

Fachanlagenteil 10-10-1  
zum Planfeststellungsantrag

## **DKI-Deponie Brennberg**

### **Energieversorgung**

**Xaver Kling GmbH**  
Lauinger Strasse 75  
89344 Aislingen  
Fon: 09075 / 9572 -0  
Fax: 09075 / 9572 -23  
[info@xk-kling.de](mailto:info@xk-kling.de)



## Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung
  
2. Energiebedarf der Deponie
  
3. Photovoltaik-Anlage der Deponie
  - 3.1 Auslegung der PV-Anlage
  - 3.2 Stromertrag der PV-Anlage
  - 3.3 Speicher
  - 3.4 Übersicht über die Auslegung der Stromversorgung
  
4. Anschluss an das öffentliche Stromnetz der LEW
  
5. Kleinwindkraftanlage
  
6. Unterschriften

## Anlagenverzeichnis

Anlage 01: Bedarfsermittlung für den Deponiebetrieb

Anlage 02: Datenblatt Solarmodule

Anlage 03: Batteriespeicher

Anlage 04: Wasserstoffspeicher, Elektrolysatoren und Brennstoffzelle

Anlage 05: Schemaplan Energieversorgung

Anlage 06: Übersichtslageplan

Anlage 07: Blockdiagramm

Anlage 08: Ausrichtungsbezogene Ertragsprognosen (Süd, Süd-Ost, Ost, West)

Anlage 09: Lagepläne Anordnung und Anzahl PV-Module

## 1. Veranlassung

Die Roßhauptener Kiesgesellschaft mbH der KLING-Gruppe hat bei der Regierung von Schwaben beantragt, die nach Bayer. Abgrabungsrecht genehmigten Verfüllung der Hohlform des Kiesabbaus Brennberg durch die abfallrechtliche Genehmigung einer Boden- und Bauschuttdeponie der Deponieklasse DK I nach Deponieverordnung für nicht verwertbaren Bauschutt und Erdaushub zu ersetzen.

Die Energieversorgung der Deponie soll unmittelbar am Deponiestandort durch eine Photovoltaik-Anlage auf den Gebäuden und auf den Freiflächen des Betriebsbereiches regenerativ erzeugt werden. Für die Tag-Nacht-Überbrückung ist ein Batteriespeicher vorgesehen. Für die saisonalen Schwankungen zwischen Sommer- und Winterertrag der PV-Anlage soll mittelfristig ein Wasserstoffspeicher mit Elektrolytator und Brennstoffzelle eingerichtet werden. Für die Einspeisung des Stromüberschusses der PV-Anlage und für für besondere Spitzenlasten ist zusätzlich ein Anschluss an den Energieversorger LEW (Lechelektrizitätswerke) vorgesehen.

Im vorliegenden Fachanlagenteil 10.10 wird die vorgesehene Energieversorgung der Deponie Brennberg beschrieben. Der Fachanlagenteil wurde von der KLING-Projektbau erstellt.

## 2. Energiebedarf der Deponie

Für den Deponiebetrieb ist eine Anschlussleistung von 25 kW für die folgenden Verbraucher erforderlich:

### Strombedarf

Hebeanlage Siwa	3 KW	72	kWh/d
Vorbehandlungsstufe Siwa	3 KW	72	kWh/d
Reifenwaschanlage	11 KW	17	kWh/d
LKW-Waage	1 KW	20	kWh/d
EDV/Licht	1 KW	6	kWh/d
Heizung/Warmwasser	6 KW	53	kWh/d
<b>Gesamt</b>	<b>25 KW</b>	<b>240</b>	<b>kWh/d</b>



Der jährliche Energiebedarf für den Deponiebetrieb wird mit rund 40.000 kWh bis 50.000 kWh prognostiziert. Der tägliche Verbrauch liegt im Sommer bei rund 110 kWh/d und im Winter unter Berücksichtigung einer elektrischen Heizung bei rund 140 kWh/d. Während des Tages fallen etwa 70 % des Energiebedarfs an. Die ausführliche Bedarfsermittlung enthält Anlage 01.

Vorgesehen sind auch Wall-Boxen für E-Fahrzeuge für die Angestellten und den Deponiebetrieb. Da mittelfristig der Fuhrpark der Kling-Gruppe auf Elektrofahrzeuge umgestellt werden soll, wird sich der prognostizierte Strombedarf dadurch zukünftig noch erhöhen.

## **3. Photovoltaik-Anlage der Deponie**

### **3.1 Auslegung der PV-Anlage**

Die Stromversorgung der Deponie in Brennberg soll weitgehend regenerativ durch eine Photovoltaikanlage erfolgen, die im Betriebsbereich auf den Gebäuden und auf Freiflächen bereitgestellt werden soll. Die Auslegung und Bemessung der PV-Anlage erfolgt so, dass auch im Winterhalbjahr der Strombedarf weitestgehend durch den Solarstrom abgedeckt werden kann. Dadurch entsteht im Sommerhalbjahr ein deutlicher Solarstromüberschuss, der in das Stromnetz der LEW eingespeist werden soll.

Bemessung der PV-Anlage:

- PV-Generator mit einer Gesamtleistung von 110 kWp mit 48 Modulen pro Studer Next3, 132 Modulen pro Tripower Core1 und 12 Module pro Tripower 5.0
- 3-phasiges Basisnetz für die Deponie
- 6x Weco Batterien à 5,3 kWh
- Wechselrichter SMA Sunny Tripower Core1 / 5.0

Die technische Beschreibung der vorgesehenen PV-Anlage mit Lageplandarstellung enthält die Anlage.

## 3.2 Stromertrag der PV-Anlage

Der Stromertrag der vorgesehenen PV-Anlage mit einer Anschlussleistung von insgesamt 11 kWp wurde auf der Grundlage einer Ertragsrechnung unter Berücksichtigung der Verschattungsgegebenheiten am Standort mit jährlich rund 110.000 kWh/a berechnet. Davon werden rund 50% bis 60 % in den Sommermonaten in das öffentliche Stromnetz der LEW eingespeist. Die Ertragsrechnung enthält Anlage 02.

### Stromertrag der PV-Anlage

PV-Anlage Ostausrichtung	49,05 kWp	43.555	kWh/a
PV-Anlage Westausrichtung	49,05 kWp	44.153	kWh/a
PV-Anlage Südausrichtung	5,85 kWp	6.397	kWh/a
PV-Anlage Südostausrichtung	6,30 kWp	6.335	kWh/a
Gesamt	110,25 kWp	100.440	kWh/a

## 3.3 Speicher

Für den Tag-Nacht-Ausgleich ist ein Batteriespeicher mit einer Auslegungsgröße von 32 kWh vorgesehen. Der Batteriespeicher ist in Anlage 03 ausführlich beschrieben.

Für die saisonalen Schwankungen zwischen Sommer- und Winterertrag der PV-Anlage soll ein Wasserstoffspeicher mit Elektrolytator und Brennstoffzelle eingerichtet werden, sobald die Anlagentechnik in Serienreife zu wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen verfügbar ist. In Anlage 04 ist eine für die Deponie Brennberg ausgelegte Wasserstoffspeicher-Anlage mit Brennstoffzelle ausführlich beschrieben.

## 3.4 Übersicht über die Auslegung der Stromversorgung

Der monatliche Strombedarf sowie die monatlichen Stromerträge einschließlich des jeweiligen Deckungsbetrags aus den Batteriespeichern ist in Tabelle 1 dargestellt. Es zeigt sich, dass lediglich in den drei Wintermonaten November, Dezember und Januar Deckungslücke durch die Stromversorgung durch die PV-Anlage überbrückt werden müssen. Hierfür ist mittelfristig

die Einrichtung einer Wasserstoff-Speicheranlage vorgesehen. Zunächst sollen diese Winterbedarfsspitzen über die öffentliche Stromversorgung der LEW abgedeckt werden.

