



# **WICHTIGE FAKTOREN BEI DER WECHSELRICHTERAUSWAHL FÜR PV-GROSSANLAGEN**

**Kosten- und Ertragsvergleich anhand Fronius Eco 27.0-3-S**

© Fronius International GmbH

Version 2.1.2, 2/2018 , Jürgen Hürner, Joaquin Hernandez, Volker Haider

Solar Energy

Fronius behält sich alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vor. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung von Fronius reproduziert oder unter Verwendung elektrischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Es wird darauf hingewiesen, dass alle Angaben in diesem Dokument trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Autors oder von Fronius ausgeschlossen ist. Geschlechterspezifische Formulierungen beziehen sich gleichermaßen auf die weibliche und männliche Form.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Analyse der CAPEX .....</b>	<b>5</b>
2.1	Beschreibung der Beispielanlage .....	5
2.2	CAPEX .....	6
2.3	BOS-Kosten – Balance of System Kosten.....	7
2.3.1	Zentrales Anlagendesign .....	8
2.3.2	Dezentrales Anlagendesign .....	9
2.3.3	BOS-Komponenten.....	9
2.3.4	BOS-Gesamtkosten .....	10
2.4	Ertrag .....	12
<b>3</b>	<b>Analyse der OPEX.....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Energieertrag.....</b>	<b>15</b>
4.1	Energieertrag .....	15
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>19</b>
6.1	CAPEX Beispielanlage im Detail .....	19
6.2	Auszug aus Betriebsanleitung des Vergleichsgerätes für die Berechnung der OPEX .....	19
6.3	Leistungsderating-Verhalten im Vergleich .....	20

# 1 EINLEITUNG

Um eine fundierte Entscheidung über die richtige Wechselrichter-Wahl für eine PV-Anlage zu treffen, reicht es nicht aus, nur die Kosten des Gerätes zu betrachten. Vielmehr sollte eine Entscheidung auf einem detaillierten Vergleich aller anfallenden Kosten und der zu erwartenden Erträge beruhen.

Zu diesem Zweck sollten zunächst die CAPEX der PV-Anlage, inklusive der Kosten die vom Wechselrichter beeinflusst werden, betrachtet werden.

Anschließend scheint ein Vergleich der zu erwartenden OPEX sinnvoll, um eine Kostenschätzung für den operativen Betrieb erstellen zu können.

Schlussendlich ist es essentiell, auch die zu erwartenden Erträge genau zu analysieren und Wechselrichter danach zu beurteilen.

Im vorliegenden Whitepaper sollen nun beispielhaft all diese Faktoren untersucht werden. Der Wechselrichter Fronius Eco 27.0-3-S wird in der Folge mit anderen Geräten verglichen, um Möglichkeiten für kurzfristige und langfristige Kosteneinsparungen aufzuzeigen.

## 2 ANALYSE DER CAPEX

Die Analyse der CAPEX soll hier Anhand eines Vergleichs des Wechselrichters Fronius Eco 27.0 mit einem 60 kW Wechselrichter eines anderen Herstellers dargestellt werden.

### 2.1 Beschreibung der Beispielanlage



Abbildung 1: Beispielanlage

Die Beispielanlage ist eine Dachanlage mit 408 kWp in Mitteleuropa und dient der weiteren Betrachtungen. In der Anlage sind insgesamt 13 Stück Wechselrichter Fronius Eco oder 6 Stück 60 kW Geräte eines anderen Herstellers verbaut.

Beispielanlage	
PV-Leistung	408 kWp
Wechselrichter-Ausgangsleistung gesamt	360 kVA
Benötigte Anzahl Fronius Eco 27.0	13 Stk.
Benötigte Anzahl 60 kW Wechselrichter	6 Stk.

Tabelle 1: Übersicht Beispielanlage

## 2.2 CAPEX

Als CAPEX (engl. *capital expenditures*) oder auch CapEx werden Investitionsausgaben für längerfristige Anlagegüter bezeichnet<sup>1</sup>. Diese Kosten sind wichtig um in weiterer Folge die Rendite (ROI - return on investment) oder Amortisation abbilden zu können.

Die Kostenstruktur der Beispielanlage wird für die weiteren Betrachtungen herangezogen. Die im Detail aufgeschlüsselten Kosten (siehe oben Tabelle A1) können im Anhang entnommen werden.

In der folgenden Abbildung werden die CAPEX nach ihren Bestandteilen aufgeschlüsselt.

