



# **IMPLICATIONS OF DIFFERENT STRING LENGTHS FOR AN MPP TRACKER**

**Relevance of mismatch losses and effects on the total energy yield for commercial photovoltaic systems**

© Fronius International GmbH

Version V1.0 11/2021

Solar Energy

Authors: Peter Schmidhuber, Jasmin Gross

Fronius reserves all rights, in particular rights of reproduction, distribution and translation. No part of this document may be reproduced, in any form whatsoever, or stored, processed, duplicated or disseminated with the aid of electronic systems, without the written consent of Fronius. You are hereby reminded that the information published in this document, despite the greatest care being exercised in its preparation, is subject to change and that neither the author nor Fronius can accept any legal liability. Gender-specific wording refers equally to the male and female form.

# TABLE OF CONTENTS

- 1     **Introduction** .....4
  
- 2     **Occurrence of mismatch losses** .....5
  
- 3     **Simulation**.....7
  - 3.1    Ideal situation example: 14 strings each with 21 PV modules .....7
  - 3.2    13 strings each with 21 PV modules | 1 string with 22 PV modules.....8
  - 3.3    5 strings each with 21 PV modules | 9 strings each with 22 PV modules .....10
  - 3.4    1 string with 21 PV modules | 13 strings each with 22 PV modules.....11
  - 3.5    Overview .....12
  
- 4     **Conclusion** .....13
  
- 5     **Appendix**.....15
  
- 6     **List of figures** .....19
  
- 7     **List of tables**.....19

# 1 INTRODUCTION

It is important to pay attention to general design rules in PV module string design and the planning of PV systems. However, some design rules state that only an equal number of PV modules should be connected to an MPP tracker so that losses can be excluded. Due to advances in modern technology, this guideline no longer applies in some cases.

Local requirements and individual conditions mean that a completely symmetrical string arrangement on roofs is sometimes not possible. As a result, the roof surface often does not permit an equal number of PV modules from strings connected in parallel. In the case of inverters with an MPP tracker, according to the aforementioned design rule, this would mean that the entire string would have to be omitted. However, omitting an entire string can lead to a loss of several kWp in the commercial sector.

It is not only spatial conditions that often hinder symmetrical string arrangement. Due to local conditions or visual expectations, a very specific number of PV modules sometimes need to be implemented.

In this document, the actual effects of a string configuration with unequal lengths is shown. Using the PV\*SOL configuration tool, the effects of PV module strings connected in parallel with different lengths are analyzed.

Contrary to the general presumption that “mismatch losses” minimize the total energy yield of a PV system, it can be shown based on calculations that varying string lengths are certainly possible and also useful, as only the additional PV modules would experience any yield losses. However, ultimately the additional PV modules would deliver a higher yield for the installation overall.

## 2 OCCURRENCE OF MISMATCH LOSSES

As the name suggests, the Maximum Power Point Tracker (MPPT) in an inverter attempts to continuously find the operating point with the maximum output of the connected PV generator and operate it at this point. If the generator is permanently operated at its MPP, it generates maximum yield.

A PV generator often consists of more than one PV module string. The PV module strings can also have various MPPs due to different alignment, inclination, and number of PV modules. In the case of different MPPs, the MPP tracker attempts to adjust the PV generator to the operating point that delivers the maximum output for all PV modules and strings connected to a tracker. As not every string can be operated at its individual optimum operating point, this can lead to energy losses compared to theoretically recoverable energy. These losses are called mismatch losses.

In general, every PV system exhibits low mismatch losses, as all conditions for two completely identical PV strings can never prevail (for example, the PV modules themselves always differ slightly).

The term mismatch losses is used frequently in the context of different string configurations. Situations in which a deviation in the strings is created deliberately within a PV generator - either through different alignment of the PV modules or a different number of PV modules in the string.

The following figure shows an example of an installation where one string out of a total of 14 strings has intentionally been expanded by a single PV module. In comparison to the other 13 strings, this string consists of 22 instead of 21 PV modules. However, the 14 strings are all connected to one MPPT.

