
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	2299	86	126	196	231	289	286	296	260	206	157	99	68
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	62,4	46,4	52,5	57,7	66	66,9	66	64,5	65,2	63,5	57,5	49,3	43,8

## PV-Anlage + Batterie B

## Photovoltaik + Batterie

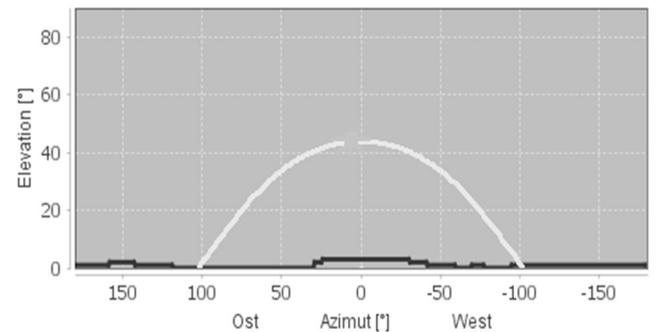
### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	44 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	6.395,1 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	6.113,3 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	7,02 kW
Performance Ratio	81,5 %
Spezifischer Jahresertrag	871 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	4,6 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	6.113,3 kVAh
CO2 Einsparung	3.279 kg

## Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	3.240 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	53 %
Autarkiegrad	55,9 %
Jahresverbrauch	5.791 kWh

Horizontlinie



## Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

Batterie Nennkapazität kWh 4		Lithium-Ionen-Batterie, klein											
Anzahl Batterien		1											
Gesamtnennkapazität	kWh	4											
Nennkapazität	kWh	4											
	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	6395	171	279	484	710	910	878	869	780	589	387	207	130
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	47044	1216	1976	3455	5141	6698	6540	6516	5880	4382	2826	1477	937
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	6113	160	265	462	681	874	842	833	748	564	369	195	121
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	5791	492	444	492	476	492	476	492	492	476	492	476	492
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	3240	130	189	285	329	397	386	390	360	290	229	153	103
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	47	18,9	28,8	38,4	51,7	54,6	54,2	53,2	51,9	48,6	37,9	21,1	14,7

## Solarthermie-Anlage B

## Solarthermie

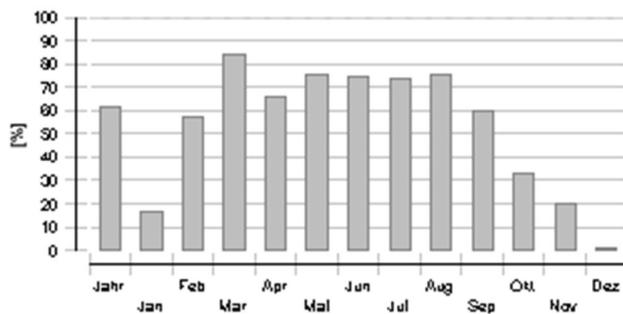
### Systemübersicht (Jahreswerte)

Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]	7.899 kWh
Gesamter Energieverbrauch [Quse]	15.900 kWh
Systemeffizienz [(Quse+Einiv) / (Eaux+Epar)]	2,01
Anlagenaufwandszahl	0,5
Komfortanforderungen	Energiebedarf ist gedeckt

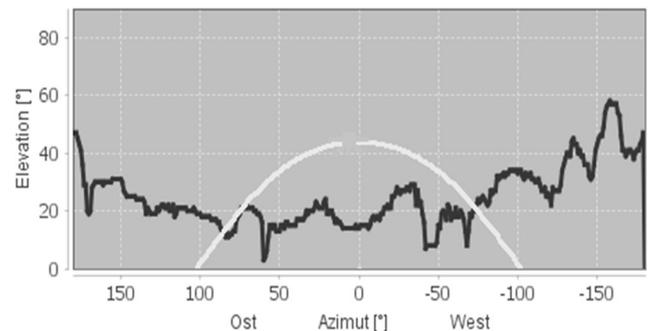
## Übersicht Solarthermie (Jahreswerte)

Kollektorfläche	28 m <sup>2</sup>
Solarer Deckungsgrad gesamt	61,7%
Gesamter Kollektorfeldertrag	10.457,8 kWh
Kollektorfeldertrag bzgl. Bruttofläche	373,5 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Kollektorfeldertrag bzgl. Aperturfläche	415 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Max. Brennstoffeinsparung (VDI 6002)	1.106,6 m <sup>3</sup> (gas): [Erdgas H]
Max. Energieeinsparung (VDI 6002)	11.619,7 kWh
Max. vermiedene CO <sub>2</sub> -Emission	2.691 kg

### Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SF<sub>n</sub>]



### Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

Kessel oder Luft-Wärmepumpe	Gas 5kW	
Leistung	kW	5
Gesamtnutzungsgrad	%	82,1
Energie vom/zum System [Q <sub>aux</sub> ]	kWh	6.478
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [E <sub>aux</sub> ]	kWh	7.888
Brennstoffbedarf des Nachheizkessels [B <sub>aux</sub> ]	m <sup>3</sup> (gas)	751
Energieeinsparung Solarthermie	kWh	11.620
CO <sub>2</sub> Einsparung Solarthermie	kg	2.691
Brennstoffeinsparung Solarthermie	m <sup>3</sup> (gas)	1.107
Abgasverluste [Q <sub>ex</sub> ]	kWh	789
Kollektor	Flachk., gut	
Datenquelle		SPF
Kollektoranzahl		14
Parallele Abschnitte		1
Bruttogesamtfläche	m <sup>2</sup>	28
Gesamte Aperturfläche	m <sup>2</sup>	25,2
Gesamte Absorberfläche	m <sup>2</sup>	25,2
Anstellwinkel (hor.=0°, vert.=90°)	°	45
Ausrichtung (O=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Kollektorfeldertrag [Q <sub>sol</sub> ]	kWh	10.458
Einstrahlung in Kollektorebene [E <sub>sol</sub> ]	kWh	22.741
Kollektorwirkungsgrad [Q <sub>sol</sub> / E <sub>sol</sub> ]	%	46

Direktstrahlung nach IAM	kWh	11.387
Diffusstrahlung nach IAM	kWh	10.304
<b>Warmwasserbedarf</b>	<b>BDH/BSW Zapfprofil</b>	
Volumenentnahme/Tagesverbrauch	l/d	908
Solltemperatur	°C	50
Energiebedarf [Qdem]	kWh	15.474
<b>Pumpe Solarkreis</b>	<b>Eco, klein</b>	
Kreislauf-Druckverlust	bar	18,193
Durchsatz	l/h	1.008
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Epar]	kWh	11,1
<b>Speicher 3</b>		
Volumen	l	2.200
Höhe	m	1,7
Material		Edelstahl
Wärmedämmung		PU hart
Dämmungs-Dicke	mm	80
Wärmeverlust [Qhl]	kWh	500
Anschlussverluste	kWh	187

## Kreislauf

<b>Solarkreislauf</b>		
Fluidmischung		Propylenmischung
Fluidkonzentration	%	33,3
Volumen des Fluidbereichs	l	37,8
Druck am obersten Punkt im Kreislauf	bar	4