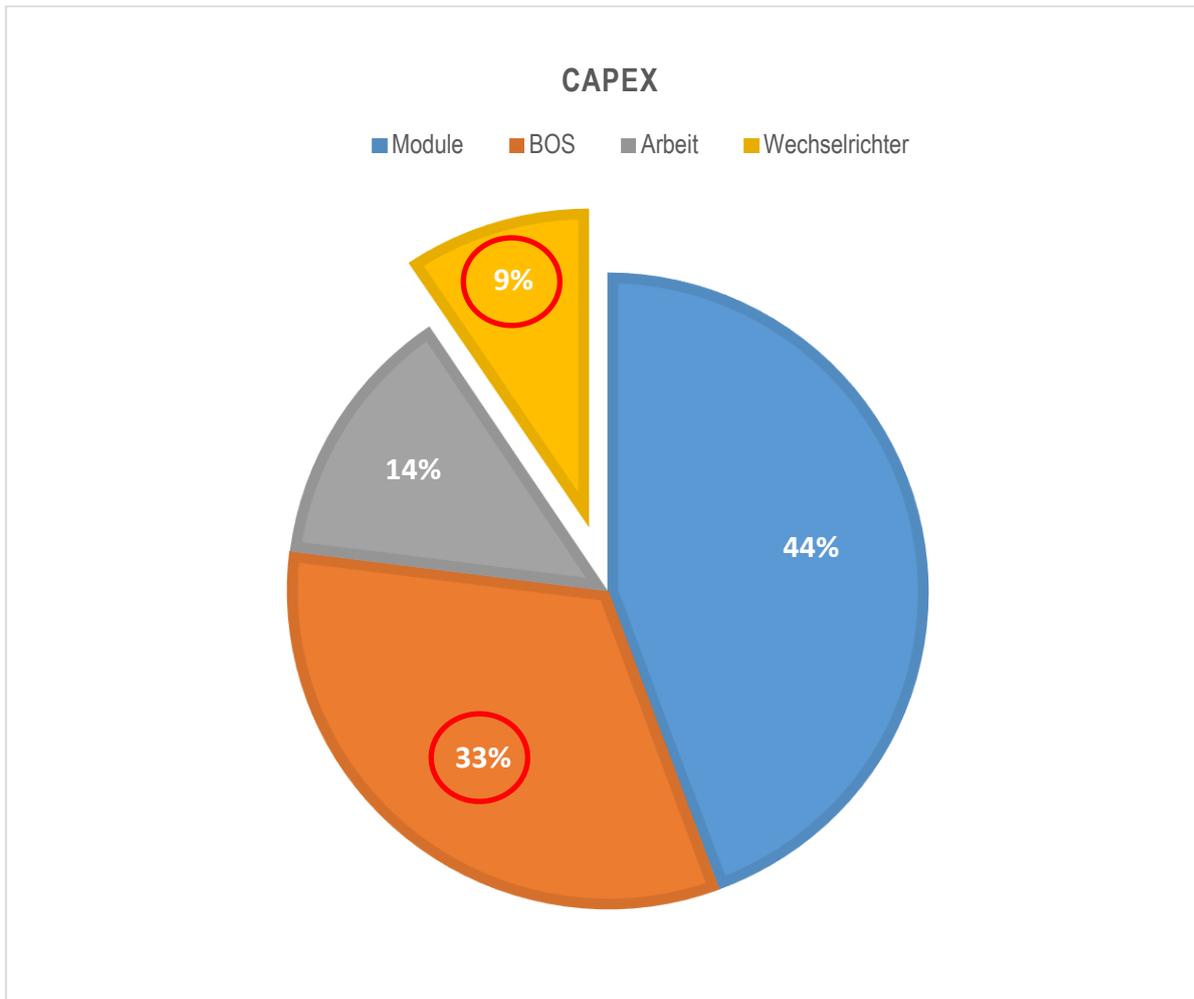


Abbildung 2: Übersicht der CAPEX / Initiale Systemkosten

Wie in Abbildung 2 deutlich wird, stellen die Kosten für die Anschaffung der Wechselrichter mit ca. 9% nur einen sehr geringen Anteil an den Investitionsausgaben dar. Diese 9% der Investition beeinflussen jedoch zu einem Großteil die Performance und somit den Ertrag der PV-Anlage.

Mit einem Drittel stellen die BOS-Kosten (33%) einen großen Anteil an den Gesamtkosten dar. Hier stellt sich die Frage, wieviel Einfluss intelligentes Systemdesign auf diese Kosten hat.

<sup>1</sup> <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/capex.html>

## 2.3 BOS-Kosten – Balance of System-Kosten

Unter BOS-Kosten versteht man alle Initialkosten die nicht die Module oder Wechselrichter betreffen. Sie setzen sich aus den Bestandteilen Aufständering, Kabeltassen, AC- bzw. DC-Verkabelung, AC- bzw. DC-Verteilerboxen und Equipment für Netzanschluss zusammen.

Gemeinsam mit dem richtigen Anlagendesign und der Wahl des richtigen Wechselrichters können hier große Einsparungen erzielt werden. Dazu wird eine Beispiel-Kostenberechnung angestellt die zentrales und dezentrales Anlagendesign mit jeweils dem Fronius Eco 27.0 Wechselrichter und einem anderen 60kW Wechselrichter gegenüberstellt.

In der oben genannten Beispielanlage ergibt sich folgende BOS-Kostenaufteilung.

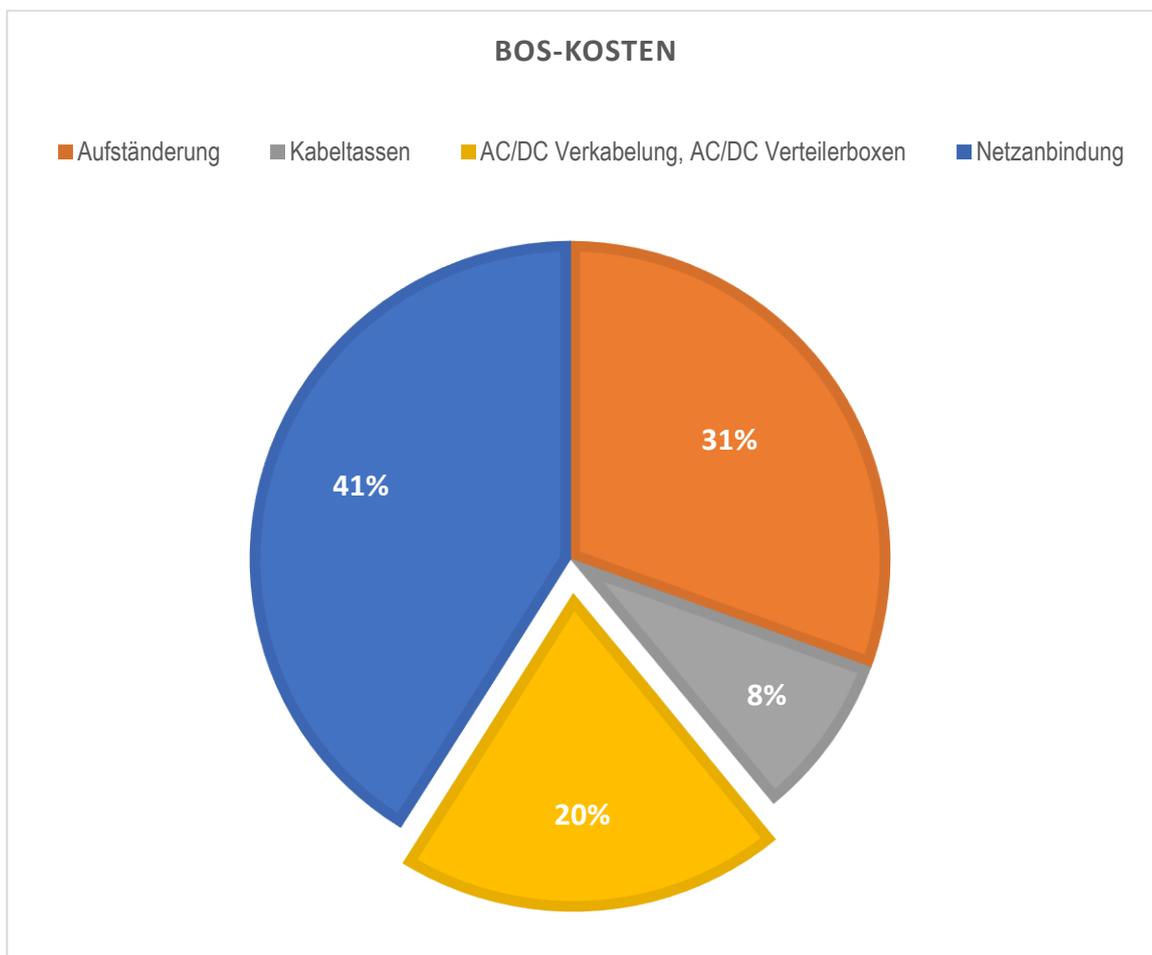


Abbildung 3: Übersicht Zusammensetzung der BOS-Kosten (der Demo-Anlage)

Von den angeführten Anteilen an den BOS-Kosten sind Aufständering (31%), Kabeltassen (8%) und der Netzanschluss (41%) von der Auswahl des Wechselrichters unabhängig. Der Punkt AC-/DC-Verkabelung + AC-/DC-Verteilerboxen (20%) wird maßgeblich von der Wahl des Wechselrichters sowie vom Anlagendesign beeinflusst.

Um die genauen kostenrelevanten Wechselwirkungen hervorzuheben, wird folgend der Unterschied zwischen dezentraler und zentraler Topologie beleuchtet. Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Arten von Anlagendesign liegt in der Art der Verkabelung.