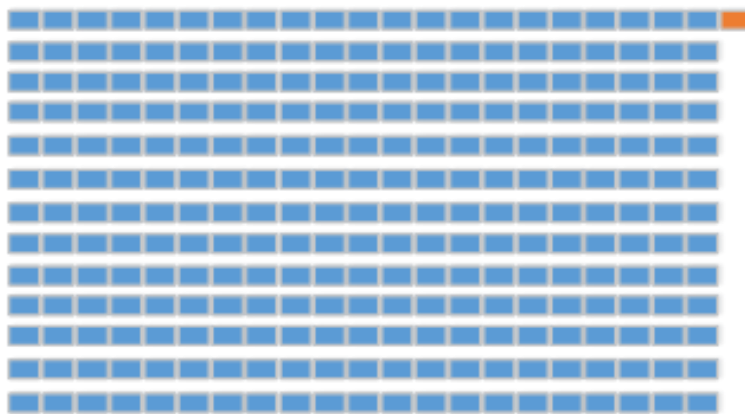


Figure 1: One of a total of 14 strings has 22 instead of 21 PV modules

In the graph below, it can be seen that at full irradiation, the one longer string with 22 PV modules (red curve), has a somewhat higher voltage (904 V) at MPP than the shorter strings (blue curve, 864 V). If all strings are considered together, this produces the green line. The green line is the curve on which the MPP tracker of an inverter searches for the optimum operating point and finds it at 864 V. This means that all strings are operated at 864 V.

As a result, the short strings (blue curve) are operated at their ideal MPP and the red string, which deviates due to its configuration, is operated slightly outside its MPP. Operating the long string outside its ideal operating point leads to mismatch losses for this individual string. **However, this does not lead to any power reduction for the other strings.**

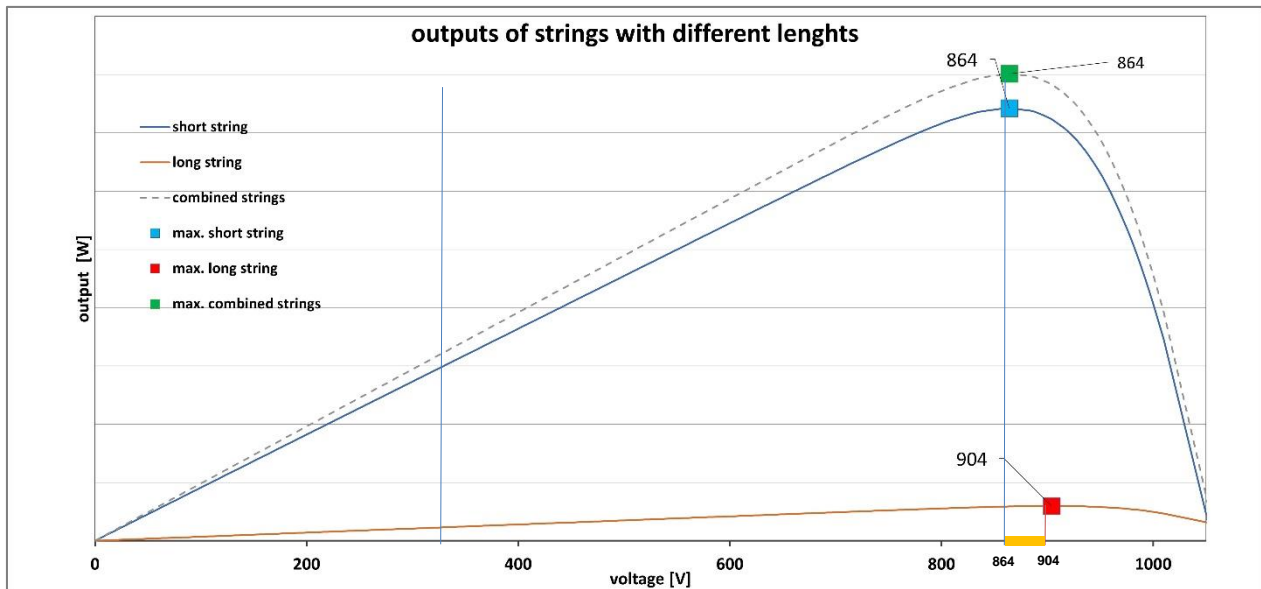


Figure 2: Optimum operating point for strings of different lengths within a PV system

