

Analysen des Fallbeispiels- Werft Korneuburg

Andreas Dallinger

Erik Sehnal

<http://www.nikko-pv.at/>

1.1 Allgemeines

An drei Standorten der Projektpartner wurden Photovoltaikanlagen als Fallbeispiele detailliert geplant und kalkuliert. Während die architektonische Planung von der Universität für Bodenkultur durchgeführt wurde, lieferte Nikko-PV gemeinsam mit dem AIT die Detailplanung und wirtschaftlichen Kalkulationen sowie die Simulationsberichte.

Die Simulationsberichte berücksichtigen neben den Anlagendaten wie Komponenten, Verschaltung, Verkabelung auch die Verschattung durch umliegende Gebäude, sowie die Einstrahlung am geografisch korrekten Standort.

Da es sich hier um eine technische Beschreibung der Fallbeispiele handelt, werden branchenübliche Fachbegriffe verwendet. Eine Auflistung und Erklärung ist in der „Photovoltaik-Fibel“ des Klima- und Energiefonds zu finden (Klima- und Energiefonds, 2016, Reiningger et.al).

Bei der Wechselrichterauslegung größerer Anlagen gibt es im Allgemeinen drei Konzepte:

- Zentralwechselrichter: Hier werden wenige, leistungsstarke Wechselrichter eingesetzt, und die Gleichstromleitungen der Module damit an einem Punkt zusammengefasst. Vorteil dieser Methode ist ein simpler Aufbau und eine einfache Wartung. Nachteilig wirken sich die langen Gleichstrom-Kabelwege aus, die zu großen Kabelverlusten führen. Außerdem steht bei einem Ausfall des Wechselrichters die gesamte Anlage still.
- Modulwechselrichter: Dabei handelt es sich um Mini-Wechselrichter die direkt bei den Modulen installiert werden. Vorteil: Es gibt keine DC-Verkabelung, was zu geringeren Verlusten führt. Außerdem wird im Fehlerfall jedes Modul direkt abgeschaltet und es bleibt keine Spannung an Verbindungsleitungen stehen. Dadurch ist für Wartungsteams, Einsatzkräfte oder Passanten die maximale Sicherheit gegeben. Nachteil ist ein komplexer Anlagenaufbau mit elektronischen Komponenten die über das Feld verteilt sind. Außerdem sind die Anlagen teurer im Vergleich zu einem Zentralwechselrichterkonzept.
- Strangwechselrichter: Bei diesem Konzept handelt es sich um eine Mischung der beiden vorgehenden Konzepte. Es werden mehrere Module auf einen Wechselrichter verschalten. Dadurch ergeben sich Vorteile aus beiden anderen Konzepten: die Gleichstromleitungen werden in einer akzeptablen Länge gehalten, die Anlage lässt sich in Teilen abschalten und auch eine gewisse Risikostreuung bei Wechselrichterausfällen ist gegeben.

Die vorliegenden Beispiele wurden mit Strangwechselrichtern geplant.

1.2 Fallbeispiel Werft Korneuburg

1.2.1 Eckdaten & Anlagenbeschreibung

Am Standort der Werft Korneuburg wurde eine PV-Anlage mit einer verteilten Modulanordnung geplant. Die Module werden auf eigens errichteten Werftboxen und als Bodenbelag installiert. Die Zusammenfassung der Module erfolgt auf 5 Wechselrichtern, welche zum Einspeisepunkt im Bestandsgebäude nördlich des Krans geführt werden. Die nachfolgende Grafik zeigt den Aufbau der Anlage, sowie die Kabelwege.