Die Dimensionierung der Kabelquerschnitte bei der Betrachtung beruht auf der Vorgabe eines max. Spannungsabfalls von 1% für jeweils AC und DC-Abschnitte.

Dazu wird die 408 kWp Dachanlage als Beispiel herangezogen. Verwendet wurden 13 Fronius Eco 27 kW bzw. 6x 60 kW-Wechselrichter.

### 2.3.1 Zentrales Anlagendesign

Beim zentralen Anlagendesign werden die Stränge zuerst in einer ‚String-Combiner-Box‘ (SC) gesammelt und eine Sammelleitung führt zum Wechselrichter. Der Großteil der Distanz von den PV-Modulen zum Wechselrichter wird somit mit DC-Kabeln ausgeführt. Die Distanz vom Wechselrichter zum AC-Verteiler ist hingegen verhältnismäßig gering.

#### Fronius Eco 27.0 mit zentralem Anlagendesign

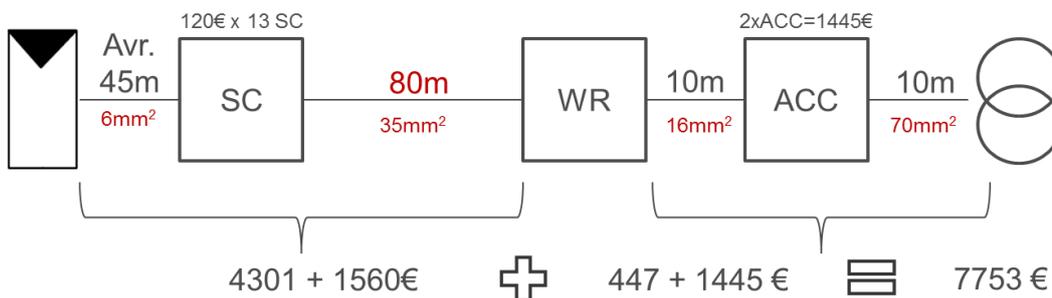


Abbildung 4: 350kVA - Zentrales Anlagendesign mit Fronius Eco

#### 60kW Wechselrichter mit zentralem Anlagendesign

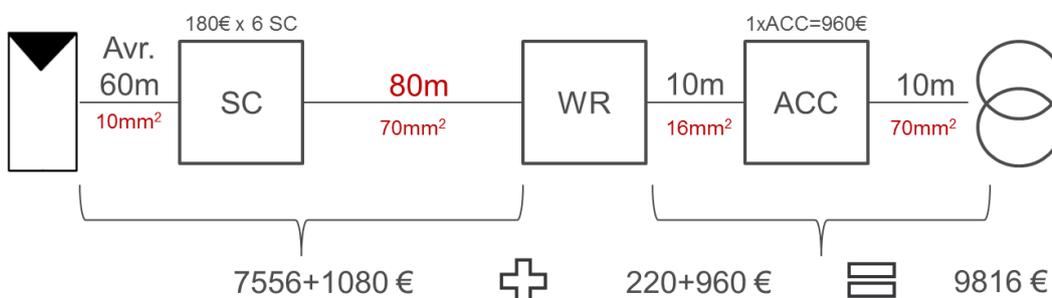


Abbildung 5: 350kVA - Zentrales Anlagendesign mit 60kW Wechselrichter

Wie zu erkennen ist ergibt sich der Kostenunterschied in erster Linie aufgrund der unterschiedlichen Kabel-Querschnitte sowie der Kosten von Verteilerboxen.

### 2.3.2 Dezentrales Anlagendesign

Beim dezentralen Anlagendesign werden größere Distanzen mit AC-Kabeln ausgeführt. Aufgrund der Distanz sind im AC-Abschnitt größere Kabelquerschnitte notwendig im Vergleich zum zentralen Anlagendesign.

#### Fronius Eco 27.0 mit dezentralem Anlagendesign

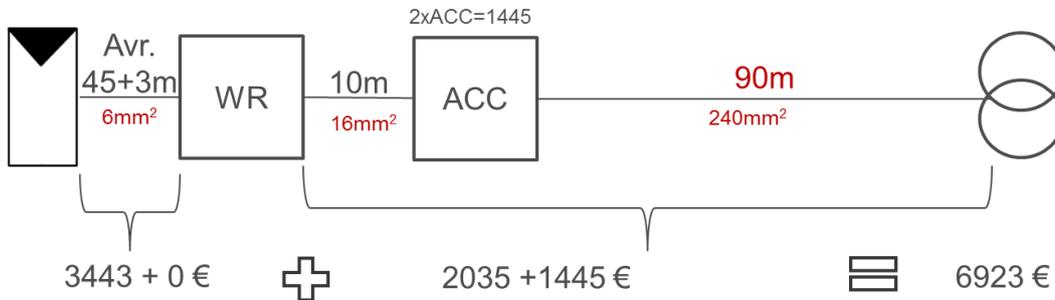


Abbildung 6: 350kVA - Dezentrales Anlagendesign mit Fronius Eco

#### 60kW Wechselrichter mit dezentralem Anlagendesign

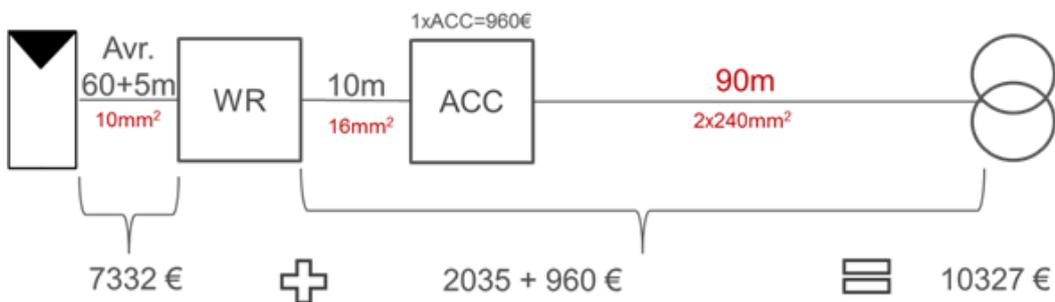


Abbildung 7: 350kVA - Dezentrales Anlagendesign mit 60kW Wechselrichter

Auch hier zu erkennen der Kostenunterschied aufgrund der unterschiedlichen Kabel-Querschnitte sowie AC-Verteilerboxen (ACC).

Neben dem Anlagendesign haben die Anzahl der Wechselrichter und der damit verbundenen Anzahl von AC-Sicherungen, AC-Verteiler, DC-Boxen, Überspannungsableiter sowie anderer Komponenten einen unter Umständen großen Einfluss auf die BOS-Kosten.

### 2.3.3 BOS-Komponenten

In folgender Tabelle werden beispielhaft diese Einflussfaktoren aufgelistet, indem die Kosten von BOS-Komponenten für Anlagen mit Fronius Eco 27.0 Wechselrichtern bzw. 60 kW Wechselrichtern eines anderen Herstellers angegeben werden.