## 3 SIMULATION

The effects of different string lengths from PV module strings connected in parallel are analyzed using PV\*SOL. Targeted analyses are carried out to check whether a configuration with one more or one less PV module in a string is possible and useful with respect to the total energy yield and losses.

In the following chapters, a PV system is simulated which, depending on the example, has a different string configuration. In the simulation example, a Tauro Eco 100-3-D is used with Jinko Tiger Pro JKM440-60HL 4-(V) PV modules, which are arranged in a southerly direction with an inclination of 20°. The assumed geographical location is Kremsmünster in Austria.

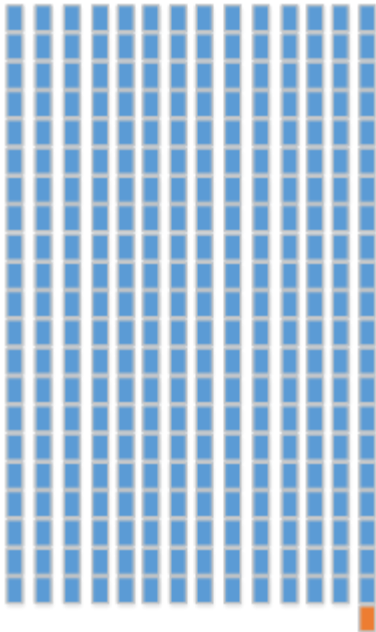
Up to 22 strings can be connected in parallel to a Tauro Eco 100-3-D. In this simulation example, a configuration of 14 parallel strings each with 21 PV modules is assumed to be the ideal situation and is compared with deviating string configurations.

### 3.1 Ideal situation example: 14 strings each with 21 PV modules

In this example, all strings are assumed to each have 21 PV modules. This results in mismatch losses, as expected. The PV system calculated with PV\*SOL as an example delivers a total energy yield of **147,482.58 kWh** per year.

As this example 1 corresponds to the ideal situation in the above mentioned design guideline, this example 1 is referred to as a baseline for comparison purposes in the chapters that follow.

### 3.2 13 strings each with 21 PV modules | 1 string with 22 PV modules



In this example, the same initial situation in the preceding ideal situation example is considered.

The sole difference is that in this situation, an individual string has 22 instead of 21 PV modules. The PV system therefore consists of a total of 14 PV module strings. 13 strings each have 21 PV modules and the last string has 22 PV modules. This means that one of the 14 strings deviates from the general string configuration of the PV system. This additional PV module causes the ideal operating point of this longer string to be different from that of the other strings.

Figure 3: String configuration with a deviating string with 22 PV modules

In this case, according to PV\*SOL, mismatch losses amounting to 0.14% of the annual yield occur. The losses result from the longer string being operated outside the ideal MPP. As can be seen in the following graph, the entire system is operated at the MPP voltage level of the main strings.