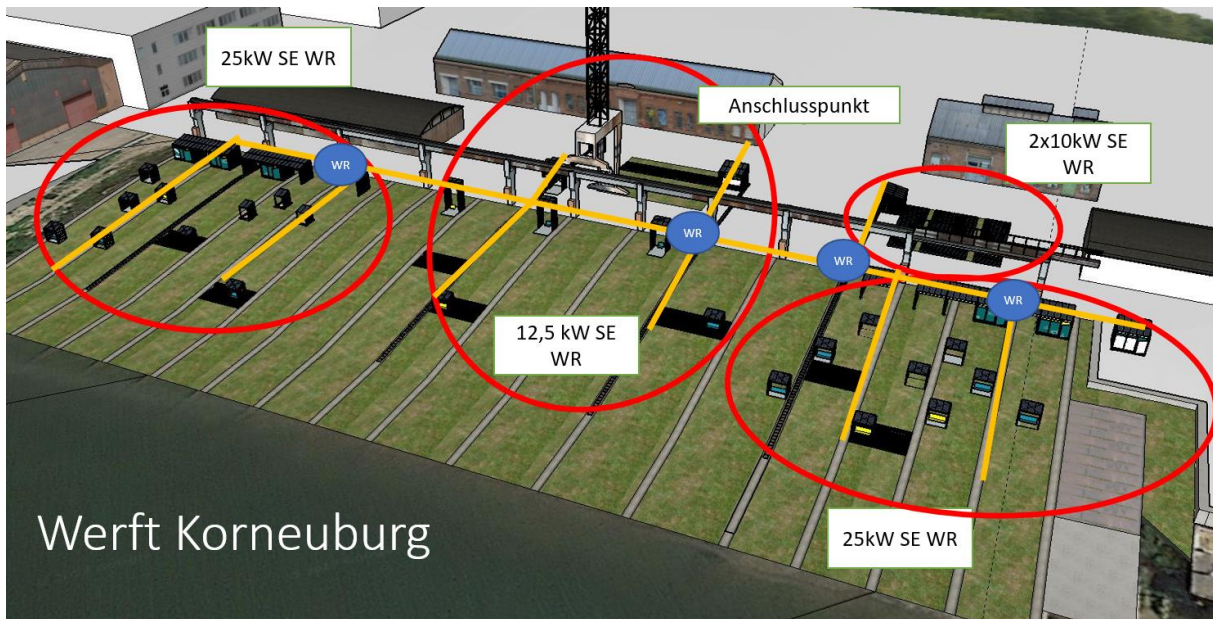


Abbildung 1: Übersicht Werft Korneuburg

Es wurden Wechselrichter mit Moduloptimierung verwendet. Dabei wird zusätzlich zu den Strangwechselrichtern eine Optimierungsbox bei jedem Modul angebracht. Diese Box regelt das Modul und verfügt über eine Abschaltvorrichtung im Fehlerfall. Dadurch wird die Anlage unempfindlich gegen Verschattung. Im Fehlerfall sind alle Leitungen spannungsfrei.

Außerdem wird die Leitung zwischen Optimierern und Wechselrichtern mit einer Fixspannung betrieben. Dadurch werden die Leitungsverluste begrenzt, was gerade bei dieser Anlage mit stark verteilter Modulanordnung ein wesentlicher Vorteil ist.

Die Werftboxen bieten unterschiedliche Nutzen: Neben Verschattung der Liegewiese oder von Sandkisten ist z.B.: auch die Befestigung von Schaukeln vorgesehen. Anbei ein paar Detailansichten der Werftboxen.