Tab. 1 Übersicht über die Auslegung der Stromversorgung

	Bedarf	PV-Ertrag	Speicherbedarf	mögl. Einspeisung (ohne Speicher)
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Januar	4.344,34	2.709,20	1.635,14	-
Februar	4.064,06	4.338,70	-	274,64
März	4.344,34	8.233,80	-	3.889,46
April	4.202,20	11.664,10	-	7.461,90
Mai	3.467,66	12.907,80	-	9.440,14
Juni	3.355,80	13.797,20	-	10.441,40
Juli	3.467,66	14.150,00	-	10.682,34
August	3.467,66	12.282,60	-	8.814,94
September	3.355,80	9.186,80	-	5.831,00
Oktober	3.467,66	5.814,10	-	2.346,44
November	4.202,20	3.035,30	1.166,90	-
Dezember	4.344,34	2.320,60	2.023,74	-
Gesamt:	46.083,72	100.440,20	4.825,78	59.182,26

## 4 Anschluss an das öffentliche Stromnetz der LEW

Zur Einspeisung des insbesondere im Sommerhalbjahr erzeugten Solarstromüberschusses ist ein Anschluss an das Stromnetz der LEW vorgesehen. Dadurch wird an der Deponie auch bei Stromausfall der regenerativen Anlagentechnik, Erschöpfung der Batteriespeicher und für besondere Spitzenlasten eine durchgehende Stromversorgung zur Aufrechterhaltung des geordneten Deponiebetriebs gewährleistet. Der Anschluss an das Stromnetz der LEW erfolgt ab der bestehenden 20-KV-Leitung in Hammerstetten. An der Deponie wird von LEW eine Übergabestation eingerichtet.

## 5 Kleinwindkraftanlage

Die Errichtung einer genehmigungsfreien Kleinwindkraftanlage bis zu einer Höhe von 30 m wurde geprüft und von der C.A.R.M.E.N. e.V. begleitet. Wegen des am Standort Brennberg allseitig umgebenden Waldbestandes erheblichen Windverschattungsrisiken hat die C.A.R.M.E.N. e.V. wegen der erheblichen Windverschattungsrisiken von einer Kleinwindkraftanlage am Standort Brennberg abgeraten. Auch von einem Windkraftstandort im Bereich der Zufahrt von der Kreisstraße wurde wegen der prognostizierten Windturbulenzen durch den nahegelegenen Waldrand abgeraten.

## 6 Unterschriften

Aislindaen. den ; 18.08.2023



.....  
**Marcus Kling**

Roßhauptener Kiesgesellschaft mbH  
(Entwurfsverfasser und Antragsteller)



.....  
**Rudolf Lipp**

Roßhauptener Kiesgesellschaft mbH  
(Antragsteller)

# Bedarfsermittlung für den Deponiebetrieb



Wochenbilanz Stromverbrauch Deponie Brennborg - Verbrauchsdifferenzierung   Sommer								
Energieposten	Anschlussleistung KW	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
Hebeanlage SiWa (3 h/d)	3	9	9	9	9	9	9	9
Vorbehandlungsstufe SiWa (3 h/d)	3	9	9	9	9	9	9	9
Spitzenbedarf Siwa (2 Tage, jew. 24 h)	3	72	72	0	0	0	0	0
Spitzenbedarf Vorbehandlg. Siwa (2 Tage, jew. 24 h)	3	72	72	0	0	0	0	0
Reifenwaschanlage (ca. 1,5 h/d)	11	17	17	17	17	17	17	0
LKW-Waage (9 h/d, Sa. 5 h)	3	27	27	27	27	27	15	0
EDV/Licht (8 h/d, Sa. 5 h)	1	8	8	8	8	8	5	0
Heizung/Warmwasser (2 h/d)	6	12	12	12	12	12	12	0
<b>Gesamt:</b>		226	226	82	82	82	67	18

Durchschnittl. Verbrauch pro Tag   Sommer
9,00
9,00
20,57
20,57
14,57
21,43
6,43
10,29
<b>111,86</b>

Wochenbilanz Stromverbrauch Deponie Brennborg - Verbrauchsdifferenzierung   Winter								
Energieposten	Anschlussleistung KW	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
Hebeanlage SiWa (3 h/d)	3	9	9	9	9	9	9	9
Vorbehandlungsstufe SiWa (3 h/d)	3	9	9	9	9	9	9	9
Spitzenbedarf Siwa (2 Tage, jew. 24 h)	3	72	72	0	0	0	0	0
Spitzenbedarf Vorbehandlg. Siwa (2 Tage, jew. 24 h)	3	72	72	0	0	0	0	0
Reifenwaschanlage (ca. 1,5 h/d)	11	17	17	17	17	17	17	0
LKW-Waage (9 h/d, sa. 5 h)	3	27	27	27	27	27	15	0
EDV/Licht (8 h/d, Sa. 5 h)	1	8	8	8	8	8	5	0
Heizung/Warmwasser (8 h/d, Sa. 5h)	6	48	48	48	48	48	30	0
<b>Gesamt:</b>		262	262	118	118	118	85	18

Durchschnittl. Verbrauch pro Tag   Winter
9,00
9,00
20,57
20,57
14,57
21,43
6,43
38,57
<b>140,14</b>

\* Annahme: Sickerwasseranfall 10.000 cbm/a entspr. 27,4 cbm/d - Sicherheitszuschlag 100 % = 54,8 cbm/d  
Anforderung SiWa-Pumpe: 54,8 cbm/d pumpen, Höhenunterschied: 20 m

# Solar Modules

## Phaesun Industrial Modules

310442, 310449 • DE/EN • 11/2022

Phaesun Industrial Modules are robust solar panels with 144 half cells.

The newest production technology ensures a high yield and long term performance.

Rigorous quality control during the entire production process ensures highest quality standards.

Solar Modules are designed for industrial and professional applications.

Phaesun Industrial Modules comply to latest certifications (IEC 61215 and 61730) to ensure highest quality and reliability. The production facilities are certified according to international standards ISO9001 and ISO14001.

Warranty:

25 years linear power guarantee

10 year product warranty

Please find the technical data on the next page.

Die Phaesun Industrial Modules sind robuste Solarpaneele mit 144 Halbzellen.

Die neueste Produktionstechnologie garantiert einen hohen Ertrag und eine hohe Lebensdauer der Module.

Strenge Qualitätskontrollen während des gesamten Technologieflusses sorgen für bestmögliche Qualitätsstandards.

Die Solarmodule eignen sich für die industrielle und private Anwendung.

Phaesun Industriemodule entsprechen den aktuellen Standards (IEC 61215 and 61730) und garantieren höchste Qualität und Zuverlässigkeit. Die Fertigung ist entsprechend den internationalen Standards wie ISO 9001 und ISO14001 zertifiziert

Garantie:

25 Jahre lineare Leistungsgarantie

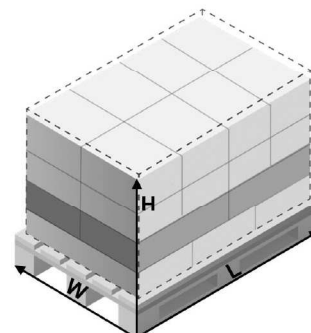
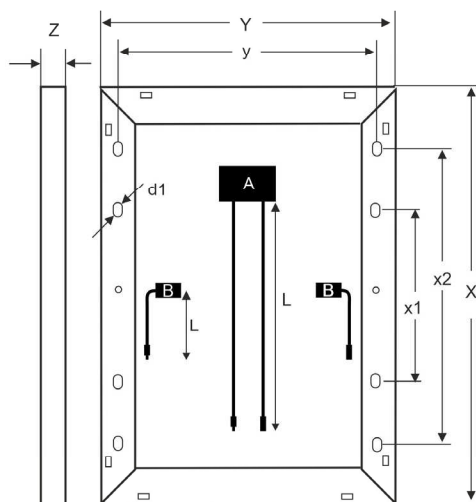
10 Jahre Produktgarantie

Die technischen Daten finden Sie auf der nächsten Seite.