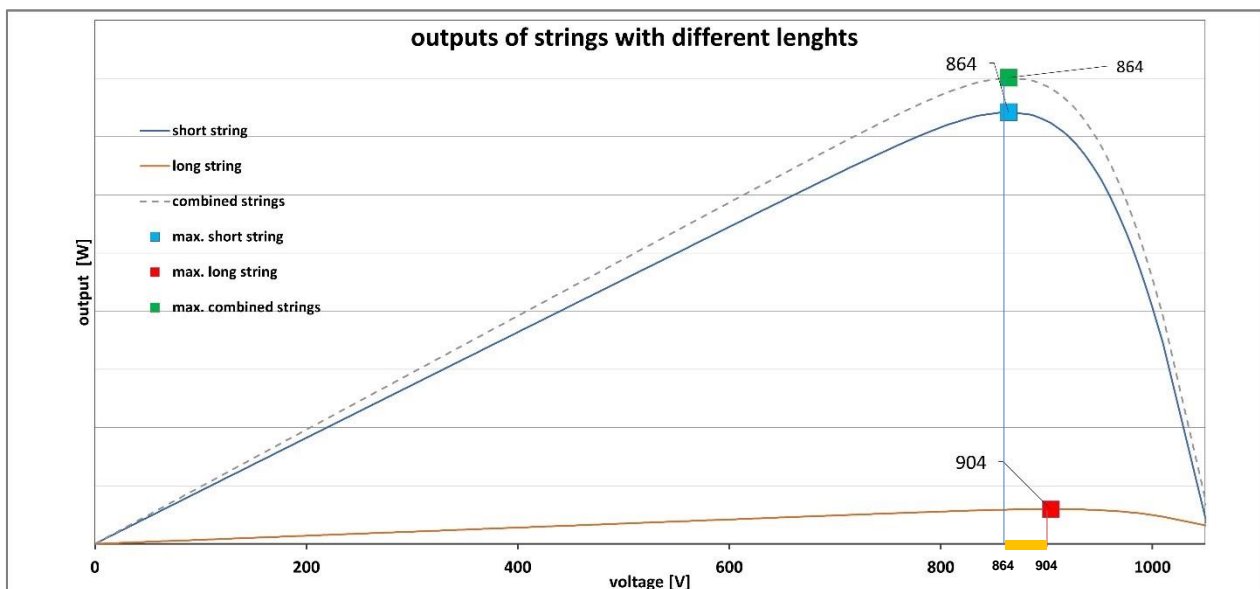


Figure 4: Ideal operating point of the PV system with one longer string



In this string configuration, a total energy yield of 147,721.73 kWh is generated. Due to the additional PV module in the last string, **239.15 kWh more** can be produced per year than in “ideal example 1” despite mismatch losses.

To ascertain the actual influence of the mismatch losses that occur, the yield of the single, additional 440 W PV module must be looked at more closely. In this case, it can be determined that this additional PV module could potentially deliver 501.6 kWh per year. In the calculation example, however, this PV module delivers just 48% of the potential energy.

Thus, 52% of the PV module’s potential energy yield cannot be used in this example situation. In this case, it should be carefully assessed whether the additional yield generated by the PV modules can outweigh the additional cost of the PV module.

$$\text{annual energy yield} * \text{electricity price} = 240 \frac{\text{kWh}}{\text{year}} * 0.08 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 19,2 \frac{\text{€}}{\text{year}}$$

If you compare the annual yield of the PV module with the feed-in tariff, this PV module generates a profit of €19.20 per year provided that the total yield of the PV system is fed into the grid.

If the yield of the PV system in the example is used for self-consumption within the company, the additional PV module alone would generate a profit of €48.

$$\text{annual energy yield} * \text{electricity price} = 240 \frac{\text{kWh}}{\text{year}} * 0.20 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 48, - \frac{\text{€}}{\text{year}}$$

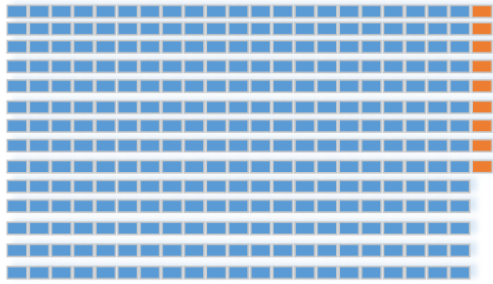
Depending on the application area, this additional PV module<sup>1</sup> would pay for itself in between 2.5 and 6.25 years.

This clearly shows that even if only 48% of the potential energy generated by an additional PV module can be used in this example situation, investment in this additional PV module is worthwhile. After all, an additional PV module produces an **additional yield of 4800 kWh** over the entire service life of the PV system.