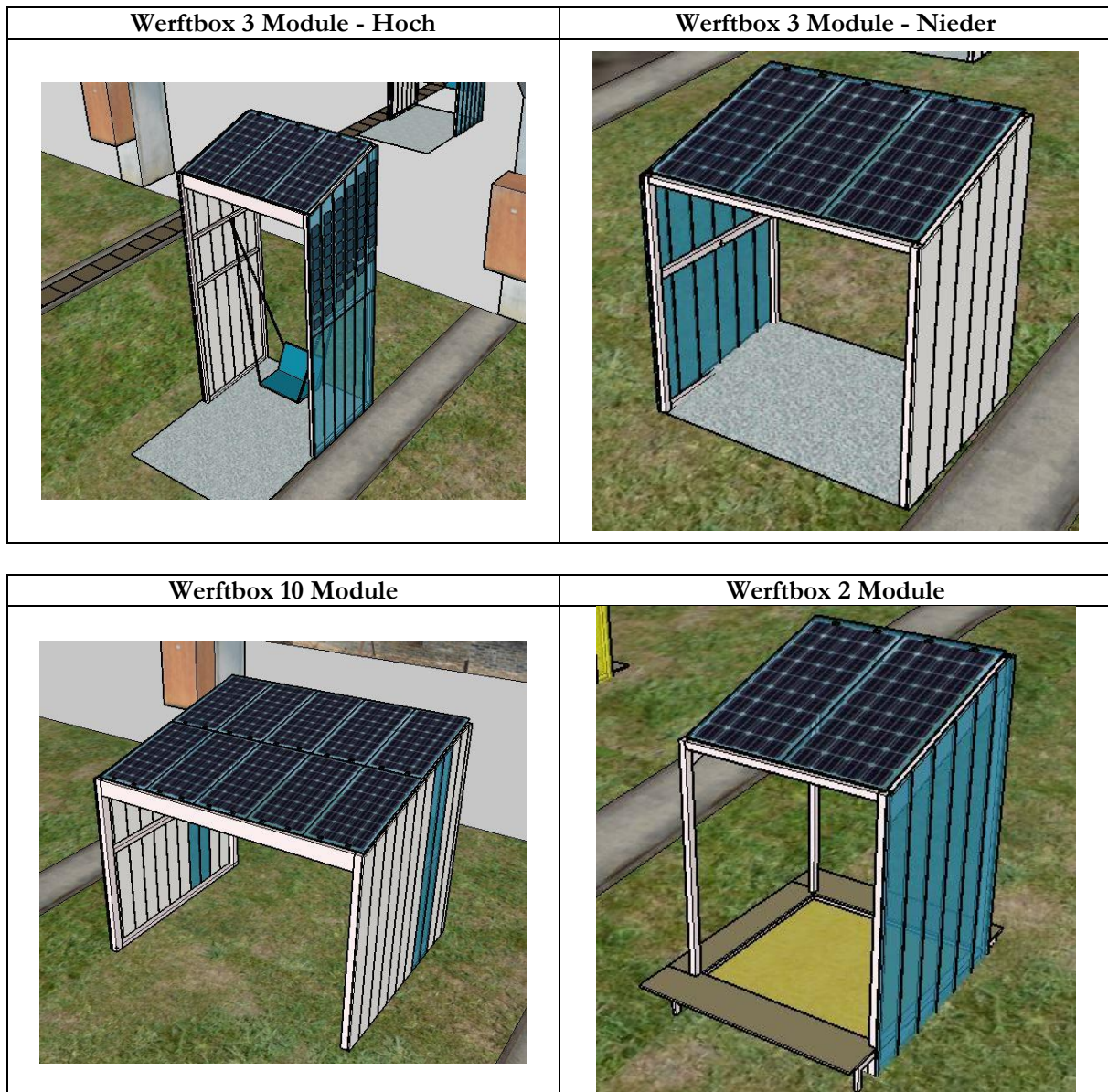


Abbildung 2: Ansichten Werftboxen

Die nachfolgende Grafik zeigt eine der Werftbox mit Gastronomienutzung, sowie einen Teil des PV-Bodenbelags.