Komponenten	Fronius Eco 27.0	60 kW Wechselrichter
DC Combiner Box	€ 150	€ 220
AC Verteiler	€ 500	€ 350
AC-Überspannungsableiter	€ 50	€ 80
AC NH Sicherung	€ 3	€ 5
AC Schalter	€ 700	€ 1 100

Tabelle 2: Kostenübersicht AC/DC + Verteilerboxen

### 2.3.4 BOS-Gesamtkosten

Je nach Distanz der Module zum AC-Verteiler, unterschiedlichen Kabelquerschnitte, der Anlagendesign (zentral oder dezentral), sowie der verwendeten BOS-Komponenten, ergeben sich aus den angeführten Preisen maßgebliche Unterschiede bei den BOS zwischen Anlagen mit Fronius Eco 27.0 und Anlagen mit 60 kW Wechselrichtern.

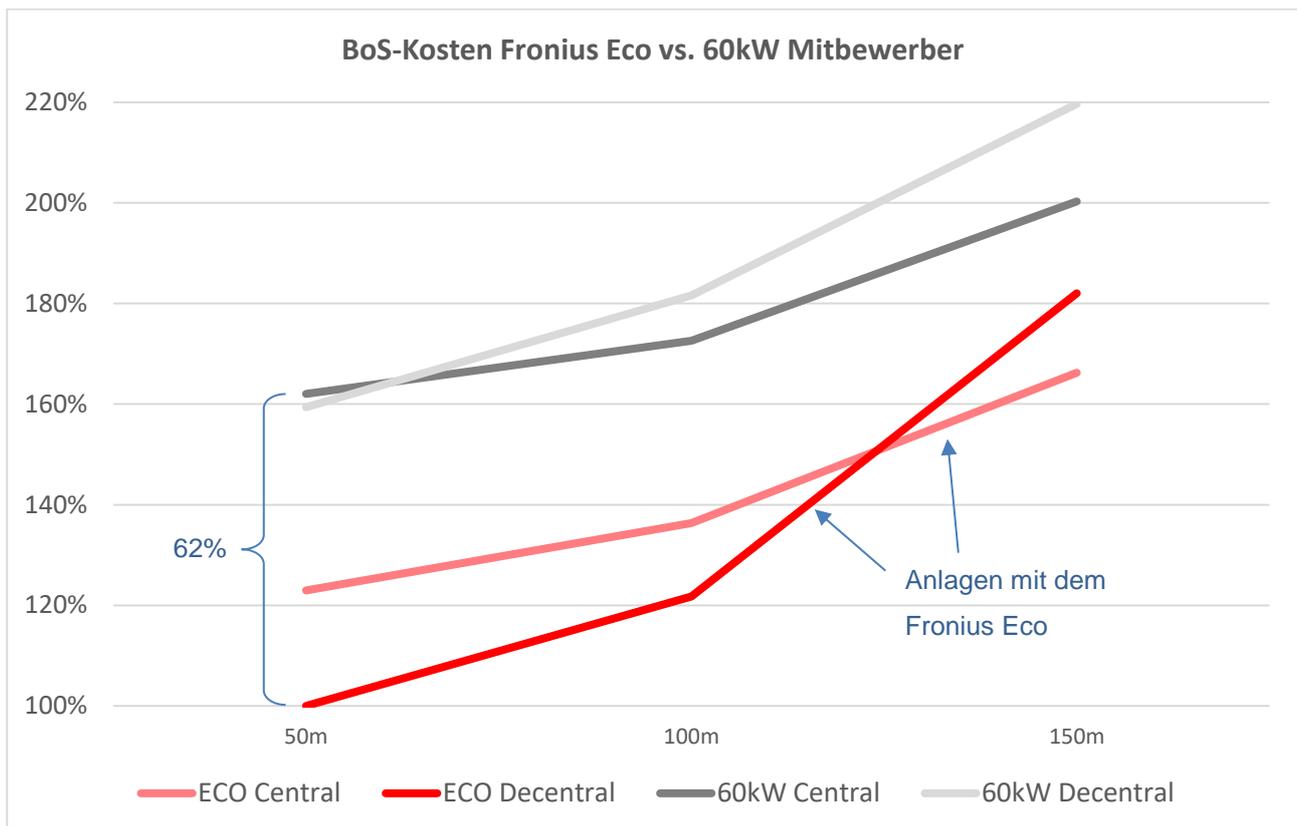


Abbildung 8: Kostenvergleich BOS in Abhängigkeit von Kabellängen

Im Falle der 408 kWp / 350 kVA Beispielanlage ergibt sich ein Kostenvorteil von bis zu **62%** für ein Anlagendesign mit Fronius Eco Geräten, wie in der Abbildung oben ersichtlich.

Ermöglicht wird das durch den dezentralen Einsatz von Fronius Eco Geräten und möglichst kurzen Abständen zwischen Modulen und AC-Verteiler. An dieser Stelle können intelligent Kosten gespart werden.

Das Ganze verglichen mit einer Anlage mit 60 kW Wechselrichtern, zentralem Systemdesign und 100 m Abstand von den Modulen zum AC-Verteiler.

Da das Modul-Montagesystem, die Kabeltassen und das Equipment für den Netzanschluss vom Wechselrichter weitgehend unabhängig sind wird in der folgenden Betrachtung der Unterschied der Kosten für Kabel, AC- und DC-Boxen hervorgehoben.