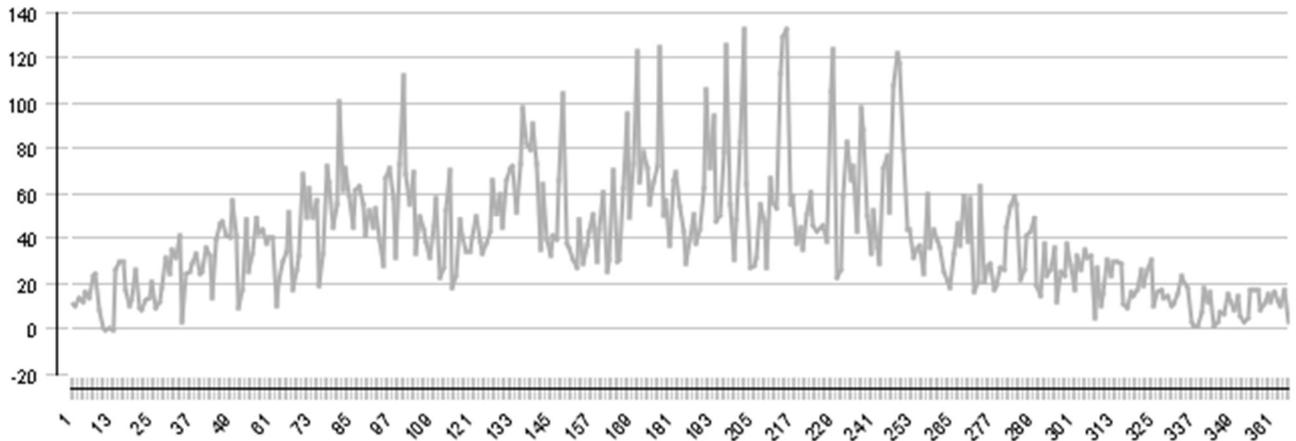
	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Solarthermische Energie an das System [Qsol]</b>													
kWh	10458	72	239	539	1315	1595	1554	1554	1572	1232	669	110	5
<b>Energie der Wärmeerzeuger an das System (ohne Solarthermie) [Qaux]</b>													
kWh	6478	358	179	104	694	525	538	549	525	826	1354	438	389
<b>Brennstoff- und Strom-Verbrauch der Wärmeerzeuger [Eaux]</b>													
kWh	7888	446	227	132	842	640	654	669	640	995	1616	544	483
<b>Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SFn]</b>													
%	61,7	16,8	57,3	83,8	65,5	75,2	74,3	73,9	75	59,9	33,1	20,1	1,3
<b>Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]</b>													
kWh	7899	446	227	133	844	641	655	671	642	996	1617	544	483
<b>Einstrahlung in Kollektorebene [Esol]</b>													
kWh	22741	294	838	1800	2770	3355	3245	3153	3134	2353	1284	375	140
<b>Stromverbrauch der Pumpen [Epar]</b>													
kWh	11,1	0,1	0,3	0,5	1,3	1,6	1,6	1,8	1,6	1,2	0,9	0,2	0,04
<b>Gesamter Energieverbrauch [Quse]</b>													
kWh	15900	366	330	515	1937	2007	1942	2010	2008	1936	1985	498	366
<b>Wärmeverlust an Innenraum (inklusive Wärmeerzeuger-Verluste) [Qint]</b>													
kWh	1550	91	94	119	148	150	145	151	150	151	159	103	88

### Wärmeverlust an Umgebung (ohne Kollektorverluste) [Qext]

kWh	128	2	6	13	17	20	17	16	15	12	7	2	0
-----	-----	---	---	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---

### Kollektor

Tägliche Maximaltemperatur [ °C]



## 3. Sportstätte C

### PV-Anlage C

### Photovoltaik

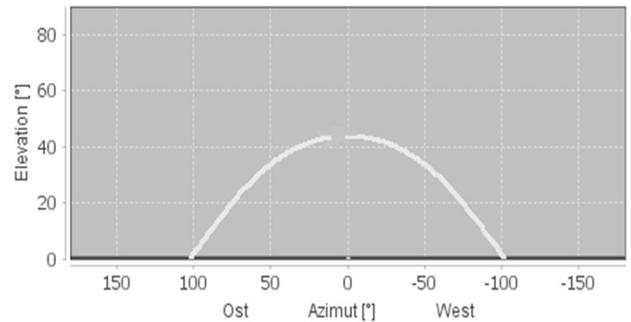
#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	61,9 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	9.447,3 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	8.456,8 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	9,88 kW
Performance Ratio	76,7 %
Spezifischer Jahresertrag	856 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	8.456,8 kVAh
CO2 Einsparung	4.536 kg

#### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	3.070 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	36,3 %
Autarkiegrad	36,9 %
Jahresverbrauch	8.315 kWh

Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	9447	277	434	720	1053	1296	1269	1221	1151	869	610	332	214
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	69114	1956	3058	5116	7584	9495	9414	9109	8634	6434	4428	2358	1528
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	8457	244	386	643	946	1164	1139	1095	1034	779	545	294	187
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	8315	706	638	706	683	706	683	706	706	683	706	683	706
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	3070	128	183	268	310	369	365	373	335	276	220	142	101
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	63,7	47,5	52,6	58,3	67,3	68,3	67,9	66	67,6	64,6	59,6	51,8	46,1

### PV-Anlage + Batterie C

### Photovoltaik + Batterie

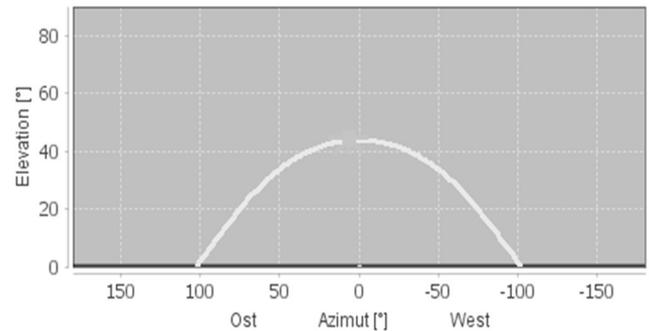
#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	61,9 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	9.447,3 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	8.456,8 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	9,88 kW
Performance Ratio	76,7 %
Spezifischer Jahresertrag	856 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	8.456,8 kVAh
CO2 Einsparung	4.536 kg

#### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	4.633 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	54,8 %
Autarkiegrad	55,7 %
Jahresverbrauch	8.315 kWh

Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

<b>Batterie Gesamtnennkapazität kWh 7</b>	<b>Lithium-Ionen-Batterie, mittel</b>	
Anzahl Batterien		1
Gesamtnennkapazität	kWh	7
Nennkapazität	kWh	7

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	9447	277	434	720	1053	1296	1269	1221	1151	869	610	332	214
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	69114	1956	3058	5116	7584	9495	9414	9109	8634	6434	4428	2358	1528
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	8457	244	386	643	946	1164	1139	1095	1034	779	545	294	187
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	8315	706	638	706	683	706	683	706	706	683	706	683	706
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	4633	196	291	416	471	551	530	532	503	416	344	229	156
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	45,2	19,8	24,6	35,4	50,2	52,7	53,5	51,4	51,3	46,6	36,9	22,3	16,9

## Solarthermie-Anlage C

## Solarthermie

### Systemübersicht (Jahreswerte)

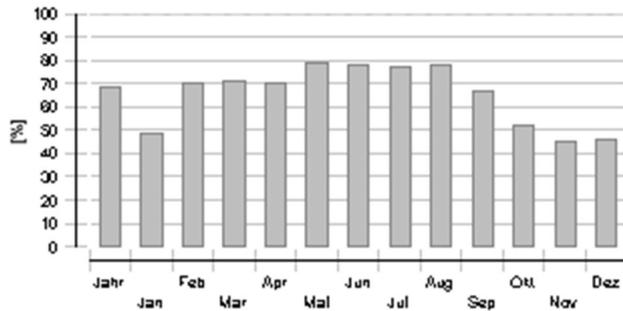
Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]	6.322 kWh
Gesamter Energieverbrauch [Quse]	14.651 kWh
Systemeffizienz [(Quse+Einiv) / (Eaux+Epar)]	2,32
Anlagenaufwandszahl	0,43
Komfortanforderungen	Energiebedarf ist gedeckt

### Übersicht Solarthermie (Jahreswerte)

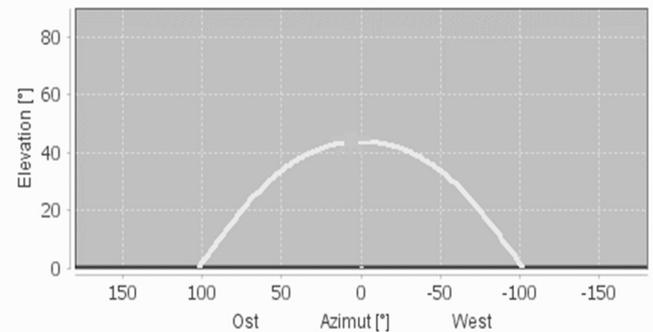
Kollektorfläche	28 m <sup>2</sup>
Solarer Deckungsgrad gesamt	68,3%
Gesamter Kollektorfeldertrag	10.824 kWh