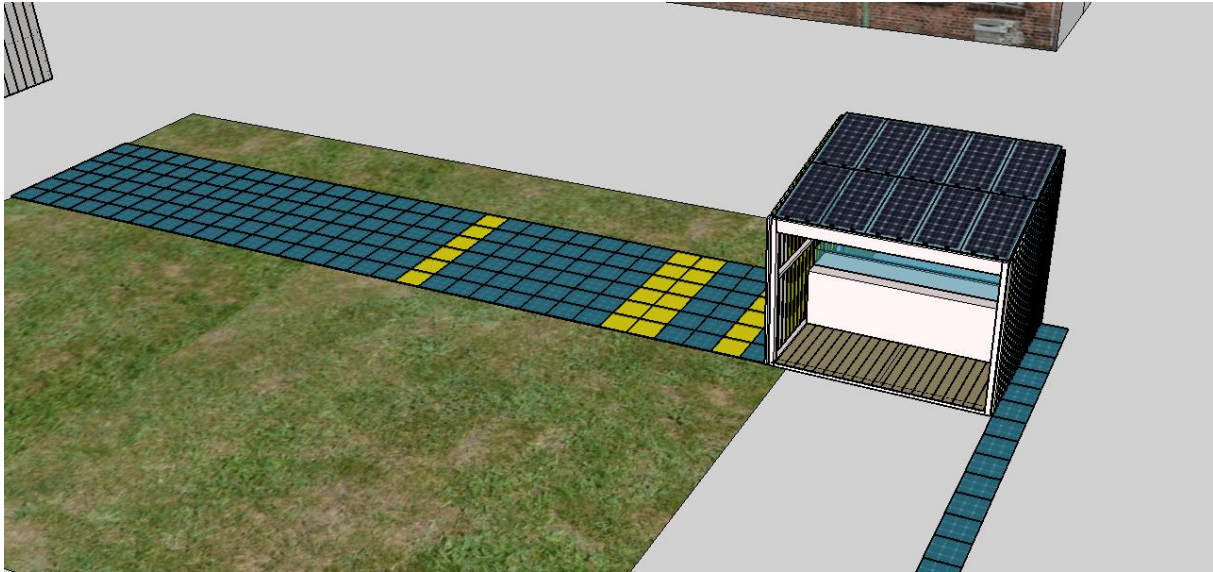


Abbildung 3: Ansicht Bodenbelag und Werftbox

Nach Kalkulation und technischer Auslegung wurde eine Ertragssimulation der Anlage mittels der Software PV-Sol durchgeführt. Die technischen Eckdaten und Simulationsergebnisse zeigt die folgende Tabelle.

Anlagenstandort	A-2100 Korneuburg, Werft
Anlagenart	Netzgekoppelte Photovoltaikanlage
Betriebsart	Überschusseinspeisung (Eigenversorgung)
AC-Anschlussleistung	82,5 kW
PV-Generatorleistung	102,2 kW _{peak}
Erwartete Jahresproduktion	Ca. 100.570 kWh/a
Spezifischer Jahresertrag	984,07 kWh/kW _p
Anlagennutzungsgrad	80,5%

Der Anlagenwirkungsgrad errechnet sich aus dem Verhältnis aus Soll- und Ist-Ertrag einer Photovoltaikanlage. In den Soll-Ertrag werden die Sonneneinstrahlung, sowie die Wirkungsgrade von Wechselrichtern und Modulen eingerechnet. Der Ist-Ertrag beschreibt die Energie die am Wechselrichterausgang abgegeben wird. Hier sind nun alle sonstigen Verluste wie Kabel- und Temperaturverluste enthalten. Der Betrachtungszeitraum beträgt ein Jahr. Je näher der Anlagennutzungsgrad bei 100% liegt, umso näher kommt die Anlage idealen Zuständen. Übliche Anlagennutzungsgrade liegen bei 80-90%.

1.2.2 Technische Anlagendetails

Im Anschluss werden die technischen Details der eingesetzten Komponenten beschrieben.

1.2.2.1 Solarmodule

Monokristalline Silizium Solarzellen in eloxiertem Alurahmen
 Fabrikat: SI-ENDURO M265 - M295
 Geprüft nach IEC 61215, IEC 61730 (TÜV Rheinland)
 Modulwirkungsgrad: 17,7%
 Leistungstoleranz: max. 0 bis +4,99 W
 Vorderseite: TVG-Glas
 Rückseite: TVG-Glas

Schutzklasse II, 1000V
Max. zulässige Flächenbelastung: 7.200 Pa
Gewicht der Module: 23,5 kg

1.2.2.2 Befestigung der Module

Wie bereits beschrieben werden die Module auf den eigens zu errichtenden Boxen installiert. Diese Boxen bestehen aus einer Stahlkonstruktion mit seitlicher Beplankung aus Holz, bzw. Plexiglas. Die Module werden mittels Alu-Schienen und Klemmsystem an den Boxen befestigt.

1.2.2.3 Wechselrichter – Details

2 Stk. solaredge SE25K

Wechselrichter für Netzeinspeisung auf 3 Phasen.
Max. Eingangsspannung DC: 900 V
Fixierte DC-Spannung: 750 V
Max. DC-Leistung: 33750 W
AC-Leistung: 25 kW, dreiphasig
Max. Ausgangsstrom: 38 A
Ausgangsspannung: 400 V / 230 V
Max. Wirkungsgrad: 98 %
Euro Wirkungsgrad: 98 %
Frequenz: 50 Hz
Schutzart: IP65
Gewicht: 45 kg
Umgebungstemperaturbereich: -20°C bis +60°C