Technical Data		Technische Daten		PN6M144-440 J		PN6M144-450 J		
Systemvoltage		Systemspannung		VDC	24	24		
Power		Nennleistung		Pmp	W	440	450	
Voltage at max. power		Spannung bei Maximalleistung		Vmp	V	41,4	42,1	
Current at max. power		Strom bei Maximalleistung		Imp	A	10,63	10,69	
Open circuit voltage		Leerlaufspannung		Voc	V	49,3	49,8	
Short circuit current		Kurzschlußstrom		Isc	A	11,28	11,34	
Cell	qty.	Zelle	Anzahl			72x2 mono	72x2 mono	
	size		Abmessung	mm	166 x 83			
	efficiency		Wirkungsgrad	%	22,2	22,7		
Module efficiency		Modul Wirkungsgrad		%	20,2	20,7		
Max. Tolerance		Maximale Leistungstoleranz		%	-0/+5 W			
Max. System Voltage		Max. Systemspannung		V	1500			
Operating module temperature		Betriebstemperatur		min.	°C	-40... +85		
Nominal Operating Temp.		Nom. Zellenbetriebstemperatur		NOCT	°C	44 (800W/m <sup>2</sup> , 1m/s, 20°C)		
Frontside	material	Vorderseite	Material	anti-reflection coated tempered glass / antireflexionsbeschichtetes gehärtetes Glas				
	thickness		Dicke	mm	3,2			
Backside	color	Rückseite	Farbe	white / weiß				
Frame	material	Rahmen	Material	clear anodized aluminium / silber eloxiertes Aluminium				
By-Pass Diode		By-Pass Diode				3		
Junction box	protection	Anschlußdose	Schutzklasse	IP	IP68			
	position		Position	B				
Module Cable	cross section	Modul Kabel	Querschnitt	mm <sup>2</sup>	4			
	length		Länge	l	mm	300		
	connector		Stecker	Standard4				
Dimension		Abmessung		X x Y x Z	mm	2094 x 1038 x 35		
Mounting Holes	pitch	Befestigungslöcher	Abstand	x1 / y / x2	mm	- / 989 / 1300		
	Ø		Ø	y	mm	9x14		
Weight		Gewicht			kg	24,2		
Temperature coefficient	Power	Temperaturkoeffizient	Leistung	TC_P	%/K	-0,390		
	Voltage		Voltage	TC_Voc	%/K	-0,300		
	Current		Current	TC_Isc	%/K	0,060		
Static / dynamic load		Statische / dynamische Last			kN/m <sup>2</sup>	5,4 / 2,4		
Marking		Kennzeichnung		IEC61215 (design qualification) IEC61730 (safety)				
Pallet	module quantity	Paletten	Anzahl Module		pcs. / Stk.	31		
Container	Modules / Pallets	Container	Module / Paletten	20"	pcs. / Stk.	5 / 155 (loaded ex factory   beladen ab Werk)		
				40" HQ		22 / 682 (loaded Phaesun   beladen von Phaesun)		
Art.No.		Art.No.				310442	310449	





## WECCO DUAL VOLTAGE 5K3-XP



DUAL VOLTAGE BATTERY LV/HV





# SINGLE MODULE LV/HV



Basic Parameters	5K3 LV/HV FOR INDOOR USE ONLY
Module Capacity (kWh)*	5,3
Single Module Nominal Voltage (Vdc)	52
Application	Dual Voltage LV/HV
Modules Expandibility	<p>HV Mode: Max 16 Modules in Series with Single HV Box = One HV Cluster Max 10 HV Clusters composed by maximum 16 modules in serial connection each</p> <p>LV Mode: Max 15 Modules in Parallel without WeHub = One LV Cluster Max 7 LV Clusters composed by maximum 15 modules in parallel connection</p>
Cluster Net Capacity (with HV HUB)	Max 144 Modules per HV System
Voltage Range (Vdc)	47,5-58,4 BMS dynamically adjust the operating values
Cell Net Capacity (Ah)	105
Usable Capacity (Ah)	100
Dimension (mm)	580 x 463 x 155
Weight (kg)	57,3
Charge / Discharge Current (A)	100 ( 150 30sec)
Peak Discharge Current	200 Peak 5 s
Depth of Discharge	Up to 100%
Communication Port	RS485, CAN, 232, Wi-Fi
Modules in serial Connection	Up to 16 pcs ( 934Vdc Max String Voltage)
Discharge Temperature (°C)**	-20 ~ +60
Charge Temperature (°C)**	-10 ~ +55
Shelf Temperature (°C)**	-10 ~ +45
Humidity (%)	5 ~ 95
Altitude (m)	< 3000
Design life	15 Years (25°C)
Expected Life Cycles @ STC 80% DoD	> 8000 (25°C)
Standards	IEC62619 UL1973 CE IEC 61000 UN38.3
Features	Pre-Charge+Fuse LV+ Fuse HV+ Auto Contactor + Dual BMS+ Multi BMS FW management
	Applicable for Low Voltage and High Voltage systems, Four protection levels for HV Box, Real time balancing, Adaptive charge/discharge CAN logic, Three step adaptive charging logic, 2xDI/DO programmable ports, Mobile APP for monitoring, control, debugging, firmware update and historical information.
Notes	<p>*- Module net usable energy is managed by the BMS control logic to 100Ah **-See Warranty Terms and the Standard Test Conditions "STC" and the operative temperature</p> <p>All data subject to the change without prior notice, no part of this document can be copied or reproduced without written permission of WeCo 5K3-XP Is designed to operate indoor or in Outdoor Cabinet approved by WeCo WeCo 5K3, Datasheet referred to the modules in production from April 2022</p>

## LOW VOLTAGE STACKABLE



Battery Module	2	3	4	5	4+4	Up to 15
Battery System Capacity (kWh)*	10,4	15,6	20,8	26	41,6	Up to 79,5
Voltage Range (Vdc)	47,5 - 58,4					
Dimensions (mm)	580x463x330	580x463x495	580x463x660	580x463x825	(2x) 580x463x660	
Weight (Kg)	114,6	171,9	229,2	286,5	2x 229,2	
Depth of Discharge	Up to 100%					
Charge/Discharge (Recommended)	160	240	320	400	640	
Current (A) (Continuous)	210	300	390	480	780	
(Peak 30s)	300	380	470	560	940	
(Discharge Peak 5s)	400	600	800	1000	1600	
Communication	RS485, CAN, 232, Wifi					
Discharge Temperature (°C)	-20 ~ +60 **					
Charge Temperature (°C)	-10 ~ +55**					
Storage Temperature (°C)	-10 ~ +45**					
Humidity	5% ~ 95%					
Altitude (m)	< 3000					
Design life	10 Years (25°C)					
Expected Life Cycles @ STC**	> 8000 (25°C/80%DoD >75% residual capacity )					
Standards	IEC62619 UL1973 / CE / IEC 61000 UN38.3					