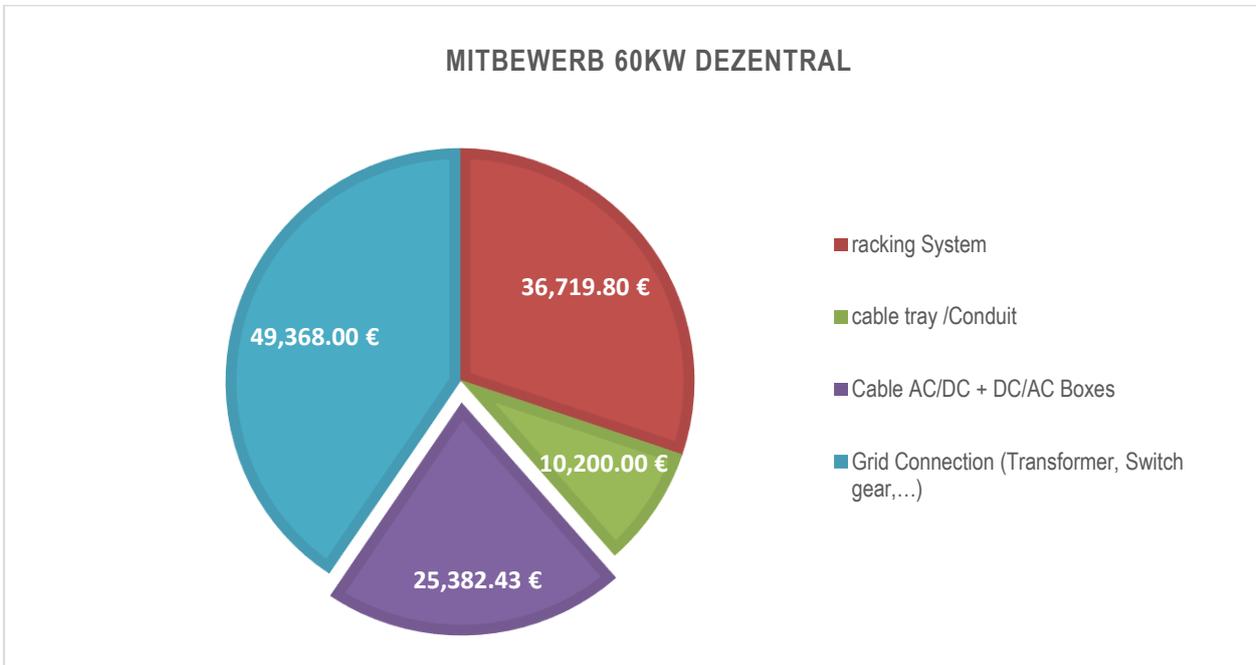


Abbildung 7: BOS-Kosten der 60 kW Mitbewerbs-Wechselrichter Installation

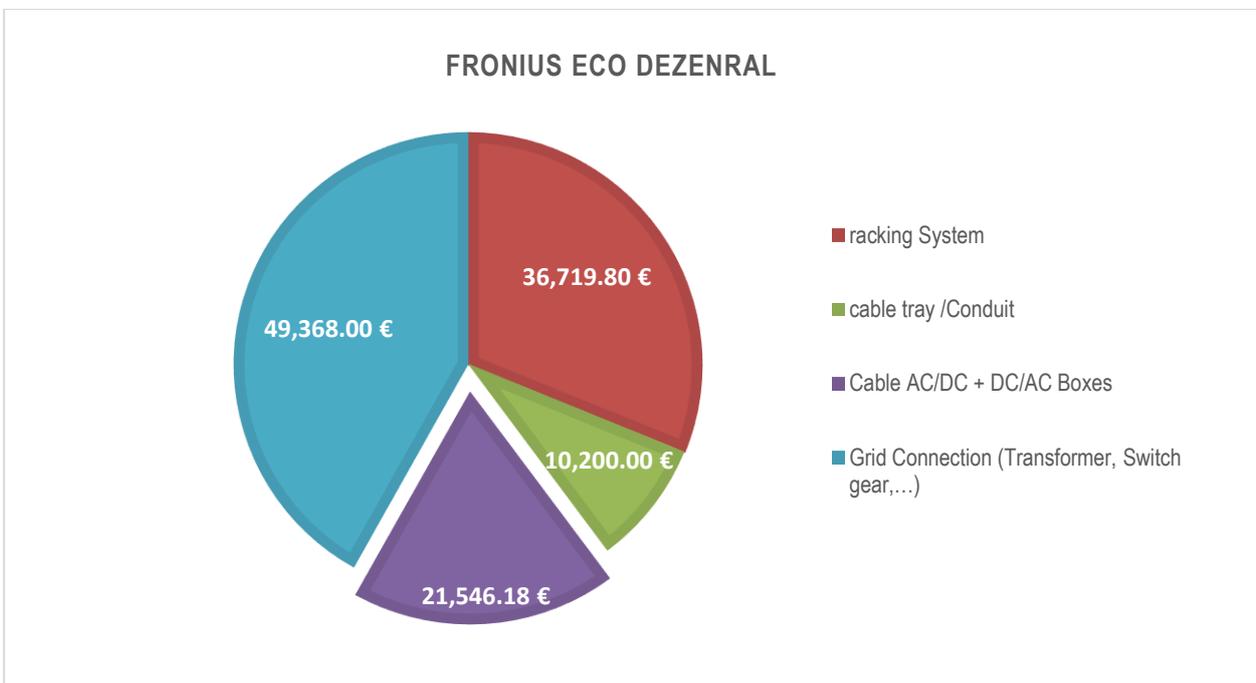


Abbildung 8: BOS-Kosten der Fronius Eco Installation

## 2.4 Ertrag

Aufgrund der unterschiedlichen Systemspannung (AC 400 V, DC bis zu 1.000 V), der unterschiedlichen Leitungslängen sowie den daraus resultierenden Querschnitten ergeben sich unterschiedliche Übertragungsverluste. Je nach Projekt kommt es dadurch zu unterschiedlichen Ergebnissen in Bezug auf den Ertrag der Anlage, welche im Kapitel 4 genauer betrachtet werden.

### 3 ANALYSE DER OPEX

Im Gegensatz zu den Investitionsausgaben unter denen man längerfristige Anlagegüter zusammenfasst (CAPEX), beziehen sich die OPEX (engl.: *operational expenditures*) auf die laufenden Ausgaben für einen funktionierenden operativen Geschäftsbetrieb<sup>2</sup>.

Die OPEX setzen sich zusammen aus geplanten Wartungen und nicht geplanten Servicefällen. Geplante Wartungen werden im Regelfall einmal jährlich durchgeführt, folgende Tätigkeiten fallen unter diesen Begriff:

- Reinigen der Module
- Kontrolle der Kabelverbindungen
- U/I-Kennlinienmessung
- Reinigen des Kühlsystems des Wechselrichters
- Ggf. Thermografie

Für die Analyse der jährlichen OPEX wird der aktiv gekühlte Fronius Eco 27.0 mit einem passiv gekühlten Gerät eines anderen Herstellers verglichen.

		Service-einsätze / Jahr	Anzahl Personen	Dauer [h]	Arbeitsaufwand / Jahr [h]	Kosten Arbeitsstunde [€/h]	[€/Jahr]	[Gesamt €/Jahr]
Passiv gekühltes Gerät	geplante Wartung	2	1	10	20	€ 60	€ 1200	€ 1800
	Service Fälle	0,5	2	10	10	€ 60	€ 600	
Fronius Eco 27 kW (aktiv gekühlt)	geplante Wartung	1	1	10	10	€ 60	€ 600	€ 720
	Service Fälle	0,5	1	4	2	€ 60	€ 120	

Tabelle 3: Übersicht der jährlichen Kosten für Wartung und Service

Die in der Tabelle angeführten Zahlen ergeben sich aufgrund von verschiedene Einflussfaktoren:

- Bei einem passiv gekühlten Wechselrichter müssen die Kühlrippen meist öfter als nur einmal im Jahr gereinigt werden, um Ertragseinbußen durch Staubablagerungen zu verhindern. (Siehe auch Abbildung A2 im Anhang). Beim Fronius Eco, der aktiv gekühlt ist, fällt dieser zusätzliche Serviceaufwand weg. Deshalb wird in der Kalkulation für den passiv gekühlten Wechselrichter mit dem doppelten Serviceaufwand für geplante Wartungen gerechnet.
- Bei den ungeplanten Servicefällen geht die Kalkulation von 0,5 Einsätzen pro Jahr für beide Produkte aus.
- Die Anzahl der Personen, die im Servicefall benötigt wird, variiert. Bei Fronius Wechselrichtern ist beim Serviceeinsatz ggf. ein Vorort-Platinentausch möglich. Das bedeutet, dass nicht der ganze Wechselrichter getauscht werden muss, sondern eine einzelne Person den Service problemlos

<sup>2</sup> <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/opex.html>

durchführen kann. Bei Strangwechselrichtern für den Commercial-Bereich von anderen Herstellern müssen mindestens zwei Personen den Commercial-Wechselrichter austauschen, da ein Handling aufgrund des Wechselrichter-Gewichts alleine nicht möglich ist. Darüber hinaus ist es bei großen Dachanlagen oft nötig, für den Tausch einen Kran bereitzustellen, da das Gerät nicht ohne weiteres über enge Dachleitern getragen werden kann. Das ergibt einen höheren Aufwand an Personal und dadurch erheblich höhere Kosten.