Kollektorfeldertrag bzgl. Bruttofläche	386,6 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Kollektorfeldertrag bzgl. Aperturfläche	429,5 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Max. Brennstoffeinsparung (VDI 6002)	1.145,4 m <sup>3</sup> (gas): [Erdgas H]
Max. Energieeinsparung (VDI 6002)	12.026,7 kWh
Max. vermiedene CO <sub>2</sub> -Emission	2.785 kg

### Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SF<sub>n</sub>]



### Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

Kessel oder Luft-Wärmepumpe		Gas 5kW	
Leistung	kW		5
Gesamtnutzungsgrad	%		79,5
Energie vom/zum System [Q <sub>aux</sub> ]	kWh		5.018
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [E <sub>aux</sub> ]	kWh		6.312
Brennstoffbedarf des Nachheizkessels [B <sub>aux</sub> ]	m <sup>3</sup> (gas)		601
Energieeinsparung Solarthermie	kWh		12.027
CO <sub>2</sub> Einsparung Solarthermie	kg		2.785
Brennstoffeinsparung Solarthermie	m <sup>3</sup> (gas)		1.145
Abgasverluste [Q <sub>ex</sub> ]	kWh		631
Kollektor		Flachk., gut	
Datenquelle			SPF
Kollektoranzahl			14
Parallele Abschnitte			1
Bruttogesamtfläche	m <sup>2</sup>		28
Gesamte Aperturfläche	m <sup>2</sup>		25,2
Gesamte Absorberfläche	m <sup>2</sup>		25,2
Anstellwinkel (hor.=0°, vert.=90°)	°		45
Ausrichtung (O=+90°, S=0°, W=-90°)	°		0
Kollektorfeldertrag [Q <sub>sol</sub> ]	kWh		10.824
Einstrahlung in Kollektorebene [E <sub>sol</sub> ]	kWh		28.204
Kollektorwirkungsgrad [Q <sub>sol</sub> / E <sub>sol</sub> ]	%		38,4
Direktstrahlung nach IAM	kWh		14.014
Diffusstrahlung nach IAM	kWh		12.646
Warmwasserbedarf		Sport C	
Volumenentnahme/Tagesverbrauch	l/d		742

Solltemperatur	°C	55
Energiebedarf [Qdem]	kWh	14.231

<b>Pumpe Solarkreis</b>	<b>Eco, klein</b>	
Kreislauf-Druckverlust	bar	17,296
Durchsatz	l/h	1.008
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Epar]	kWh	10,5

<b>Speicher 3</b>	<b>1500</b>	
Volumen	l	1.500
Höhe	m	1,7
Material		Edelstahl
Wärmedämmung		PU hart
Dämmungs-Dicke	mm	80
Wärmeverlust [Qhl]	kWh	501
Anschlussverluste	kWh	214

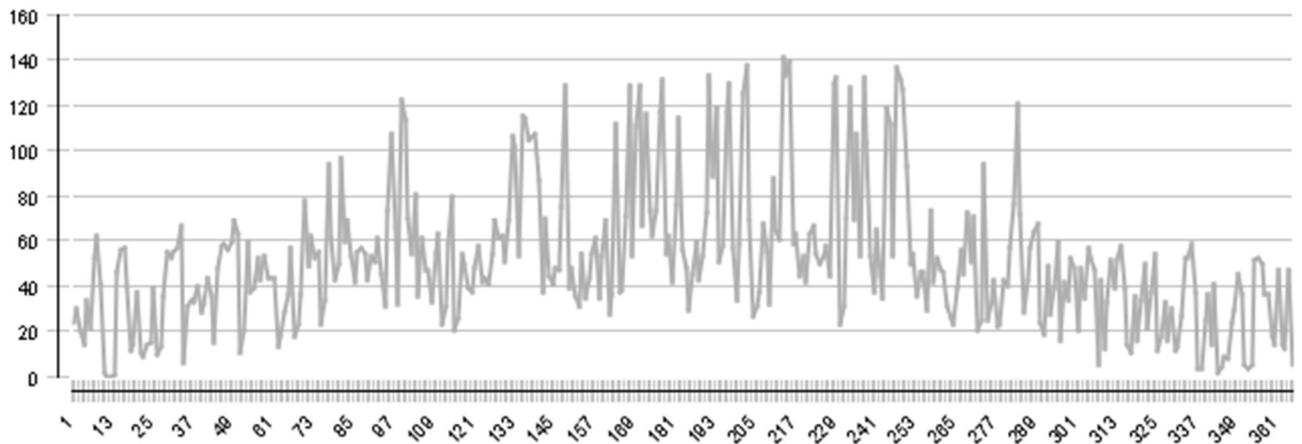
## Kreislauf

<b>Solarkreislauf</b>		
Fluidmischung		Propylenmischung
Fluidkonzentration	%	33,3
Volumen des Fluidbereichs	l	37,8
Druck am obersten Punkt im Kreislauf	bar	4

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Solarthermische Energie an das System [Qsol]</b>													
kWh	10824	304	403	718	1279	1457	1367	1320	1321	1104	879	405	267
<b>Energie der Wärmeerzeuger an das System (ohne Solarthermie) [Qaux]</b>													
kWh	5018	317	170	288	551	400	389	387	365	553	802	485	310
<b>Brennstoff- und Strom-Verbrauch der Wärmeerzeuger [Eaux]</b>													
kWh	6312	410	224	370	684	501	487	486	459	688	985	615	402
<b>Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SFn]</b>													
%	68,3	48,9	70,3	71,4	69,9	78,5	77,8	77,3	78,4	66,6	52,3	45,5	46,3
<b>Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]</b>													
kWh	6322	411	224	371	685	502	488	488	460	689	986	616	402
<b>Einstrahlung in Kollektorebene [Esol]</b>													
kWh	28204	931	1373	2158	3072	3677	3570	3481	3425	2696	1977	1109	734
<b>Stromverbrauch der Pumpen [Epar]</b>													
kWh	10,5	0,4	0,4	0,8	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1	0,9	0,5	0,3
<b>Gesamter Energieverbrauch [Quse]</b>													
kWh	14651	534	491	911	1740	1735	1611	1604	1571	1523	1611	805	516
<b>Wärmeverlust an Innenraum (inklusive Wärmeerzeuger-Verluste) [Qint]</b>													
kWh	1698	118	105	128	149	151	148	157	155	161	167	138	120
<b>Wärmeverlust an Umgebung (ohne Kollektorverluste) [Qext]</b>													
kWh	167	7	10	15	19	21	19	17	17	15	12	8	6

## Kollektor

Tägliche Maximaltemperatur [ °C]



## 4. Sportstätte D

### PV-Anlage D

Photovoltaik

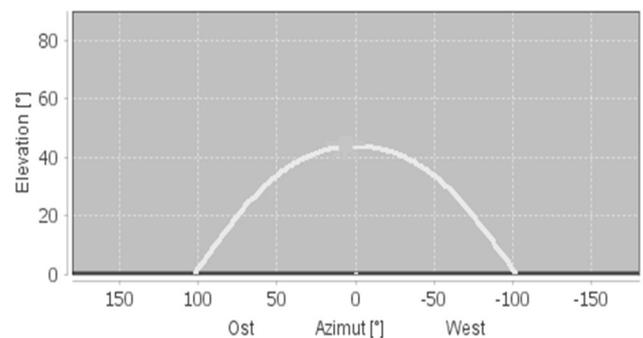
#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	174,4 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	26.598,5 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	25.531,8 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	27,82 kW
Performance Ratio	82,2 %
Spezifischer Jahresertrag	918 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	25.531,8 kVAh
CO2 Einsparung	13.695 kg

#### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	8.280 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	32,4 %
Autarkiegrad	35,3 %
Jahresverbrauch	23.447 kWh