\*- Module net usable energy is managed by the BMS control logic to 100Ah, when more than 1 module it si calculated as 5.2kWh Nominal capacity

\*\* - See Warranty Terms and the Standard Test Conditions "STC" and the operative temperature

## LOW VOLTAGE WALL MOUNTED



# HIGH VOLTAGE STACKABLE



HV BOX\*\*\*



Battery Module	4	5	6	7	8	8+8
Battery System Capacity (kWh)	20,8	26	31,2	36,4	41,6	83,2
Recommended Voltage (V)	min 200 max 232	min 250 max 290	min 300 max 348	min 350 max 406	min 400 max 464	min 800 max 928
Dimensions (mm)	580x463x660	580x463x825	580x463x990	580x463x1155	580x463x1320	(2x) 580x463x1320
Weight (Kg)	229,2	286,5	343,8	401,1	458,4	2x 458,4
Depth of Discharge	100%					
Charge/Discharge (A)	100 / 100					
Communication	RS485, CAN, 232, Wifi					
Discharge Temperature (°C)	-20 ~ +60**					
Charge Temperature (°C)	-10 ~ +55					
Storage Temperature (°C)	-10 +40**					
Humidity	5% ~ 95% no condensation Indoor Application Only					
Altitude (m)	< 3000					
Design life	10 Years (25°C)					
Expected Life Cycles @ STC**	> 8000 (25°C/80%DoD >75% residual capacity )					
Standards	IEC62619/UL1973 / CE / UN38.3					

\*- Module net usable energy is managed by the BMS control logic set to 100Ah

\*\* - See Warranty Terms and the Standard Test Conditions "STC" and the operative temperature

\*\*\* - HV BIX is compulsory when the 5K3 XP is used in HV configuration

## WeCo WiFi Monitoring and Bluetooth Set Up APP



## CERTIFICATIONS



## Projektskizze Roßhauptener Kiesgesellschaft

### 1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Die Fa. Roßhauptener Kiesgesellschaft mbH, plant für seine DKI-Deponie Brennberg im Rahmen von freiwilligen Klimaschutzmaßnahmen ein nachhaltiges Konzept zur Energieversorgung. Hierzu soll eine PV-Anlage mit ca. 110 kWp installiert werden, die in Verbindung mit einem saisonalen Energiespeicher auf Wasserstoffbasis ganzjährig Energieautonomie sicherstellt.

Im Folgenden wird der Einsatz dieses saisonalen, wasserstoffbasierten Energiespeichers als Ergänzung zu einem herkömmlichen, batterieelektrischen Tagesspeicher untersucht.

### 2 Energieprofile

Eine detaillierte Simulation der Energieflüsse setzt stundengenaue Lastprofile hinsichtlich Verbrauch sowie Erzeugung voraus. Für die Simulation wurden seitens der Fa. INGENIEURBÜRO HAAS-KAHLENBERG GmbH jeweils für Sommer- und Winterbetrieb für jeden Wochentag, stündliche Energieverbräuche übermittelt, welche die Basis des Lastprofils darstellen.

Der PV-Ertrag lässt sich aus den angegebenen PV-Leistungen simulieren. Das PV-Erzeugungsprofil wurde anhand historischer Strahlungsdaten aus dem Jahr 2019 für die geplante PV-Anlage mit 110 kWp simuliert.

### 3 Simulationsergebnisse

#### 3.1 Simulationsergebnisse mit vorliegender PV-Planung (ca. 110 kWp)

Mit den bereitgestellten und erzeugten Daten wurde eine Simulation durchgeführt. Als ideale Anlagengröße ergibt sich daraus:

- 15 kW Elektrolyseanlage
- 90 kWh Pufferbatterie
- 8 kW Brennstoffzelle
- Druckgasspeicher für ca. 380 kg H<sub>2</sub>

Die folgenden Diagramme zeigen die Ergebnisse der Simulation. Bei der Stromproduktion aus Photovoltaik (Abbildung 1 und 2) ist entsprechend PV-Überschuss vorhanden, welcher im Sommer in H<sub>2</sub> umgesetzt werden kann. Dieser wird zum Überbrücken der Zeiten mit PV-Defizit im Winter genutzt, indem er mittels Brennstoffzelle rückverstromt wird (Abbildung 3).

Folgende Werte ergeben sich aus der Simulation:

Last Haushaltsstrom	44.196 kWh
Last Kompressor	597 kWh
Jahresertrag PV	102.953 kWh
Netzbezug	455 kWh
Netzeinspeisung	36.079 kWh
produzierter Wasserstoff	513 kg
Größe Wasserstoffspeicher	380 kg

Autarkiegrad **99,0%**

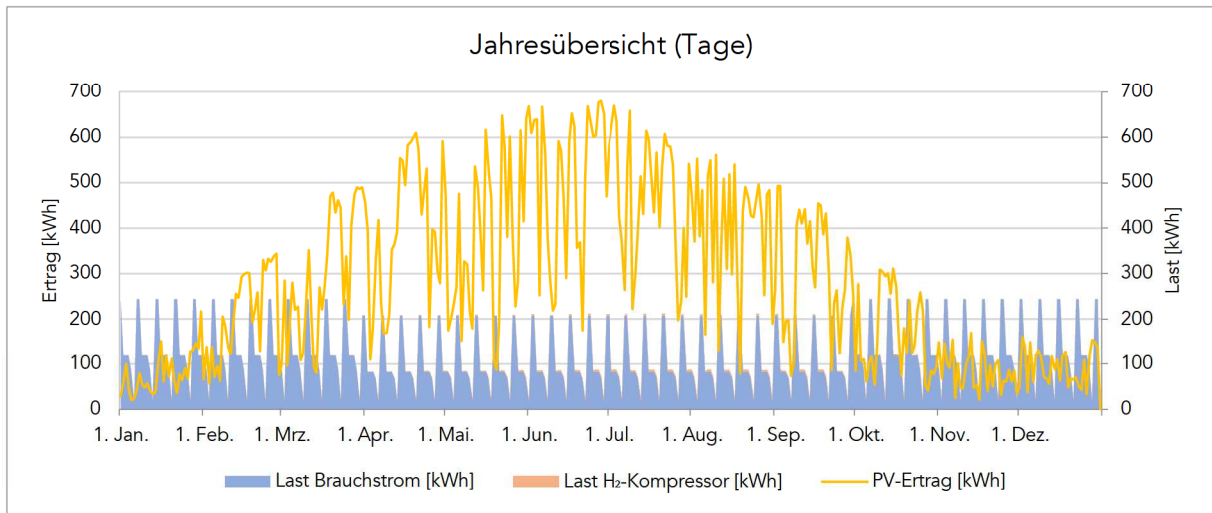


Abbildung 1: Stromerzeugung aus Photovoltaik und Stromverbrauch (Auflösung: Tag)