- Der Fronius Eco 27.0 zeigt gegenüber dem Vergleichsgerät (passiv gekühlt) einen Kostenvorteil von über € 1.000 jährlich.

## 4 ENERGIEERTRAG

Um die Wirtschaftlichkeit einer Anlage zu eruieren, ist ein Kostenvergleich der CAPEX und OPEX nicht ausreichend. Der zu erwartende Energieertrag stellt einen ebenso zentralen Faktor dar, der bei der Auswahl eines Wechselrichters miteinbezogen werden sollte. Daraus kann die Rendite oder die Stromgestehungskosten LCOE (engl: levelized costs of energy) eruiert werden. LCOE berechnen sich aus: CAPEX + OPEX über bestimmten Zeitraum dividiert durch Energieertrag (in kWh) über einen bestimmten Zeitraum. LCOE werden typischerweise in c€/kWh angegeben.

Um einen Ertragsvergleich aufzustellen werden zwei Wechselrichter mit möglichst ähnlicher Ausgangsleistung betrachtet. Im konkreten Fall wird im folgenden Teil der Fronius Eco 27.0-3-S (27 kW) mit einem passiv gekühlten 33 kW Gerät eines Mitbewerbers verglichen.

### 4.1 Energieertrag

Für den Vergleich wurde die Simulationssoftware *PV Syst* herangezogen, die die Energieerträge zweier Geräte für die eingangs vorgestellte Dachanlage berechnet hat.

Daten Beispielanlage	
Installierte Generator-Leistung	408 kWp
Installierte AC Leistung	350 kVA
PV-Module	Canadian Solar CS6U-330M
Verwendetes Analysetool	PV Syst

*Tabelle 4: Eckdaten zur Beispielanlage*

Die Performance beschreibt sich im jährlichen Ertrag je installierter kWp der Anlage. Für die zwei verschiedenen Wechselrichter ergibt sich als Ergebnis folgender spezifischer Energieertrag:

	Eco 27 kW (aktiv gekühlt)	33 kW (passiv gekühlt)
<b>T<sub>inv</sub> = 10°C....45°C (0....1000W/m<sup>2</sup>)*</b>	1273 kWh/KWp <b>(+4,17% Mehrertrag)</b>	1222 kWh/kWp

*Tabelle 5: Ergebnis Vergleich spezifischer Energieertrag im PV Syst3*

Beim Vergleich der spezifischen Energieertragswerte zeigt sich ein Mehrertrag vom Fronius Eco 27.0 gegenüber dem 33 kW Mitbewerbsgerät von über 4% im Jahr. So kommt der Fronius Eco auf einen spezifischen Energieertrag von 1.273 kWh/kWp während ein 33 kW passiv gekühltes Gerät auf 1.222 kWh/kWp erzielt. Dieser Unterschied ist in erster Linie auf das unterschiedliche Derating-Verhalten des aktiv gekühlten Fronius und des passiv gekühlten 33 kW Mitbewerbsgerätes zurückzuführen. (Details

---

<sup>3</sup> PV Syst Analyse (Die Temperatur wurde aufgrund der tatsächlichen Einstrahlungswerte in Verona über ein Jahr ermittelt)

zum Leistungs-Derating-Verhalten siehe Grafik A3 im Anhang)

Im Weiteren soll der monetäre Wert für den Energieertrag im Detail berechnet werden. Folgende Daten wurden dafür herangezogen:

Jahresenergieertrag lt. PV .Syst für Fronius Eco	519.000 kWh <sup>4</sup>
Jahresenergieertrag lt. PV Syst für Mitbewerb 60kW	497.300 kWh <sup>5</sup>
Einspeisevergütung	7,9 ct./W <sup>6</sup>

Tabelle 6: Angaben für Energieertragsberechnung

In weiterer Folge werden die Gesamterlöse für den Endkunden pro Jahr und kumuliert dargestellt. Mit dem Punkt „Kosten“ werden sowohl die einmaligen Wechselrichterkosten sowie auch die jährlich anfallenden Servicekosten abgebildet.

Fronius Eco 27.0 mit aktiver Kühlung				
Jahre	Ertrag	Kosten	Erlös	Kumulierter Erlös
1	€ 41,001.00	€ 720.00	€ 40,281.00	€ 40,281.00
2	€ 40,796.00	€ 720.00	€ 40,076.00	€ 80,357.00
3	€ 40,592.02	€ 720.00	€ 39,872.02	€ 120,229.02
4	€ 40,389.05	€ 720.00	€ 39,669.05	€ 159,898.07
5	€ 40,187.11	€ 720.00	€ 39,467.11	€ 199,365.18
6	€ 39,986.17	€ 720.00	€ 39,266.17	€ 238,631.35
7	€ 39,786.24	€ 720.00	€ 39,066.24	€ 277,697.59
8	€ 39,587.31	€ 720.00	€ 38,867.31	€ 316,564.90
9	€ 39,389.38	€ 720.00	€ 38,669.38	€ 355,234.28
10	€ 39,192.43	€ 720.00	€ 38,472.43	€ 393,706.71
11	€ 38,996.47	€ 720.00	€ 38,276.47	€ 431,983.18
12	€ 38,801.48	€ 720.00	€ 38,081.48	€ 470,064.66
13	€ 38,607.48	€ 720.00	€ 37,887.48	€ 507,952.14
14	€ 38,414.44	€ 720.00	€ 37,694.44	€ 545,646.58
15	€ 38,222.37	€ 720.00	€ 37,502.37	€ 583,148.95

Tabelle 7: Gesamterlös für den Endkunden Fronius Eco 27.07

Passiv gekühltes 33kW Gerät eines Mitbewerbers				
Jahre	Ertrag	Kosten	Erlös	Kumulierter Erlös
1	€ 39,289.83	€ 1,800.00 €	€ 37,489.83	€ 37,489.83
2	€ 39,093.38	€ 1,800.00 €	€ 37,293.38	€ 74,783.21
3	€ 38,897.91	€ 1,800.00 €	€ 37,097.91	€ 111,881.12
4	€ 38,703.42	€ 1,800.00 €	€ 36,903.42	€ 148,784.55
5	€ 38,509.91	€ 1,800.00 €	€ 36,709.91	€ 185,494.45
6	€ 38,317.36	€ 1,800.00 €	€ 36,517.36	€ 222,011.81
7	€ 38,125.77	€ 1,800.00 €	€ 36,325.77	€ 258,337.58
8	€ 37,935.14	€ 1,800.00 €	€ 36,135.14	€ 294,472.72
9	€ 37,745.47	€ 1,800.00 €	€ 35,945.47	€ 330,418.18
10	€ 37,556.74	€ 1,800.00 €	€ 35,756.74	€ 366,174.92

<sup>4</sup> Energieertrag PV Syst Analyse Software für Standort Mitteleuropa/Norditalien