---

<sup>1</sup> Assumed PV module price €120

### 3.3 5 strings each with 21 PV modules | 9 strings each with 22 PV modules



As can be seen from this example, the greater the inequality, the greater the mismatch losses. In the case of 5 strings with 21 PV modules and 9 strings with 22 PV modules, PV\*SOL calculates mismatch losses amounting to 0.82% of the annual yield.

Figure 5: String configuration with nine deviating strings each with 22 PV modules

This example shows the string configuration that leads to the highest losses compared with the ideal situation example. However, if you compare the total energy yield of this system with the ideal situation example, you will see that despite the evident mismatch losses, an additional yield of 2560.73 kWh is generated.

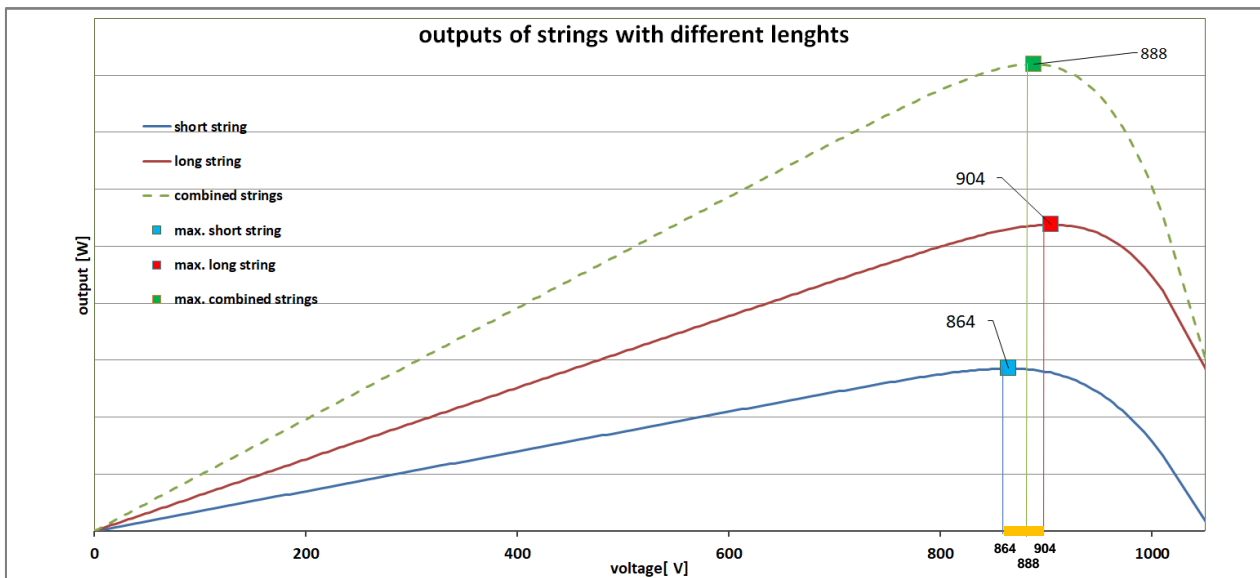
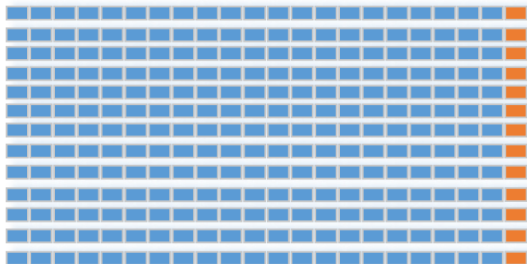


Figure 6: Ideal operating point of the example involving 5 strings each with 21 PV modules and 9 strings each with 22 PV modules

### 3.4 1 string with 21 PV modules | 13 strings each with 22 PV modules



As soon as just 1 string deviates from the other 13 strings, the smallest mismatch losses result compared to the ideal design. These are only at 0.35% of the annual yield.