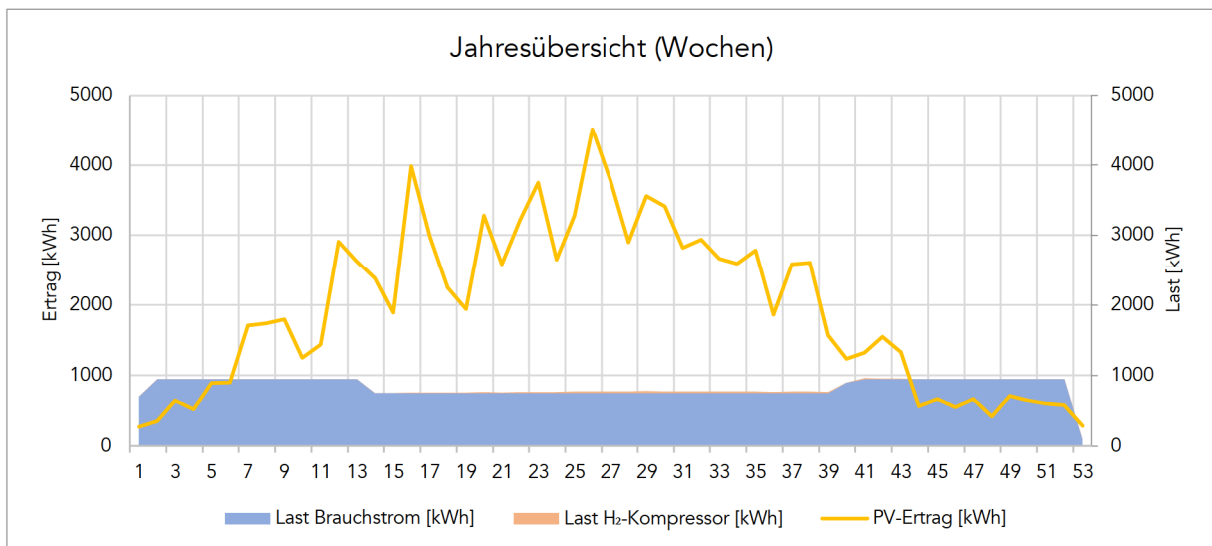


Abbildung 2: Stromerzeugung aus Photovoltaik und Stromverbrauch (Auflösung: Woche)

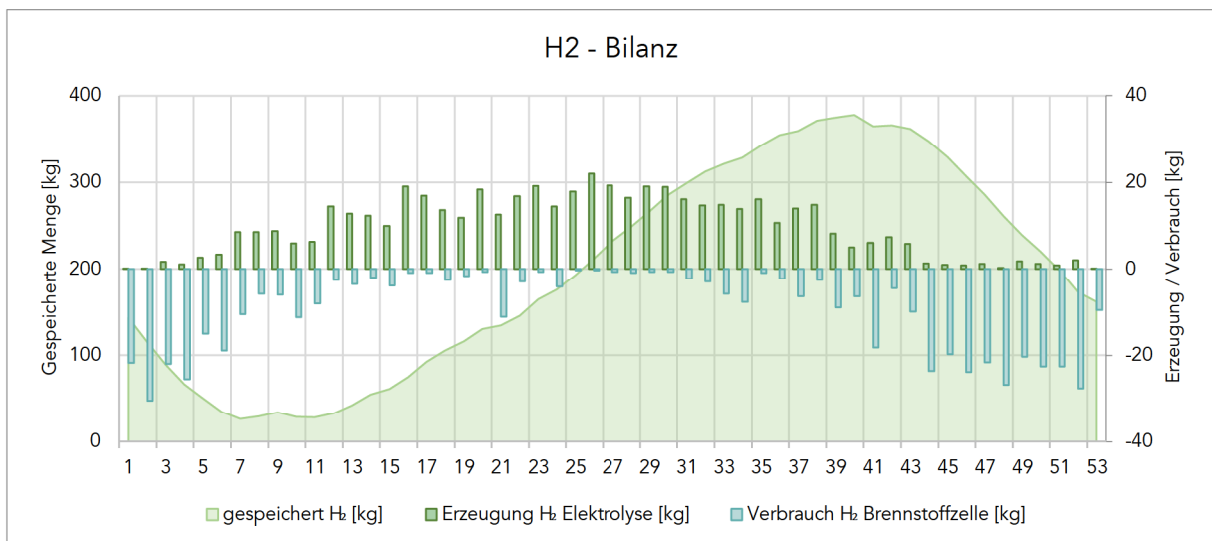


Abbildung 3: Bilanz Wasserstoffspeicher, -erzeugung und -nutzung



Beim Betrieb von Elektrolyse und Brennstoffzelle entsteht nutzbare Wärme, welche die Gebäudeheizung entlastet:

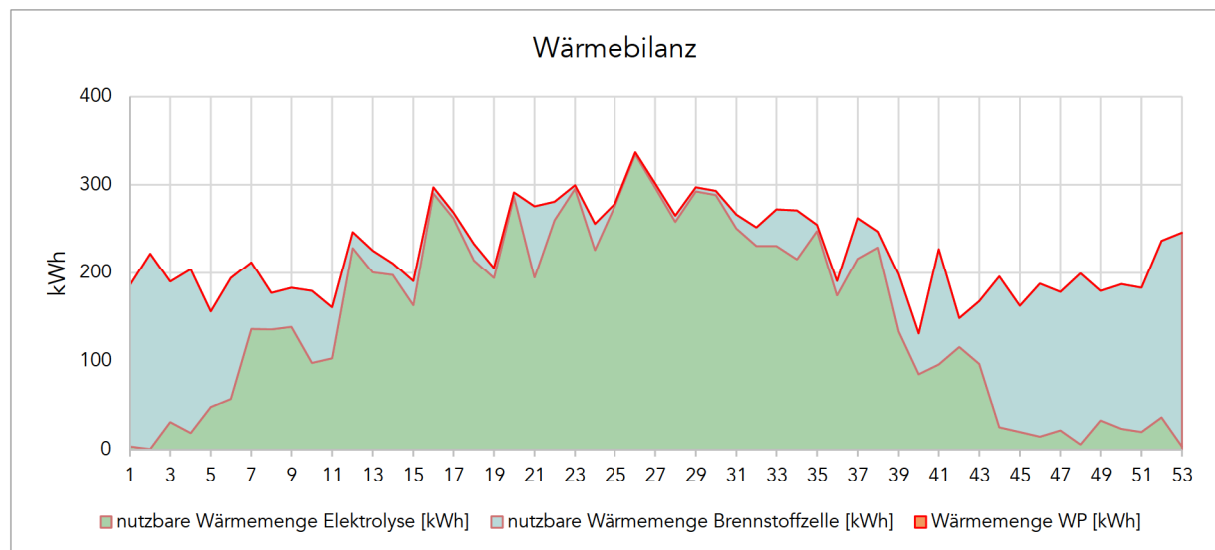


Abbildung 4: Wärmebilanz unter Berücksichtigung der Wärmeerzeugung von Elektrolyse und Brennstoffzelle

### 3.2 Alternative Ergebnisse mit 140 kWp PV-Anlage

Als weitere Option wurde eine Anlage mit 140 kWp-PV-Anlage untersucht. Damit würden sich die o.g. Ergebnisse wie folgt ändern:

Anlagengröße:

- 10 kW Elektrolyseanlage
- 90 kWh Pufferbatterie
- 8 kW Brennstoffzelle
- Druckgasspeicher für ca. 295 kg H<sub>2</sub>

Simulationsergebnisse:

Last Haushaltsstrom	44.196 kWh
Last Kompressor	481 kWh
Jahresertrag PV	130.800 kWh
Netzbezug	312 kWh
Netzeinspeisung	66.500 kWh
produzierter Wasserstoff	417 kg
Größe Wasserstoffspeicher	295 kg

Autarkiegrad **99,3%**

## 4 Lieferumfang

OHS liefert die Komponenten, die unmittelbar mit Wasserstoff zu tun haben. Das sind die komplette Elektrolyseanlage und die Brennstoffzelle sowie Kompressor und Druckspeicher (z. B. Stahlflaschenbündel).

Unsere Anlagen können mit Energiemanagementsystemen von verschiedenen Herstellern betrieben werden. Sprechen Sie uns diesbezüglich gerne an.

## 5 Genehmigung

Die Genehmigung der Anlagen wird von den lokalen Landratsämtern bzw. Gewerbeaufsichtsämtern durchgeführt. Detailfragen müssen damit vor Ort geklärt werden.