<sup>5</sup> Energieertrag PV Syst Analyse Software für Standort Mitteleuropa/Norditalien

<sup>6</sup> Gewählt aufgrund der aktuellen ÖMAG Vergütung 2017 in Österreich

<sup>7</sup> Berechnung Fronius (der Jahresenergieertrag wurde pro Jahr um 0.5% gesenkt)

11	€ 37,368.95	€ 1,800.00 €	€ 35,568.95	€ 401,743.88
12	€ 37,182.11	€ 1,800.00	€ 35,382.11	€ 437,125.99
13	€ 36,996.20	€ 1,800.00	€ 35,196.20	€ 472,322.19
14	€ 36,811.22	€ 1,800.00	€ 35,011.22	€ 507,333.40
15	€ 36,627.16	€ 1,800.00	€ 34,827.16	€ 542,160.57

Tabelle 8: Gesamterlös für den Endkunden Erträge 33 kW Gerät

Der Fronius Eco 27.0 hat gegenüber dem Vergleichsgerät (passiv gekühlt) einen Kostenvorteil von über € 1.000 jährlich. Das bedeutet, die kumulierten OPEX Kosten für das Fronius Gerät belaufen sich auf etwa € 10.800 während für das Mitbewerbsgerät mit € 27.000 ausgegangen werden kann. Eine Differenz von € 16.200!

Zusätzlich ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Performance bzw. Derating-Verhalten ein Vorteil beim Ertrag des Fronius Eco, wie in nachstehender Grafik verdeutlicht.

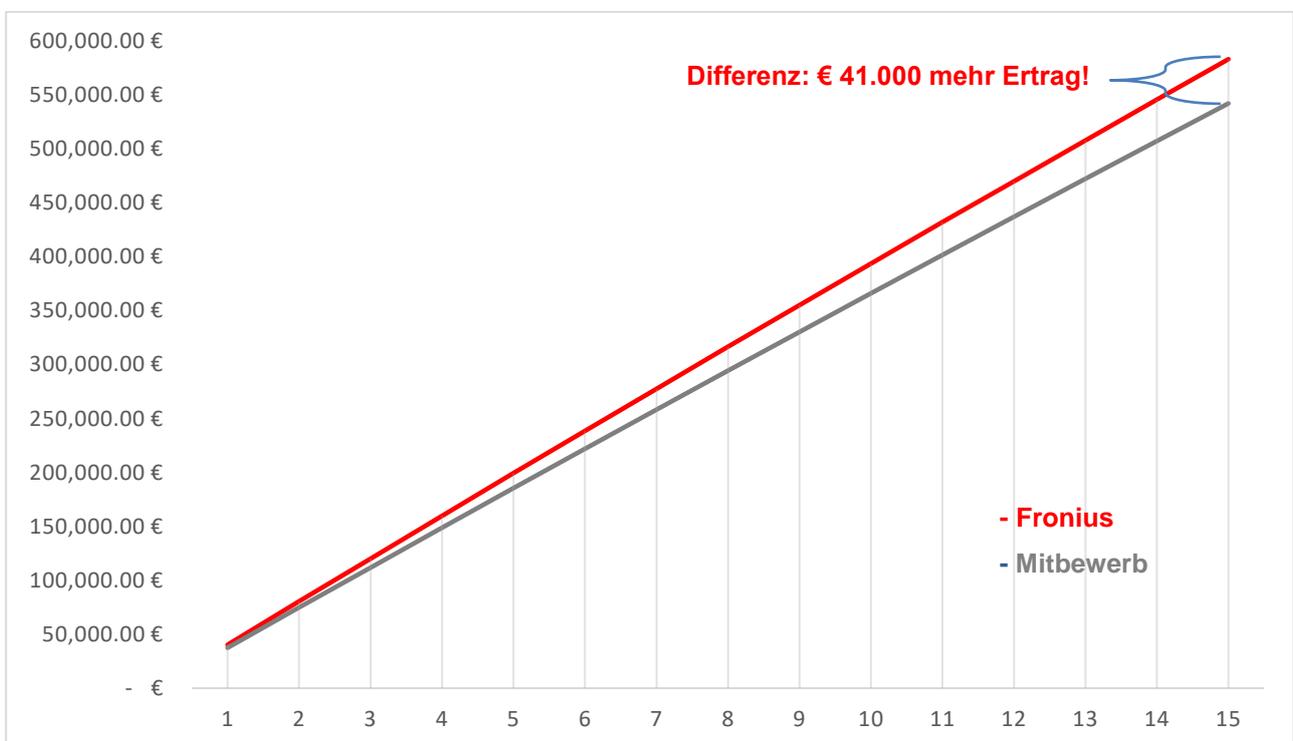


Abbildung 9: Entwicklung der Gesamterlöse über 15 Jahre

Über 15 Jahre gerechnet ergibt sich somit in Summe ein kumulierter Mehrerlös von € 41.000 für den Fronius Eco 27.0 im Vergleich zum Mitbewerbsgerät.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Analyse setzte sich zum Ziel, verschiedene wichtige Faktoren zu erklären und anhand von Beispielberechnungen aufzuzeigen, dass die Wahl des richtigen Wechselrichters langfristige Konsequenzen für die Kosten, Erträge bzw. folglich auf die Rendite der PV-Anlage hat.

Die herangezogenen Beispielberechnungen führten zu folgenden Erkenntnissen:

Sowohl die Leistungsklasse des Wechselrichters als auch das Anlagendesign haben einen maßgeblichen Einfluss auf die BOS. Im Vergleich zeigte sich, dass ein dezentral eingesetzter Fronius Eco 27.0 bei kurzer Distanz von den Modulen zum AC-Verteiler die günstigste Lösung darstellt. Im Vergleich zu Lösungen mit einem 60 kW Mitbewerbsgerät konnte eine **Kostenersparnis** von bis **62%** in einem Teilbereich der BOS Kosten berechnet werden.

Die Wahl des Wechselrichters entscheidet über die anfallenden Servicekosten während der gesamten Betriebsdauer und somit über die Höhe der OPEX. Faktoren wie die aktive oder passive Kühlung oder aber auch das Platinentauschkonzept von Fronius, das einen besonders effizienten und kostengünstigen Service ermöglicht, sind der Grund für die Ergebnisse der Berechnungen: Der Fronius Eco 27.0 hat gegenüber dem Vergleichsgerät (passiv gekühlt) einen Kostenvorteil von über € 1.000 jährlich.

Kombiniert mit dem Energieertrag, der für den Fronius Eco 27.0 und das Vergleichsgerät mit 33 kW mithilfe des Simulationstools PV Syst berechnet wurde, zeigt sich in den Berechnungen, dass der Fronius Eco 27.0 über eine Laufzeit von 15 Jahren ein Plus im **Gesamterlös** für den Endkunden von **€ 41.000** im Vergleich zum 33 kW Mitbewerbsgerät erbringt.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass im Fall des Fronius Eco 27.0 eine Analyse sämtlicher Kosten und Erträge eine deutliche Kostenersparnis bringt. Die Betrachtung der Wechselrichteranschaffungskosten alleine führt zu einer falschen Einschätzung der Kosten und Rentabilität einer PV-Anlage.