1 Stk. solaredge SE12.5K

Wechselrichter für Netzeinspeisung auf 3 Phasen.
Max. Eingangsspannung DC: 900 V
Fixierte DC-Spannung: 750 V
Max. DC-Leistung: 15600 W
AC-Leistung: 12,5 kW, dreiphasig
Max. Ausgangsstrom: 20 A
Ausgangsspannung: 400 V / 230 V
Max. Wirkungsgrad: 98 %
Euro Wirkungsgrad: 97,6 %
Frequenz: 50 Hz
Schutzart: IP65
Gewicht: 33,2 kg
Umgebungstemperaturbereich: -20°C bis +60°C

2 Stk. solaredge SE10K

Wechselrichter für Netzeinspeisung auf 3 Phasen.
Max. Eingangsspannung DC: 900 V
Fixierte DC-Spannung: 750 V
Max. DC-Leistung: 12500 W
AC-Leistung: 10 kW, dreiphasig
Max. Ausgangsstrom: 16 A
Ausgangsspannung: 400 V / 230 V
Max. Wirkungsgrad: 98 %
Euro Wirkungsgrad: 97,5 %
Frequenz: 50 Hz
Schutzart: IP65
Gewicht: 33,2 kg

Umgebungstemperaturbereich: -20°C bis +60°C

1.2.2.4 Elektrische Schutzeinrichtungen

Die Anlage wird gemäß den geltenden Normen und Sicherheitsvorschriften errichtet. Dazu werden folgende Maßnahmen getroffen:

Moduloptimierung: Die DC-Leitungen werden ohne Freigabe des Wechselrichters auf eine Sicherheitsspannung abgeregelt. Bei abgeschaltetem oder defektem Wechselrichter geht von den Leitungen zwischen Modulen und Wechselrichter daher keine Gefahr aus.

Automatische Netztrennung bei Abschaltung des Stromnetzes gemäß ÖVE/ÖN E 8001-4-712. Die Netztrennung ist im Wechselrichter integriert und wird zusätzlich extern ausgeführt.

Allstromsensitive Fehlerstromüberwachung auf DC- und AC-Seite (im Wechselrichter integriert)

Erdschlussüberwachung (im Wechselrichter integriert)

DC-Trennschalter zur Trennung von Wechselrichter und Photovoltaikmodulen (im Wechselrichter integriert)

Überspannungsableiter Typ I / II auf DC-Seite (ÖVE/ÖN E 8001-4-712)

Installation einer Funktionserdung und dadurch einer leitenden Verbindung aller metallischen Teile der Anlage.

Leitungsschutzschalter zur Absicherung der AC-Leitung

Errichtung und Inbetriebnahme der PV-Anlage inklusive aller benötigten Schutzeinrichtungen gemäß ÖVE/ÖN E 8001-4-712.

1.2.2.5 Verkabelung

Durch die langen Kabelwege und die verteilte Modulanordnung wurde ein besonderes Augenmerk auf die Dimensionierung der Kabel gelegt. Die folgende Tabelle zeigt die verwendeten Querschnitte und die daraus resultierenden Leitungsverluste.

Abschnitt	Querschnitt	Verluste bei Nennleistung
DC-Kabel	4mm ² Kupfer	0,46%
AC-Kabel	25mm ² Kupfer	0,92%

Für die Verkabelung der Module werden Solarkabel eingesetzt die über eine doppelte Isolierung verfügen und UV beständig sind. Die Kabel zwischen Wechselrichter und Anschlusspunkt werden in Kabelgräben geführt.

1.2.3 Kosten und Erträge

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Aufstellung der Kosten der Anlage.