Figure 7: String configuration with 13 deviating strings each with 22 PV modules

In this situation example, the reverse of example 2 is shown. One string is only one PV module shorter than the 13 other strings. This results in the 13 strings of the same length being operated at their ideal operating point and only the shorter one outside it. The deviation in percent is higher in this case than in the reverse example from chapter 3.2, as the short string is operated at a higher voltage. The PV curve drops faster on the right side (higher voltage) than on the left side of the MPP (lower voltage), therefore the losses are higher when the operating point is at a higher voltage than the MPP.

Despite mismatch losses, the 13 additional PV modules deliver an additional yield of 4693.42 kWh per year.

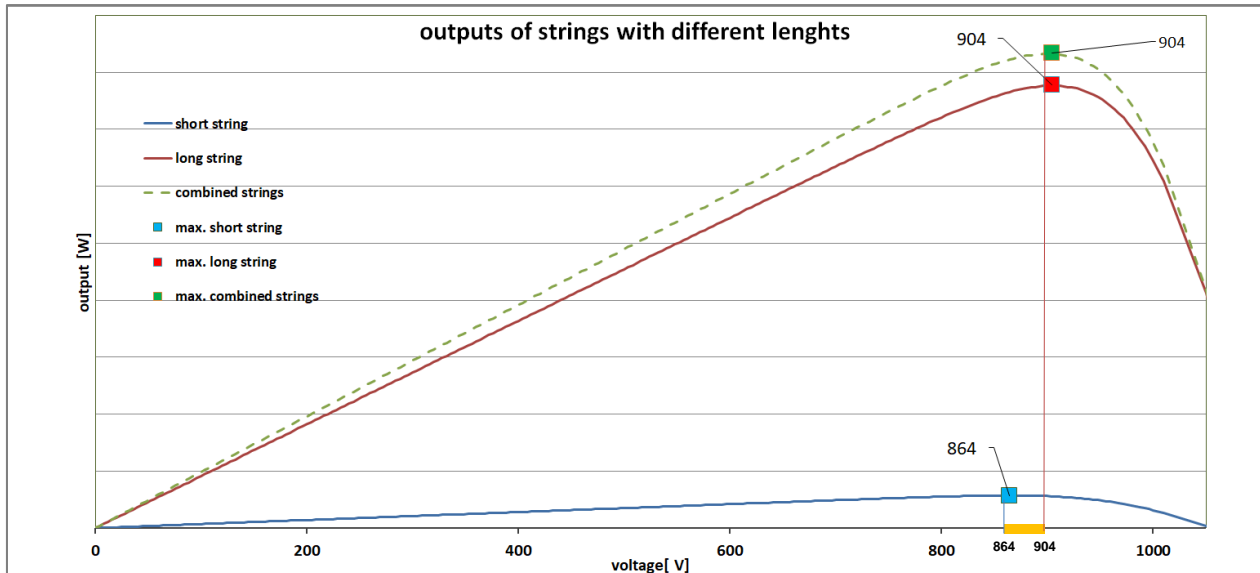


Figure 8: Ideal operating point of the situation example involving 1 string with 21 PV modules and 13 strings each with 22 PV modules

### 3.5 Overview

In general, the simulation shows that the inequality in the string configuration leads to mismatch losses but at the same to an additional yield. Depending on the severity of the deviation, different levels of mismatch losses result. The following tables show a list of different string configurations and their influence on the total yield of the PV system.