#### Horizontlinie



## Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	26599	781	1222	2027	2965	3649	3574	3436	3241	2446	1718	936	603
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	194610	5507	8610	14406	21356	26735	26507	25650	24312	18117	12468	6640	4303
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	25532	734	1164	1941	2858	3520	3443	3307	3123	2351	1643	885	561
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	23447	1991	1799	1991	1927	1991	1927	1991	1991	1927	1991	1927	1991
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	8280	350	495	732	837	989	975	992	900	750	605	382	272
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	67,6	52,3	57,4	62,3	70,7	71,9	71,7	70	71,2	68,1	63,2	56,8	51,4

## PV-Anlage + Batterie D

## Photovoltaik + Batterie

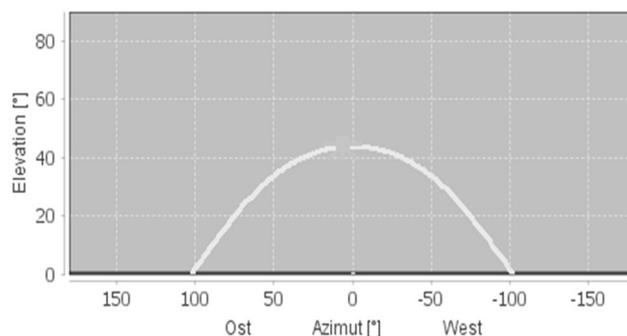
### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	174,4 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	26.598,5 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	25.531,8 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	27,82 kW
Performance Ratio	82,2 %
Spezifischer Jahresertrag	918 kWh/kWp/a
Phasen-Schiefelast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	25.531,8 kVAh
CO2 Einsparung	13.695 kg

### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	12.877 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	50,4 %
Autarkiegrad	54,9 %
Jahresverbrauch	23.447 kWh

### Horizontlinie



## Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

Batterie Nennkapazität kWh 30	Lithium-Ionen-Batterie, gross	
Anzahl Batterien		2
Gesamtnennkapazität	kWh	20
Nennkapazität	kWh	10

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	26599	781	1222	2027	2965	3649	3574	3436	3241	2446	1718	936	603
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	194610	5507	8610	14406	21356	26735	26507	25650	24312	18117	12468	6640	4303
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	25532	734	1164	1941	2858	3520	3443	3307	3123	2351	1643	885	561
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	23447	1991	1799	1991	1927	1991	1927	1991	1991	1927	1991	1927	1991
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	12877	558	823	1166	1307	1516	1454	1452	1386	1158	966	649	442
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	49,6	24	29,3	40	54,3	56,9	57,8	56,1	55,6	50,8	41,2	26,7	21,1

## Solarthermie-Anlage D

Solarthermie

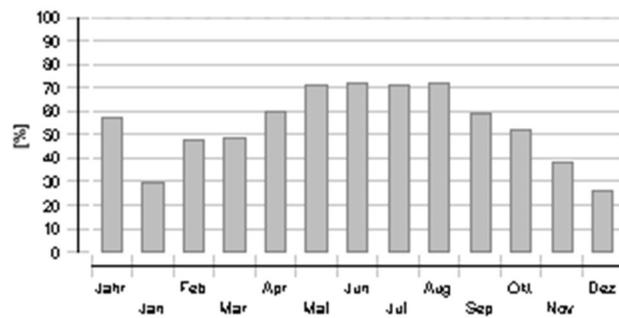
### Systemübersicht (Jahreswerte)

Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]	27.246 kWh
Gesamter Energieverbrauch [Quse]	53.145 kWh
Systemeffizienz [(Quse+EinV) / (Eaux+Epar)]	1,95
Anlagenaufwandszahl	0,51
Komfortanforderungen	Energiebedarf ist gedeckt

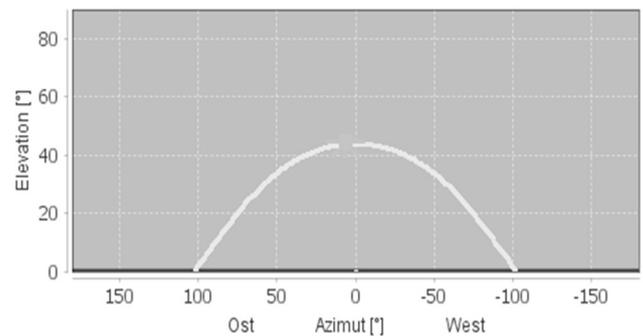
### Übersicht Solarthermie (Jahreswerte)

Kollektorfläche	66 m <sup>2</sup>
Solarer Deckungsgrad gesamt	57,6%
Gesamter Kollektorfeldertrag	31.464,1 kWh
Kollektorfeldertrag bzgl. Bruttofläche	476,7 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Kollektorfeldertrag bzgl. Aperturfläche	529,7 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Max. Brennstoffeinsparung (VDI 6002)	3.329,5 m <sup>3</sup> (gas): [Erdgas H]
Max. Energieeinsparung (VDI 6002)	34.960,2 kWh
Max. vermiedene CO <sub>2</sub> -Emission	8.096 kg

### Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SFn]



### Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

<b>Kessel oder Luft-Wärmepumpe</b>		<b>Gas 12.5kW</b>
Leistung	kW	12,5
Gesamtnutzungsgrad	%	85
Energie vom/zum System [Qaux]	kWh	23.141
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Eaux]	kWh	27.233
Brennstoffbedarf des Nachheizkessels [Baux]	m <sup>3</sup> (gas)	2.594
Energieeinsparung Solarthermie	kWh	34.960
CO2 Einsparung Solarthermie	kg	8.096
Brennstoffeinsparung Solarthermie	m <sup>3</sup> (gas)	3.330
Abgasverluste [Qex]	kWh	2.723
<b>Kollektor</b>		<b>Flachk., gut</b>
Datenquelle		SPF
Kollektoranzahl		33
Parallele Abschnitte		1
Bruttogesamtfläche	m <sup>2</sup>	66
Gesamte Aperturfläche	m <sup>2</sup>	59,4
Gesamte Absorberfläche	m <sup>2</sup>	59,4
Anstellwinkel (hor.=0°, vert.=90°)	°	45
Ausrichtung (O=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Kollektorfeldertrag [Qsol]	kWh	31.464
Einstrahlung in Kollektorebene [Esol]	kWh	66.480
Kollektorwirkungsgrad [Qsol / Esol]	%	47,3
Direktstrahlung nach IAM	kWh	33.032
Diffusstrahlung nach IAM	kWh	29.809
<b>Warmwasserbedarf</b>		<b>Sport D</b>
Volumenentnahme/Tagesverbrauch	l/d	2.650
Solltemperatur	°C	55
Energiebedarf [Qdem]	kWh	51.209
<b>Pumpe Solarkreis</b>		<b>Eco, klein</b>
Kreislauf-Druckverlust	bar	183,292

Durchsatz	l/h	2.376
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Epar]	kWh	13,1
<b>Speicher 3</b>		
	<b>5000</b>	
Volumen	l	5.000
Höhe	m	1,7
Material		Edelstahl
Wärmedämmung		PU hart
Dämmungs-Dicke	mm	80
Wärmeverlust [Qhl]	kWh	796
Anschlussverluste	kWh	181

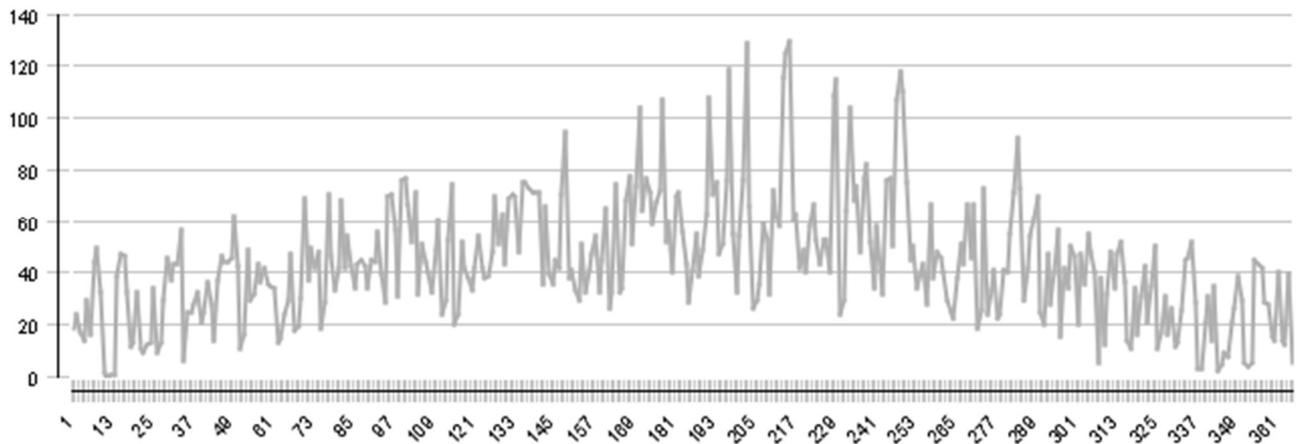
## Kreislauf

<b>Solarkreislauf</b>		
Fluidmischung		Propylenmischung
Fluidkonzentration	%	33,3
Volumen des Fluidbereichs	l	66,3
Druck am obersten Punkt im Kreislauf	bar	4