## 6 Weitere Daten zu unseren Anlagen (informativ)

Tabelle 1: Daten ohs-Elektrolyseanlagen

	EO.05	EO.10	EO.15	EO.20	EO.25
el Leistung <sub>nominal</sub>	5 kW	10 kW	15 kW	20 kW	25 kW
H <sub>2</sub> -Produktion <sub>nominal</sub>	1,1 Nm <sup>3</sup> /h	2,2 Nm <sup>3</sup> /h	3,3 Nm <sup>3</sup> /h	4,4 Nm <sup>3</sup> /h	5,5 Nm <sup>3</sup> /h
H <sub>2</sub> -Druck am Auslass	20 bar				
Prozesswasserverbrauch	ca. 1 l/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> (ca. 4 l Trinkwasserbedarf für 1 l Prozesswasser)				
H <sub>2</sub> -Reinheit	99,999 % (mit Feintrocknung)				

## 7 Daten Wasserstoff (informativ)

Die folgenden Tabellen dienen zur Information. Damit sollen in vorherigen Abschnitten durchgeführte Berechnungen leichter nachvollziehbar werden.

Tabelle 2: Grunddaten Wasserstoff

unterer Heizwert	3,00 kWh/Nm <sup>3</sup>	10,8 MJ/Nm <sup>3</sup>
	33,33 kWh/kg	120,0 MJ/kg
oberer Heizwert	3,54 kWh/Nm <sup>3</sup>	12,75 MJ/Nm <sup>3</sup>
	39,41 kWh/kg	141,86 MJ/kg
Dichte	0,0899 kg/Nm <sup>3</sup>	
unterer Wobbe-Index	11,361 kWh/Nm <sup>3</sup>	40,898 MJ/Nm <sup>3</sup>
oberer Wobbe-Index	13,428 kWh/Nm <sup>3</sup>	48,340 MJ/Nm <sup>3</sup>
Spezifische Wärmekapazität	c <sub>p</sub> = 14,199 J/kg/K	c <sub>v</sub> = 10,074 J/kg/K
Explosionsgrenze in Luft	4,0 – 75,0 Vol. %	
Detonationsgrenze in Luft	18,3 – 59,0 Vol. %	
Diffusionskoeffizient	0,61 Cm <sup>2</sup> /s	

Tabelle 3: Kompressionsfaktor von Wasserstoff bei 273,15 K

Druck [MPa]	0,1013	5	10	15	20	25	30
Kompressionsfaktor	1	1,032	1,065	1,098	1,132	1,166	1,201
Druck [MPa]	40	50	60	70	80	90	100
Kompressionsfaktor	1,272	1,344	1,416	1,489	1,560	1,632	1,702

Tabelle 4: Flascheninhalt in Abhängigkeit des Druckes

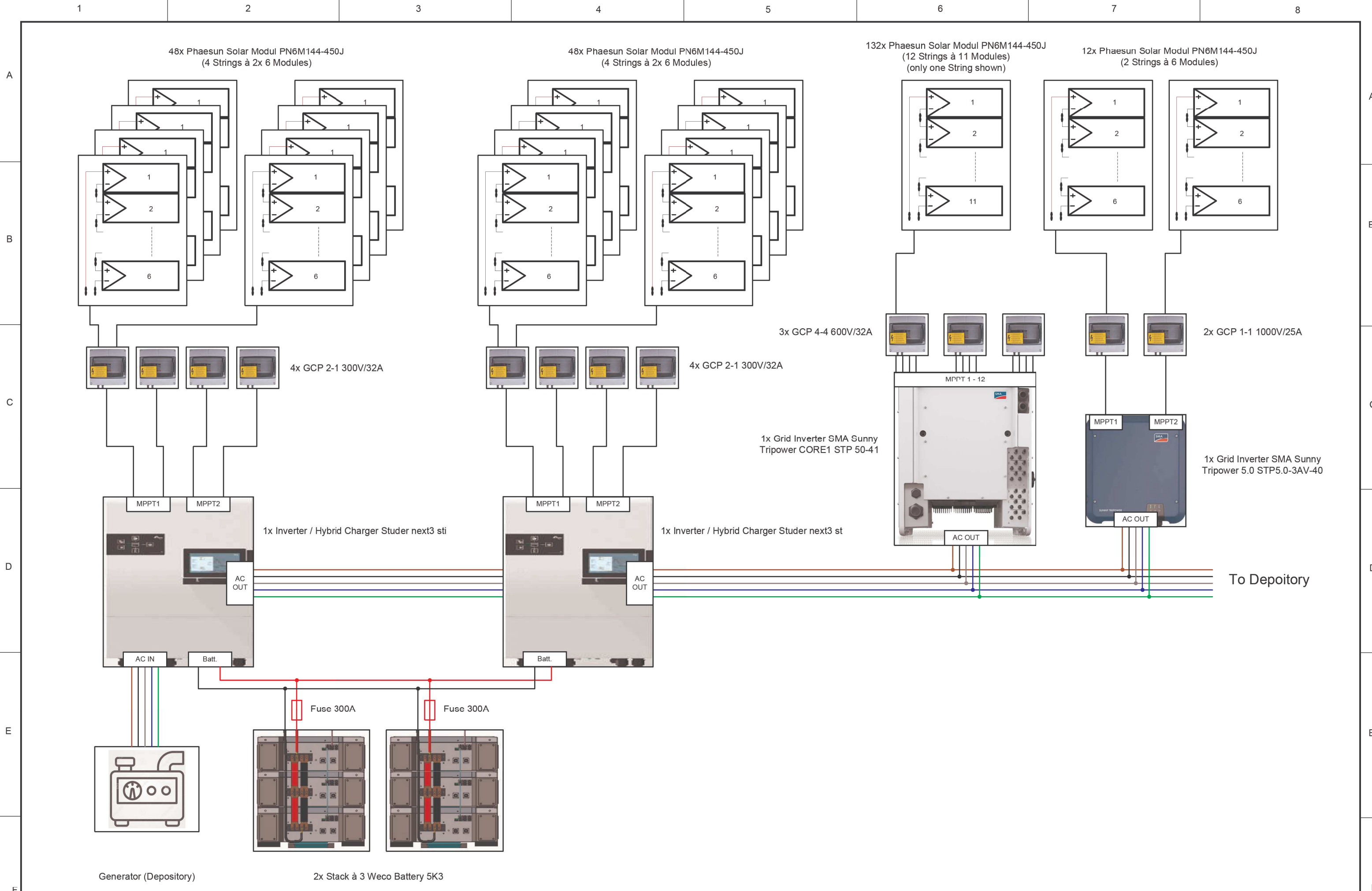
Flaschendruck	Flaschenvolumen	Flascheninhalt	Flascheninhalt	Energieinhalt
1 bar	50 l	0,05 Nm <sup>3</sup>	0,0044 kg	0,15 kWh
200 bar	50 l	8,9 Nm <sup>3</sup>	0,8001 kg	26,67 kWh
300 bar	50 l	12,6 Nm <sup>3</sup>	1,1327 kg	37,75 kWh
400 bar	50 l	15,7 Nm <sup>3</sup>	1,4125 kg	47,11 kWh


Flaschenbündel bestehen oft aus 12 oder 16 Flaschen und bieten damit z.B. 12 x 50 l = 600 l Volumen. Die Grundfläche eines Bündels beträgt ca. 1 qm. Das Gewicht (gefüllt) beträgt bei 200 bar ca. 1.320 kg und bei 300 bar ca. 1.460 kg. Die Füllmenge beträgt bei 200 bar 106,8 m<sup>3</sup> und bei 300 bar 151,2 m<sup>3</sup>.