			Modulleistung [W]	Stück [-]	Stückpreis [EUR/Stk.]	spez. Preis [EUR/kWp]	Gesamtpreis [EUR]
	Werftbox 3 Module - Nieder		Anzahl Werftboxen:	20			
1	Modul	SI Glas-Glas Überkopf	295	60	253,47	859,23	15.708,75
	Modulmontage inkl. MS			60			4.200,00
2	Aufbau inkl. Verkleidung	verz. pulverb. montiert		20			85.800,00
	Bodenanbindung	Beton-Bohrschraube		80			11.440,00
	GESAMT						117.148,75
	Werftbox 3 Module - Hoch		Anzahl Werftboxen:	4			
1	Modul	SI Glas-Glas Überkopf	295	12	441,47	1.496,50	3.141,75
	MS-Modul			12			840,00
2	Aufbau inkl. Verkleidung	verz. pulverb. montiert		4			19.800,00
	Bodenanbindung	Beton-Bohrschraube		16			2.288,00
	GESAMT						26.069,75
	Werftbox 10 Module		Anzahl Werftboxen:	16			
1	Modul	SI Glas-Glas Überkopf	295	160	268,27	909,39	41.890,00
	MS-Modul			160			13.600,00
2	Aufbau inkl. Verkleidung	verz. pulverb. montiert		16			132.000,00
	Bodenanbindung	Beton-Bohrschraube		64			9.152,00
	GESAMT						196.642,00
	Werftbox 2 Module		Anzahl Werftboxen:	3			
1	Modul	SI Glas-Glas Überkopf	295	6	441,47	1.496,50	1.570,88
	MS-Modul			6			420,00
2	Aufbau inkl. Verkleidung	verz. pulverb. montiert		3			10.890,00
	Bodenanbindung	Beton-Bohrschraube		12			1.716,00
	GESAMT						14.596,88

	Boden						
1	Modul	SI Glas-Glas	295	108	970,87	3.291,07	102.330,00

	MS-Modul			108			9.450,00
	GESAMT						111.780,00
3	Solarkabel inkl. PV-Stecker und Leerverrohrung			1.300	1,44		1.866,72
	Hauptleitungen 25mm ²			730			2.941,90
4	DC Überspannungsschutz Typ I+II, 16 ² Erdung und Potentialausgleich			22			1.623,28
	Generatoranschlusskasten		Anzahl der Stränge: 22				1.184,65
5	Wechselrichter	Solar Edge 12,5k		1	1.635,35		1.635,35
5	Wechselrichter	Solar Edge 10k		2	1.575,29		3.150,58
5	Wechselrichter	Solar Edge 25k		2	1.980,26		3.960,53
		Solar Edge Powerbox P300-5		346	38,71		13.393,31
6	AC Komponenten zum Anschluss des Wechselrichters im Verteiler						2.990,00
7	Genehmigungsplanung, Ausschreibung, Bauaufsicht, Abnahme						8.000,00
	Baustellensicherung, Kran, Logistik, Lagersicherung						3.000,00
8	Montage und Inbetriebnahme Module UK						bei Werftboxen
	Verkabelung, WR, AC-Anschluss						4.800,00
	Böden, Künetten, Erdung						20.000,00
	Innenleben der jeweiligen Werftboxen						offen
	GESAMT Sonstiges						68.546,31
	Photovoltaikanlage - Netto						534.783,69
	spezifischer Preis EUR/kWp						5.239,38

Die Kostenkalkulation des Photovoltaik-Bodenbelags war aufgrund der Tatsache, dass es derzeit noch keinen Markt für gibt, schwer möglich. Es wurde eine Konstruktion mit Standardmodulen und darüberliegender, begehbare Glasplatte kalkuliert.

Auf Basis der Ertragssimulation wurden die jährlichen Erträge der Anlage berechnet. Basis dafür waren die Daten der Bundesförderung ÖMAG des Jahres 2017. Diese Förderung enthält einen einmaligen Investitionszuschuss, sowie einen erhöhten Einspeisetarif der für 13 Jahre ausgezahlt wird. Nach Ablauf der 13 Jahre wird die eingespeiste Energie lediglich zum Marktpreis vergütet. Da es am Standort keinen regelmäßigen Stromverbrauch gibt, wurde die Anlage als Volleinspeisung angenommen. Bei direktem Verbrauch vor Ort könnte sich die Wirtschaftlichkeit erhöhen, da hier Stromkosten eingespart werden können.

Förderung ÖMAG 2017:

Investitionszuschuss: 38321,25 €

Einspeisetarif: 7,91 Cent/kWh

Einspeisetarif Marktpreis: 2,34 Cent/kWh

Volleinspeisung

Finanzieller Gesamtertrag nach 20 Jahren: 112.456,15 €

CO₂-Einsparung nach 20 Jahren: 1.206,8 t