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Solarthermische Energie an das System [Qsol]</b>													
kWh	31464	939	1356	2308	3569	4252	4053	3942	3886	3137	2157	1089	774
<b>Energie der Wärmeerzeuger an das System (ohne Solarthermie) [Qaux]</b>													
kWh	23141	2220	1513	2416	2400	1750	1581	1611	1538	2182	1986	1761	2182
<b>Brennstoff- und Strom-Verbrauch der Wärmeerzeuger [Eaux]</b>													
kWh	27233	2610	1792	2838	2812	2060	1863	1900	1817	2556	2340	2083	2564
<b>Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SFn]</b>													
%	57,6	29,7	47,3	48,9	59,8	70,8	71,9	71	71,6	59	52,1	38,2	26,2
<b>Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]</b>													
kWh	27246	2610	1793	2839	2813	2061	1864	1901	1819	2557	2341	2083	2565
<b>Einstrahlung in Kollektorebene [Esol]</b>													
kWh	66480	2194	3237	5086	7241	8668	8414	8206	8074	6355	4661	2615	1729
<b>Stromverbrauch der Pumpen [Epar]</b>													
kWh	13,1	0,5	0,6	1,1	1,4	1,7	1,7	1,6	1,5	1,2	0,9	0,5	0,4
<b>Gesamter Energieverbrauch [Quse]</b>													
kWh	53145	3036	2795	4614	5856	5853	5434	5410	5299	5130	4056	2729	2933
<b>Wärmeverlust an Innenraum (inklusive Wärmeerzeuger-Verluste) [Qint]</b>													
kWh	2677	205	182	232	236	230	225	239	239	242	235	206	205
<b>Wärmeverlust an Umgebung (ohne Kollektorverluste) [Qext]</b>													
kWh	166	7	10	14	18	20	19	18	18	15	13	8	5

## Kollektor

Tägliche Maximaltemperatur [ °C]



## 5. Sportstätte E

### PV-Anlage E

Photovoltaik

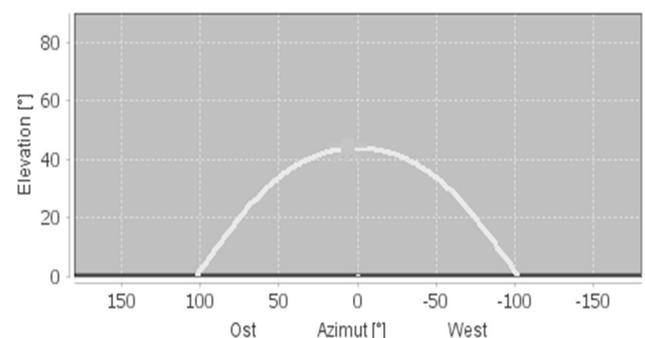
#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	97,8 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	14.189,1 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	12.992,1 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	15,6 kW
Performance Ratio	78,3 %
Spezifischer Jahresertrag	833 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	12.992,1 kVAh
CO2 Einsparung	6.969 kg

#### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	3.841 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	29,6 %
Autarkiegrad	31 %
Jahresverbrauch	12.400 kWh

#### Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	14189	375	612	1065	1583	2014	1972	1920	1750	1297	859	455	287
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	104050	2659	4329	7584	11418	14771	14640	14344	13142	9613	6247	3243	2059
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	12992	337	556	973	1454	1851	1813	1762	1608	1188	783	410	255
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	12400	1053	951	1053	1019	1053	1019	1053	1053	1019	1053	1019	1053
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	3841	146	199	317	387	494	491	508	438	342	243	160	115
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	70,4	56,5	64,2	67,5	73,4	73,3	72,9	71,2	72,8	71,2	68,9	60,9	54,8

### PV-Anlage + Batterie E

### Photovoltaik +Batterie

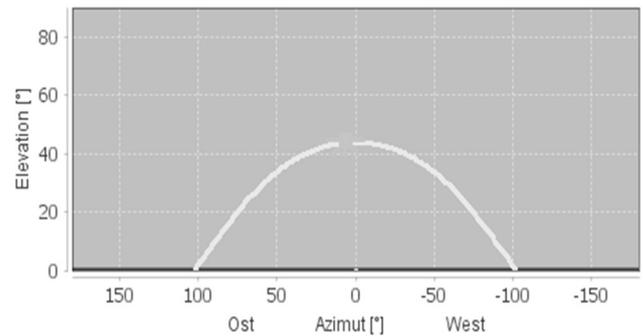
#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	97,8 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	14.189,1 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	12.992,1 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	15,6 kW
Performance Ratio	78,3 %
Spezifischer Jahresertrag	833 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	12.992,1 kVAh
CO2 Einsparung	6.969 kg

#### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	6.242 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	48 %
Autarkiegrad	50,3 %
Jahresverbrauch	12.400 kWh

### Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

<b>Batterie 2</b>	<b>Lithium-Ionen-Batterie, gross</b>	
Anzahl Batterien		1
Gesamtnennkapazität	kWh	10
Nennkapazität	kWh	10

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	14189	375	612	1065	1583	2014	1972	1920	1750	1297	859	455	287
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	104050	2659	4329	7584	11418	14771	14640	14344	13142	9613	6247	3243	2059
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	12992	337	556	973	1454	1851	1813	1762	1608	1188	783	410	255
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	12400	1053	951	1053	1019	1053	1019	1053	1053	1019	1053	1019	1053
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	6242	255	377	547	628	756	741	749	686	563	443	297	201
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	52	24,3	32,2	43,8	56,8	59,2	59,1	57,5	57,4	52,6	43,5	27,6	21,1

## Solarthermie-Anlage E

Solarthermie

### Systemübersicht (Jahreswerte)

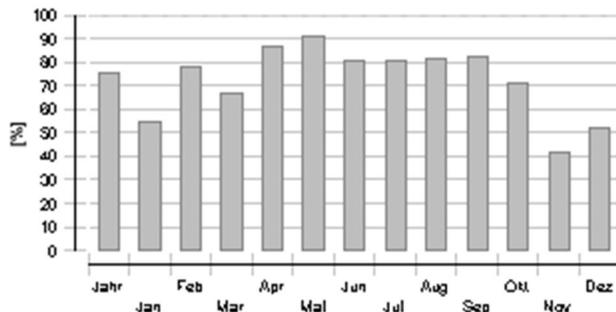
Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]	3.014 kWh
Gesamter Energieverbrauch [Quse]	9.835 kWh
Systemeffizienz [(Quse+Einiv) / (Eaux+Epar)]	3,26
Anlagenaufwandszahl	0,31
Komfortanforderungen	Energiebedarf ist gedeckt

### Übersicht Solarthermie (Jahreswerte)

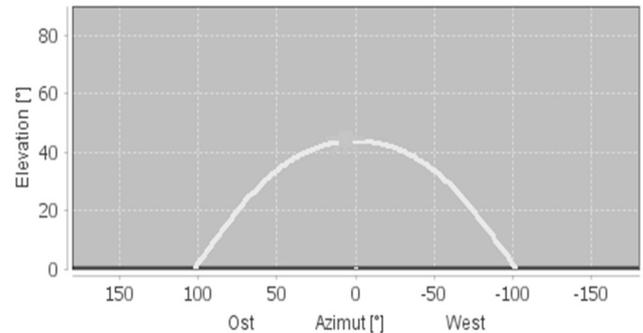
Kollektorfläche	24 m <sup>2</sup>
Solarer Deckungsgrad gesamt	75,1%
Gesamter Kollektorfeldertrag	8.303,5 kWh
Kollektorfeldertrag bzgl. Bruttofläche	346 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr

Kollektorfeldertrag bzgl. Aperturfläche	384,4 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Max. Energieeinsparung (VDI 6002)	8.740,5 kWh
Max. vermiedene CO <sub>2</sub> -Emission	4.688 kg

### Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SF<sub>n</sub>]



### Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

Kessel oder Luft-Wärmepumpe		Elektro Durchlauferhitzer 15kW	
Leistung	kW	15	
Gesamtnutzungsgrad	%	91,8	
Energie vom/zum System [Q <sub>aux</sub> ]	kWh	2.758	
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [E <sub>aux</sub> ]	kWh	3.004	
Energieeinsparung Solarthermie	kWh	8.741	
CO <sub>2</sub> Einsparung Solarthermie	kg	4.688	
Brennstoffeinsparung Solarthermie	kWh(el.)	8.741	
Kollektor		Flachk., gut	
Datenquelle		SPF	
Kollektoranzahl		12	
Parallele Abschnitte		1	
Bruttogesamtfläche	m <sup>2</sup>	24	
Gesamte Aperturfläche	m <sup>2</sup>	21,6	
Gesamte Absorberfläche	m <sup>2</sup>	21,6	
Anstellwinkel (hor.=0°, vert.=90°)	°	45	
Ausrichtung (O=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0	
Kollektorfeldertrag [Q <sub>sol</sub> ]	kWh	8.303	
Einstrahlung in Kollektorebene [E <sub>sol</sub> ]	kWh	24.175	
Kollektorwirkungsgrad [Q <sub>sol</sub> / E <sub>sol</sub> ]	%	34,3	
Direktstrahlung nach IAM	kWh	12.012	
Diffusstrahlung nach IAM	kWh	10.840	
Warmwasserbedarf		Sport E	
Volumenentnahme/Tagesverbrauch	l/d	500	
Solltemperatur	°C	55	
Energiebedarf [Q <sub>dem</sub> ]	kWh	9.595	

<b>Pumpe Solarkreis</b>		<b>Eco, klein</b>	
Kreislauf-Druckverlust	bar		11,251
Durchsatz	l/h		864
Brennstoff- und Strom-Verbrauch [Epar]	kWh		9,7
<b>Speicher 3</b>		<b>1500</b>	
Volumen	l		1.500
Höhe	m		1,7
Material			Edelstahl
Wärmedämmung			PU hart
Dämmungs-Dicke	mm		80
Wärmeverlust [Qhl]	kWh		531
Anschlussverluste	kWh		229

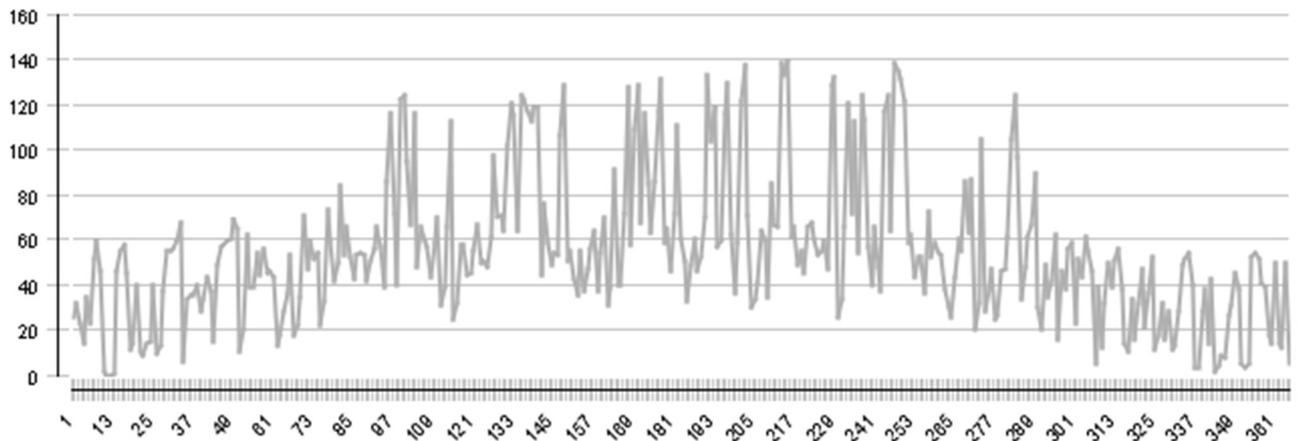
## Kreislauf

<b>Solarkreislauf</b>			
Fluidmischung			Propylenmischung
Fluidkonzentration	%		33,3
Volumen des Fluidbereichs	l		34,8
Druck am obersten Punkt im Kreislauf	bar		4

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Solarthermische Energie an das System [Qsol]</b>													
kWh	8303	244	315	667	847	899	1145	1120	1114	745	630	362	217
<b>Energie der Wärmeerzeuger an das System (ohne Solarthermie) [Qaux]</b>													
kWh	2758	204	89	330	128	91	271	267	255	159	257	505	202
<b>Brennstoff- und Strom-Verbrauch der Wärmeerzeuger [Eaux]</b>													
kWh	3004	225	100	358	142	101	293	290	277	174	279	542	222
<b>Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SFn]</b>													
%	75,1	54,5	77,9	66,9	86,9	90,8	80,9	80,7	81,4	82,4	71	41,7	51,8
<b>Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]</b>													
kWh	3014	225	101	358	142	102	295	291	278	175	280	543	223
<b>Einstrahlung in Kollektorebene [Esol]</b>													
kWh	24175	798	1177	1850	2633	3152	3060	2984	2936	2311	1695	951	629
<b>Stromverbrauch der Pumpen [Epar]</b>													
kWh	9,7	0,3	0,4	0,9	0,9	1	1,3	1,4	1,3	0,8	0,7	0,5	0,3
<b>Gesamter Energieverbrauch [Quse]</b>													
kWh	9835	353	324	911	864	861	1286	1280	1254	756	800	805	341
<b>Wärmeverlust an Innenraum (inklusive Wärmeerzeuger-Verluste) [Qint]</b>													
kWh	1312	91	90	105	107	121	120	126	126	117	112	103	94
<b>Wärmeverlust an Umgebung (ohne Kollektorverluste) [Qext]</b>													
kWh	173	7	10	15	19	21	20	18	18	16	13	8	6

## Kollektor

Tägliche Maximaltemperatur [ °C]



## 6. Sportstätte F

### PV-Anlage F

### Photovoltaik

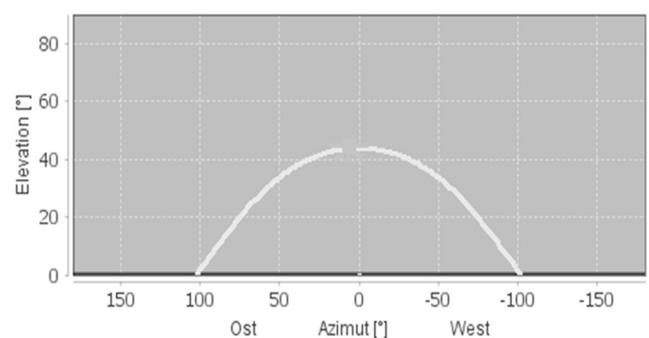
#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	508,6 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	77.576,3 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	74.189,8 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	81,12 kW
Performance Ratio	82 %
Spezifischer Jahresertrag	915 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	74.189,8 kVAh
CO2 Einsparung	39.795 kg

#### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	23.618 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	31,8 %
Autarkiegrad	35,6 %
Jahresverbrauch	66.360 kWh