Tabelle 5: Reinheit von Wasserstoff

Bezeichnung	Reinheit	Verunreinigungen
3.0	99,9 %	Sauerstoff (50 ppm), Stickstoff (500 ppm), Feuchtigkeit (100 ppm)
4.5	99,995 %	Sauerstoff (2 ppm), Stickstoff (40 ppm), Feuchtigkeit (50 ppm)
5.0	99,999 %	Sauerstoff (2 ppm), Stickstoff (3 ppm), Feuchtigkeit (5 ppm), Kohlenwasserstoffe (0,5 ppm)
6.0	99,9999 %	Sauerstoff (0,5 ppm), Stickstoff (0,5 ppm), Feuchtigkeit (0,5 ppm), Kohlenwasserstoffe (0,5 ppm), CO (0,1 ppm), CO <sub>2</sub> (0,1 ppm)





Date:	10/05/2023		Project Nr.:	11019555 / 23-025	<b>Block Diagram 108kWp</b>	Project location:	Deponie Brennborg	Version:	V1
Drawn by:	P. Deyerler		Client:	Haas-Kahlenberg					

# Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

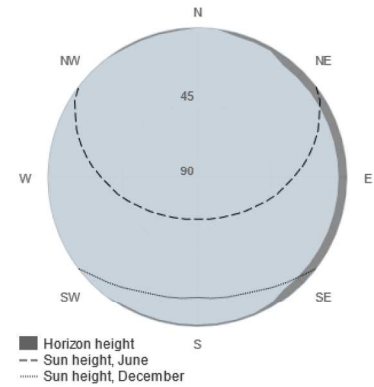
## Provided inputs:

Latitude/Longitude: 48.412,10.381  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-SARAH2  
 PV technology: Crystalline silicon  
 PV installed: 5.85 kWp  
 System loss: 14 %

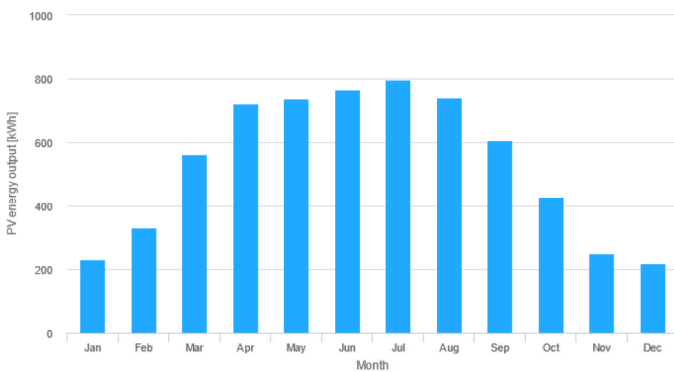
## Simulation outputs

Slope angle: 30 °  
 Azimuth angle: 0 °  
 Yearly PV energy production: 6397.07 kWh  
 Yearly in-plane irradiation: 1381.59 kWh/m<sup>2</sup>  
 Year-to-year variability: 361.19 kWh  
 Changes in output due to:  
 Angle of incidence: -3.08 %  
 Spectral effects: 1.52 %  
 Temperature and low irradiance: -6.46 %  
 Total loss: -20.85 %

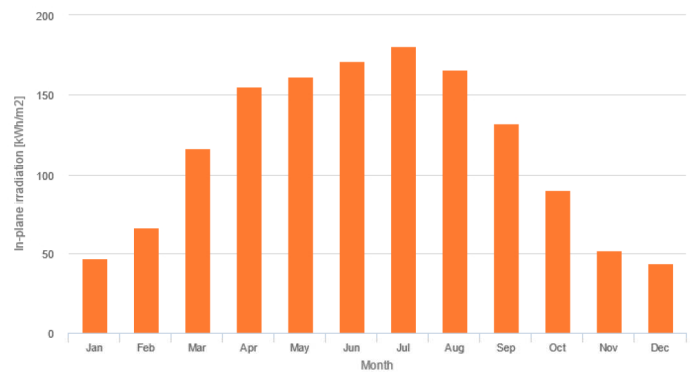
## Outline of horizon at chosen location:



## Monthly energy output from fix-angle PV system:



## Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



## Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	230.8	46.5	41.5
February	329.0	66.2	101.2
March	562.8	116.8	109.2
April	723.7	155.2	136.2
May	739.4	161.4	109.0
June	766.3	171.2	78.1
July	798.8	180.7	83.8
August	740.0	165.6	80.9
September	608.4	132.1	69.1
October	430.4	90.5	63.8
November	250.4	51.6	41.3
December	217.1	43.8	55.9

E\_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)\_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m<sup>2</sup>].

SD\_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

# Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

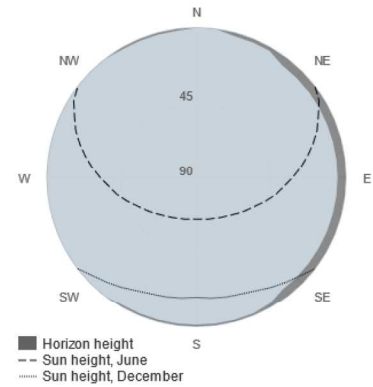
## Provided inputs:

Latitude/Longitude: 48.412,10.381  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-SARAH2  
 PV technology: Crystalline silicon  
 PV installed: 6.3 kWp  
 System loss: 14 %

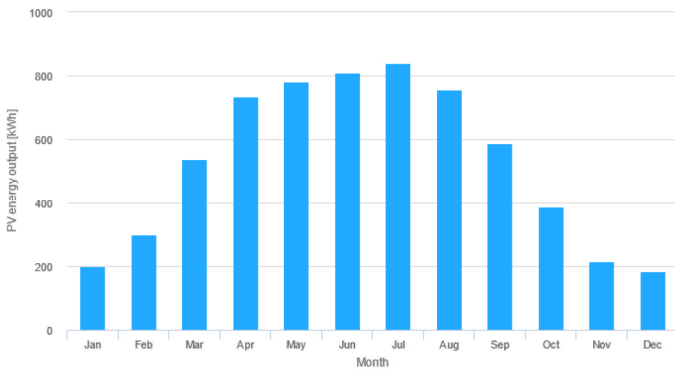
## Simulation outputs

Slope angle: 30 °  
 Azimuth angle: -55 °  
 Yearly PV energy production: 6335.16 kWh  
 Yearly in-plane irradiation: 1273.78 kWh/m<sup>2</sup>  
 Year-to-year variability: 370.63 kWh  
 Changes in output due to:  
 Angle of incidence: -3.27 %  
 Spectral effects: 1.45 %  
 Temperature and low irradiance: -6.46 %  
 Total loss: -21.06 %

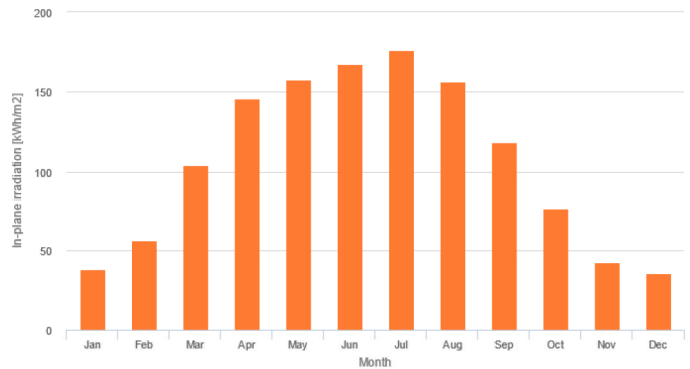
## Outline of horizon at chosen location:



## Monthly energy output from fix-angle PV system:



## Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



## Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	199.8	38.3	31.9
February	297.6	56.2	84.9
March	540.0	104.1	100.3
April	734.4	145.6	135.9
May	782.3	157.7	116.0
June	809.7	167.4	82.9
July	842.3	176.3	88.4
August	756.0	156.3	83.9
September	587.8	118.3	62.8
October	386.8	76.0	50.3
November	215.0	42.1	32.8
December	183.5	35.5	40.4

E\_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].  
 H(i)\_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m<sup>2</sup>].  
 SD\_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].



# Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

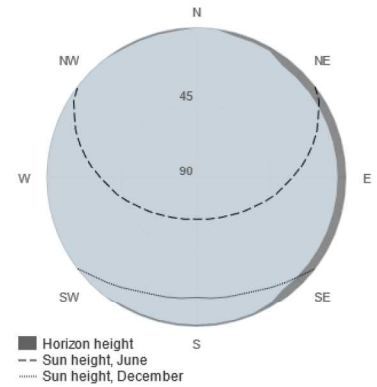
## Provided inputs:

Latitude/Longitude: 48.412,10.381  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-SARAH2  
 PV technology: Crystalline silicon  
 PV installed: 49.05 kWp  
 System loss: 14 %

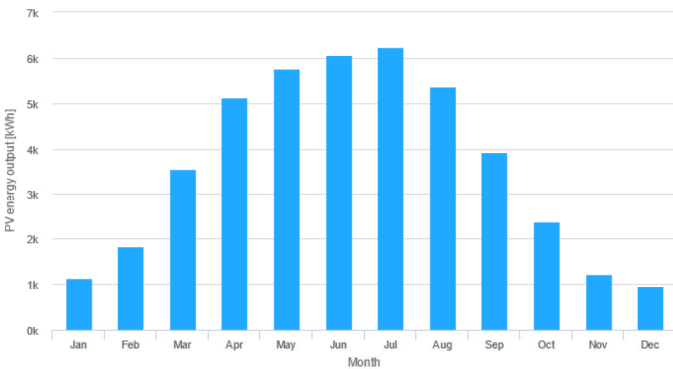
## Simulation outputs

Slope angle: 30 °  
 Azimuth angle: -90 °  
 Yearly PV energy production: 43554.99 kWh  
 Yearly in-plane irradiation: 1132.82 kWh/m<sup>2</sup>  
 Year-to-year variability: 2385.19 kWh  
 Changes in output due to:  
 Angle of incidence: -3.8 %  
 Spectral effects: 1.38 %  
 Temperature and low irradiance: -6.54 %  
 Total loss: -21.61 %

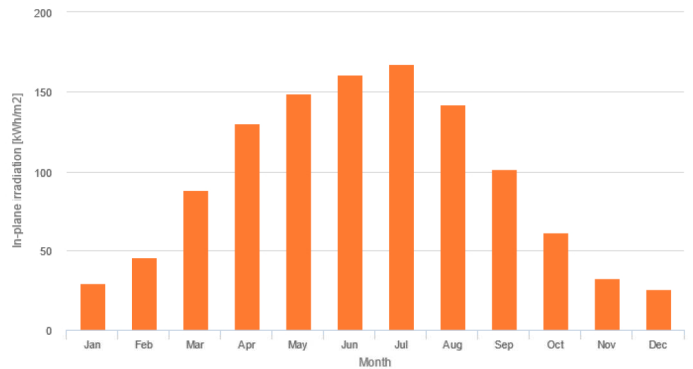
## Outline of horizon at chosen location:



## Monthly energy output from fix-angle PV system:



## Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



## Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	1129.2	29.2	138.9
February	1824.0	45.2	420.2
March	3547.7	88.3	574.1
April	5125.4	130.2	878.5
May	5746.7	148.7	819.3
June	6065.2	160.6	607.3
July	6246.4	167.5	628.7
August	5360.3	142.2	557.2
September	3928.7	101.8	366.6
October	2385.8	61.3	264.7
November	1230.0	32.2	145.7
December	965.8	25.5	145.4

E\_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)\_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD\_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

# Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

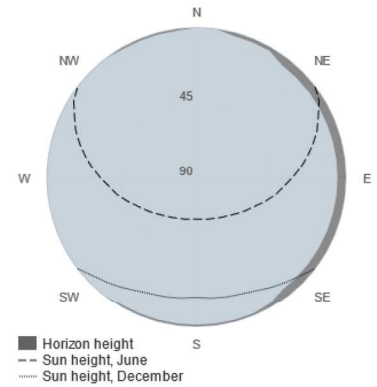
## Provided inputs:

Latitude/Longitude: 48.412,10.381  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-SARAH2  
 PV technology: Crystalline silicon  
 PV installed: 49.05 kWp  
 System loss: 14 %

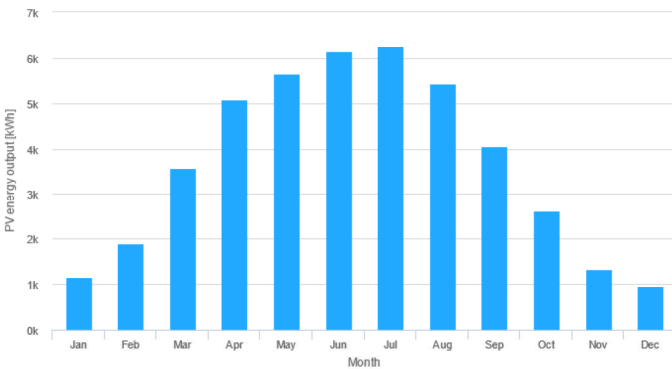
## Simulation outputs

Slope angle: 30 °  
 Azimuth angle: 90 °  
 Yearly PV energy production: 44152.65 kWh  
 Yearly in-plane irradiation: 1152.85 kWh/m<sup>2</sup>  
 Year-to-year variability: 1924.70 kWh  
 Changes in output due to:  
 Angle of incidence: -3.82 %  
 Spectral effects: 1.39 %  
 Temperature and low irradiance: -6.9 %  
 Total loss: -21.92 %

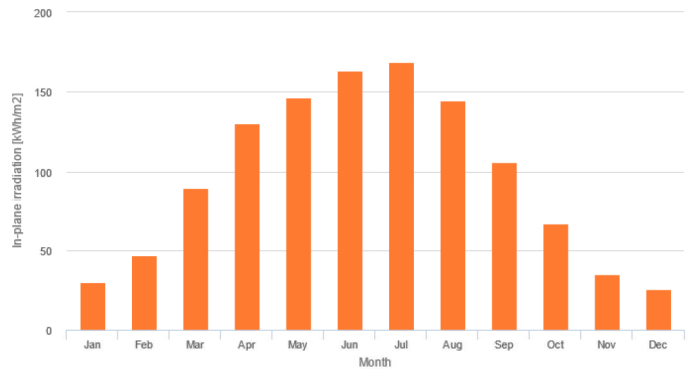
## Outline of horizon at chosen location:



## Monthly energy output from fix-angle PV system:



## Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



## Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	1149.4	29.8	133.9
February	1888.1	46.9	386.2
March	3583.3	89.7	503.4
April	5080.6	130.0	802.6
May	5639.4	146.7	744.6
June	6156.0	163.5	590.3
July	6262.5	168.6	597.7
August	5426.3	144.7	480.6
September	4061.9	105.8	372.3
October	2611.1	66.9	385.5
November	1339.9	34.9	148.2
December	954.2	25.4	164.7

E\_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)\_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m<sup>2</sup>].

SD\_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