### Rückfragehinweis:

Autor: Jürgen HÜRNER, +43 (7242) 241 2430, [huerner.juergen@fronius.com](mailto:huerner.juergen@fronius.com), Froniusplatz 1, 4600 Wels, Austria

Fachpresse: Andrea SCHATNER, +43 664 88536765, [schartner.andrea@fronius.com](mailto:schartner.andrea@fronius.com), Froniusplatz 1, 4600 Wels, Austria.

## 6 ANHANG

### 6.1 CAPEX Beispielanlage im Detail

	€/Wp	[Wp]			
<b>System size rooftop</b>		<b>408 000</b>			
PV-Module	0.400 €	163 200.00 €	<b>Module</b>	<b>163 200.00 €</b>	<b>44.4%</b>
Aufständering	0.090 €	36 719.80 €	<b>BOS</b>	<b>120 120.55 €</b>	<b>32.6%</b>
Kabelassen	0.025 €	10 200.00 €			
AC/DC Verkabelung, AC/DC Verteilerboxen	0.058 €	23 832.75 €			
Netzanbindung	0.121 €	49 368.00 €			
Montage DC-Verbindung (Kabel, Aufständering)	0.090 €	36 720.00 €	<b>Arbeit</b>	<b>49 980.00 €</b>	<b>13.6%</b>
Montage AC Verbindung (Kabel, Verteilerboxen)	0.020 €	8 160.00 €			
Montage Wechselrichter	- €	- €			
Engineering	0.010 €	4 080.00 €	<b>Wechselrichter</b>	<b>34 680.00 €</b>	<b>9.4%</b>
Projekt-Management	0.003 €	1 020.00 €			
Wechselrichter	0.080 €	32 640.00 €			
Monitoring - System	0.005 €	2 040.00 €			
Risiko Buffer	0.030 €	12 240.00 €			
<b>Gesamt</b>	<b>0.93 €</b>	<b>380 220.55 €</b>			

Tabelle A1: CAPEX Beispielanlage

Die Kosten der Berechnung auf Basis einer 1,6 MW Anlage, die 2017 in Österreich.

### 6.2 Auszug aus Betriebsanleitung des Vergleichsgerätes für die Berechnung der OPEX

Routine Maintenance Checklist		
Check Item	Check Method	Maintenance Interval
System cleaning	Check periodically that the heat sink is free from dust and blockage. Turn off the DC switch and then turn it on at night to clean the oxide off the switch.	6 months to annually.
System running status	Check that the SUN2000 is not damaged or deformed. Check for normal sound emitted during operation of the SUN2000. Check that all SUN2000 parameter settings are correctly set during operation.	6 months
Electrical Connections	Check that cables are securely connected. Check that cables are intact and the parts in contact with a metallic surface are not scratched. Check that the idle RS485 and USB ports are covered by waterproof caps.	6 months
Grounding reliability	Check that PGND cables are securely connected.	6 months

Abbildung A2: Bedienungsanleitung des 33 kW Vergleichsgerätes des Mitbewerbers (Auszug)

### 6.3 Leistungsderating-Verhalten im Vergleich

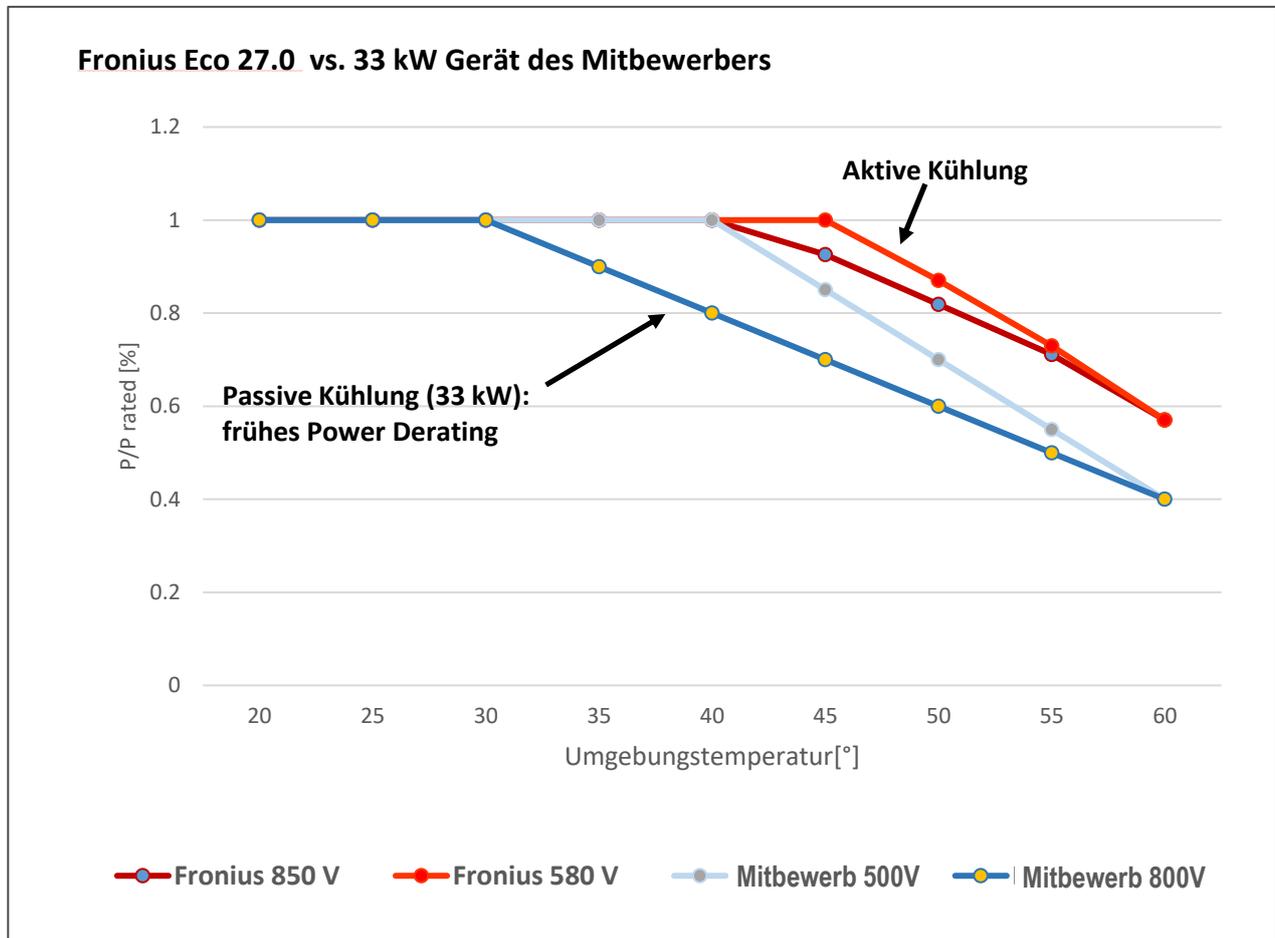


Abbildung A3: Derating-Verhalten von aktiv und passiv gekühlten Geräten

Quelle: Mitbewerber