#### Horizontlinie



## Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	77576	2277	3564	5912	8649	10642	10424	10022	9453	7134	5011	2729	1759
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	567462	16058	25105	42005	62271	77956	77293	74792	70891	52828	36355	19362	12546
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	74190	2131	3378	5637	8307	10232	10009	9615	9079	6835	4773	2567	1628
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	66360	5636	5091	5636	5454	5636	5454	5636	5636	5454	5636	5454	5636
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	23618	1001	1412	2088	2386	2819	2780	2828	2564	2138	1730	1092	780
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	68,2	53	58,2	63	71,3	72,5	72,2	70,6	71,8	68,7	63,8	57,5	52,1

## PV-Anlage + Batterie F

## Photovoltaik + Batterie

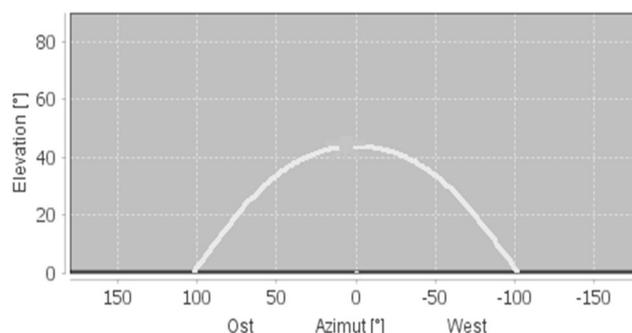
### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	508,6 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	77.576,3 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	74.189,8 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	81,12 kW
Performance Ratio	82 %
Spezifischer Jahresertrag	915 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	74.189,8 kVAh
CO2 Einsparung	39.795 kg

### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	35.982 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	48,5 %
Autarkiegrad	54,2 %
Jahresverbrauch	66.360 kWh

### Horizontlinie



## Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

<b>Batterie Nennkapazität kWh 60</b>	<b>Lithium-Ionen-Batterie, gross</b>	
Anzahl Batterien		6
Gesamtnennkapazität	kWh	60
Nennkapazität	kWh	10

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	77576	2277	3564	5912	8649	10642	10424	10022	9453	7134	5011	2729	1759
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	567462	16058	25105	42005	62271	77956	77293	74792	70891	52828	36355	19362	12546
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	74190	2131	3378	5637	8307	10232	10009	9615	9079	6835	4773	2567	1628
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	66360	5636	5091	5636	5454	5636	5454	5636	5636	5454	5636	5454	5636
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	35982	1452	2133	3193	3751	4363	4209	4203	3994	3215	2587	1714	1167
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	51,5	31,9	36,9	43,4	54,9	57,4	57,9	56,3	56	53	45,8	33,2	28,3

## 7. Sportstätte G

### PV-Anlage G

### Photovoltaik

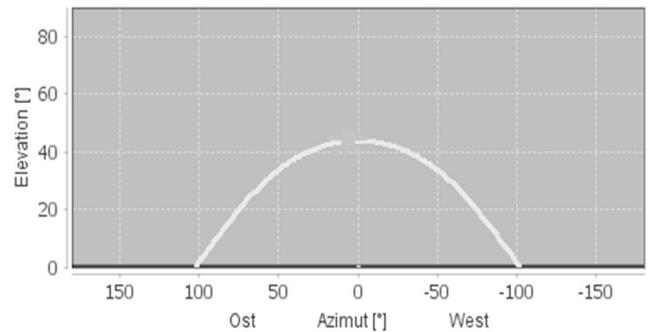
#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	391,2 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	59.600,3 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	57.341,3 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	62,4 kW
Performance Ratio	82,4 %
Spezifischer Jahresertrag	919 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	57.341,3 kVAh
CO2 Einsparung	30.758 kg

#### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	31.391 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	54,7 %
Autarkiegrad	35,7 %
Jahresverbrauch	88.036 kWh

### Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C												
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>												
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>												
	<b>Jahr</b>	<b>Jan</b>	<b>Feb</b>	<b>Mrz</b>	<b>Apr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Aug</b>	<b>Sep</b>	<b>Okt</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	59600	1750	2739	4543	6644	8175	8008	7699	7262	5481	3850	2097	1352
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	436509	12352	19312	32312	47901	59966	59456	57532	54532	40637	27965	14894	9651
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	57341	1654	2618	4363	6415	7900	7728	7425	7007	5280	3694	1992	1264
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	88036	8270	7821	7765	7795	6550	6685	6571	6250	6941	7924	8083	7382
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	31391	1179	1901	2714	3662	3786	3799	3639	3264	2685	2449	1397	915
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	45,3	28,7	27,4	37,8	42,9	52,1	50,8	51	53,4	49,1	33,7	29,9	27,6

### PV-Anlage + Batterie G

#### Photovoltaik + Batterie

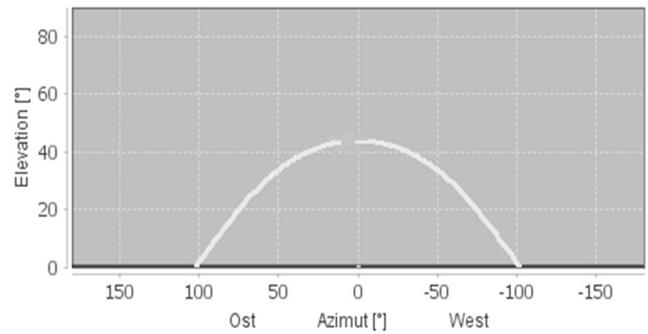
#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	391,2 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	59.600,3 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	57.341,3 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	62,4 kW
Performance Ratio	82,4 %
Spezifischer Jahresertrag	919 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	57.341,3 kVAh
CO2 Einsparung	30.758 kg

#### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	40.317 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	70,3 %
Autarkiegrad	45,8 %
Jahresverbrauch	88.036 kWh

### Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

Batterie Nennkapazität kWh 60		Lithium-Ionen-Batterie, gross	
Anzahl Batterien			6
Gesamtnennkapazität	kWh		60
Nennkapazität	kWh		10

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	59600	1750	2739	4543	6644	8175	8008	7699	7262	5481	3850	2097	1352
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	436509	12352	19312	32312	47901	59966	59456	57532	54532	40637	27965	14894	9651
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	57341	1654	2618	4363	6415	7900	7728	7425	7007	5280	3694	1992	1264
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	88036	8270	7821	7765	7795	6550	6685	6571	6250	6941	7924	8083	7382
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	40317	1443	2266	3375	4668	5037	4942	4729	4436	3490	3026	1760	1146
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	29,7	12,8	13,4	22,7	27,2	36,2	36	36,3	36,7	33,9	18,1	11,7	9,3

## 8. Sportstätte H

### PV-Anlage H

### Photovoltaik

#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

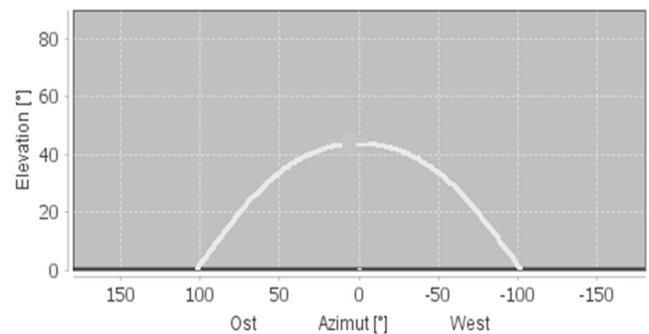
Bruttogesamtfläche	1.043,2 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	157.727,8 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	151.215,8 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	166,4 kW
Performance Ratio	82,1 %
Spezifischer Jahresertrag	909 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	151.215,8 kVAh

CO2 Einsparung 81.112 kg

### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	50.931 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	33,7 %
Autarkiegrad	36,8 %
Jahresverbrauch	138.400 kWh

Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C												
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>												
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>												
	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	157728	4550	7159	11937	17640	21698	21434	20435	19384	14417	10110	5447	3517
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	115405 5	32116	50466	84834	126998	158947	158943	152504	145316	106766	73375	38680	25110
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	151216	4268	6807	11415	16981	20913	20629	19643	18659	13844	9657	5138	3260
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	138400	11755	10617	11755	11375	11755	11375	11755	11755	11375	11755	11375	11755
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	50931	2152	3066	4453	5127	6109	6038	6152	5546	4555	3697	2354	1681
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	66,3	49,6	55	61	69,8	70,8	70,7	68,7	70,3	67,1	61,7	54,2	48,4

### PV-Anlage + Batterie H

### Photovoltaik + Batterie

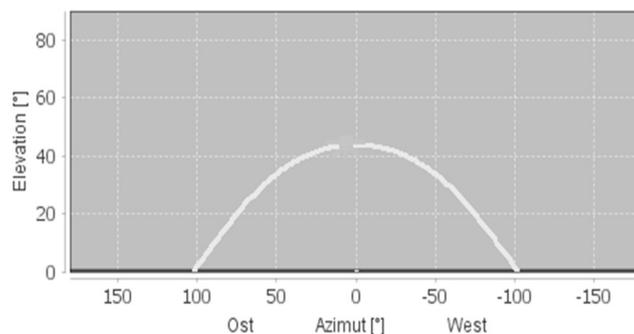
#### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

Bruttogesamtfläche	1.043,2 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	157.727,8 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	151.215,8 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	166,4 kW
Performance Ratio	82,1 %
Spezifischer Jahresertrag	909 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	151.215,8 kVAh
CO2 Einsparung	81.112 kg

## Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	62.445 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	41,3 %
Autarkiegrad	45,1 %
Jahresverbrauch	138.400 kWh

Horizontlinie



## Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

## Komponentenübersicht (Jahreswerte)

<b>Batterie Nennkapazität kWh 50</b>	<b>Lithium-Ionen-Batterie, gross</b>												
Anzahl Batterien	5												
Gesamtnennkapazität	kWh	50											
Nennkapazität	kWh	10											

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Qpvf]</b>													
kWh	157728	4550	7159	11937	17640	21698	21434	20435	19384	14417	10110	5447	3517
<b>Einstrahlung in Modulebene [Esol PV]</b>													
kWh	115405 5	32116	50466	84834	126998	158947	158943	152504	145316	106766	73375	38680	25110
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Qinv]</b>													
kWh	151216	4268	6807	11415	16981	20913	20629	19643	18659	13844	9657	5138	3260
<b>Gesamter Stromverbrauch [Ecs]</b>													
kWh	138400	11755	10617	11755	11375	11755	11375	11755	11755	11375	11755	11375	11755
<b>Eigenverbrauch [Eocs]</b>													
kWh	62445	2605	3832	5506	6379	7464	7309	7365	6830	5581	4516	2971	2088
<b>Einspeiseanteil [Rocsp]</b>													
%	58,7	39	43,7	51,8	62,4	64,3	64,6	62,5	63,4	59,7	53,2	42,2	36

## 9. Sportstätte I

### PV-Anlage I

### Photovoltaik

## Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

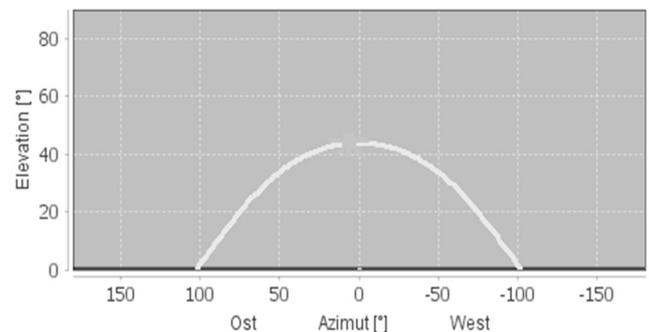
Bruttogesamtfläche	3.173,6 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Qpvf]	477.254,9 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	458.822,4 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	506,22 kW

Performance Ratio	82,2 %
Spezifischer Jahresertrag	906 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0 kVA
Blindenergie [Q <sub>invr</sub> ]	0 kvarh
Scheinenergie [Q <sub>inva</sub> ]	458.822,4 kVAh
CO2 Einsparung	246.112 kg

### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	262.313 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	57,2 %
Autarkiegrad	39,5 %
Jahresverbrauch	663.767 kWh

Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Q<sub>pvf</sub>]</b>													
kWh	477255	13178	21157	35981	53368	66678	65765	63077	58752	43481	29806	15871	10140
<b>Einstrahlung in Modulebene [E<sub>sol PV</sub>]</b>													
kWh	349913 3	93292	149414	256078	384888	489319	488510	471511	441318	322480	216692	113012	72619
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Q<sub>inv</sub>]</b>													
kWh	458822	12427	20210	34560	51499	64400	63391	60718	56647	41887	28582	15046	9457
<b>Gesamter Stromverbrauch [E<sub>cs</sub>]</b>													
kWh	663767	58202	49956	51877	50632	57966	62099	66510	60871	60347	50226	47090	47990
<b>Eigenverbrauch [E<sub>ocs</sub>]</b>													
kWh	262313	9084	13136	19809	24890	33836	35512	36602	32334	25146	15874	9600	6493
<b>Einspeiseanteil [R<sub>ocsp</sub>]</b>													
%	42,8	26,9	35	42,7	51,7	47,5	44	39,7	42,9	40	44,5	36,2	31,3

### PV-Anlage + Batterie I

### Photovoltaik + Batterie

### Übersicht Photovoltaik (Jahreswerte)

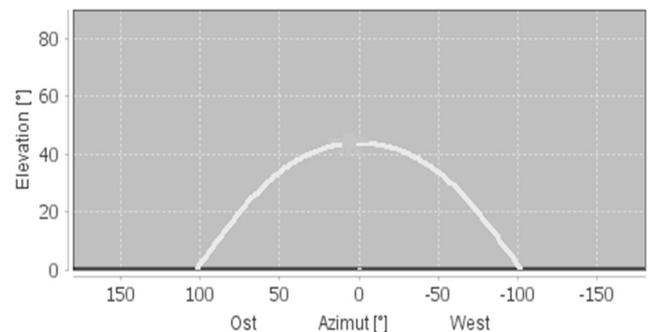
Bruttogesamtfläche	3.173,6 m <sup>2</sup>
Energieproduktion DC [Q <sub>pvf</sub> ]	477.254,9 kWh
Energieproduktion AC [Q <sub>inv</sub> ]	458.822,4 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	506,22 kW

Performance Ratio	82,2 %
Spezifischer Jahresertrag	906 kWh/kWp/a
Phasen-Schiefelast	0 kVA
Blindenergie [Q <sub>invr</sub> ]	0 kvarh
Scheinenergie [Q <sub>inva</sub> ]	458.822,4 kVAh
CO2 Einsparung	246.112 kg

### Übersicht Elektrizität (Jahreswerte)

Eigenverbrauch	275.150 kWh
Eigenverbrauchsverhältnis	60 %
Autarkiegrad	41,5 %
Jahresverbrauch	663.767 kWh

Horizontlinie



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9,1 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	953 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	522 kWh/m <sup>2</sup>

### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

<b>Batterie Nennkapazität kWh 10</b>	<b>Lithium-Ionen-Batterie, gross</b>	
Anzahl Batterien		50
Gesamtnennkapazität	kWh	500
Nennkapazität	kWh	10

	Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Ertrag Photovoltaik DC [Q<sub>pvf</sub>]</b>													
kWh	477255	13178	21157	35981	53368	66678	65765	63077	58752	43481	29806	15871	10140
<b>Einstrahlung in Modulebene [E<sub>sol PV</sub>]</b>													
kWh	3499133	93292	14941	25607	38488	48931	48851	47151	44131	32248	21669	11301	72619
			4	8	8	9	0	1	8	0	2	2	
<b>Ertrag Photovoltaik AC [Q<sub>inv</sub>]</b>													
kWh	458822	12427	20210	34560	51499	64400	63391	60718	56647	41887	28582	15046	9457
<b>Gesamter Stromverbrauch [E<sub>cs</sub>]</b>													
kWh	663767	58202	49956	51877	50632	57966	62099	66510	60871	60347	50226	47090	47990
<b>Eigenverbrauch [E<sub>ocs</sub>]</b>													
kWh	275150	9448	13758	20870	26414	35588	37124	38157	33833	26172	16734	10188	6866
<b>Einspeiseanteil [R<sub>ocsp</sub>]</b>													
%	40	24	31,9	39,6	48,7	44,7	41,4	37,2	40,3	37,5	41,5	32,3	27,4