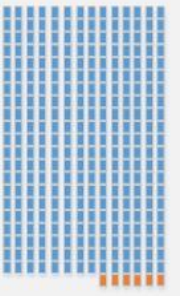
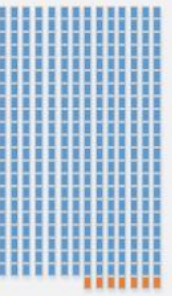
Beispiel	14 Stränge à 21 Module	13 Stränge à 21 Module 1 Strang à 22 Module	12 Stränge à 21 Module 2 Stränge à 22 Module	8 Stränge à 21 Module 6 Stränge à 22 Module	7 Stränge à 21 Module 7 Stränge à 22 Module
Strangkonfiguration					
PV-Gesamtertrag pro Jahr	147.482,58 kWh	147.721,73 kWh	147.960,43 kWh	149.028,16 kWh	149.362,75 kWh
Mismatch-Verluste	0 %	0,14 %	0,28 %	0,70 %	0,75 %
Mehrertrag pro Jahr	0 kWh	239,15 kWh	477,85 kWh	1545,58 kWh	1880,17 kWh

Table 1: Results overview 1 different string configuration


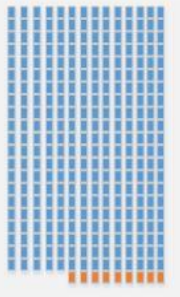



Beispiel	6 Stränge à 21 Module 8 Stränge à 22 Module	5 Stränge à 21 Module 9 Stränge à 22 Module	4 Stränge à 21 Module 10 Stränge à 22 Module	2 Stränge à 21 Module 12 Stränge à 22 Module	1 Strang à 21 Module 13 Stränge à 22 Module
Strangkonfiguration					
PV-Gesamtertrag pro Jahr	149.696,80 kWh	150.043,31 kWh	150.471,66 kWh	151.491,18 kWh	152.176,00 kWh
Mismatch-Verluste	0,80 %	0,82 %	0,78 %	0,58 %	0,35 %
Mehrertrag pro Jahr	2214,22 kWh	2560,73 kWh	2989,08 kWh	4008,60 kWh	4693,42 kWh

Table 2: Results overview 2 different string configurations

## 4 CONCLUSION

In general, it could be determined from the simulation that the greater the inequality in the string configuration, the greater the losses as a result.

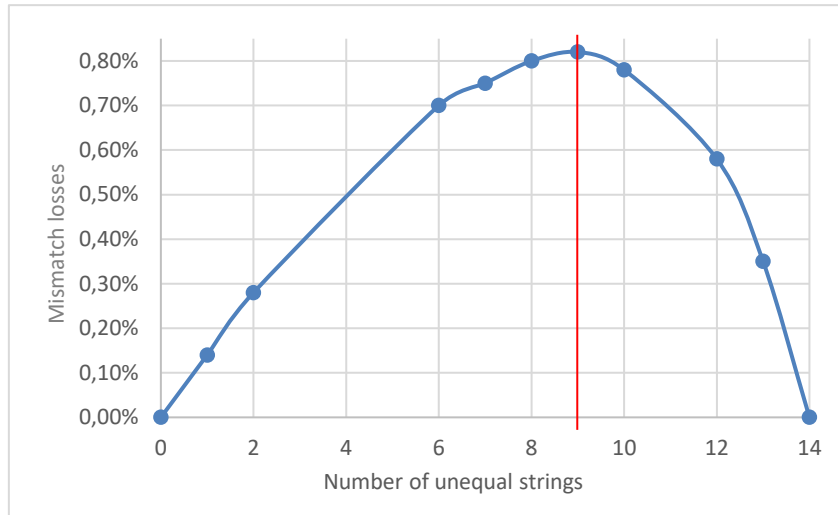


Figure 9: Mismatch losses as a function of the number of unequal strings

The greatest mismatch losses do not result - as might be assumed - from half of the total strings, but at 9 to 5 unequal strings. In this case, this is due to the configuration of the strings and can change depending on the circumstances. In general, **the greater the number of unequal strings, the greater the losses.**

### However:

As the examples clearly show, a deviation by a single PV module in a string of a 100 kW inverter, by way of example, **is negligible** in terms of losses. What's more, the total energy yield always increases as soon as a PV module is added.

The general assumption that an additional PV module reduces the total energy yield of the PV system is actually incorrect. The fact is that the deviating strings are not operated at the ideal MPP and this leads to mismatch losses. Therefore, the additional PV modules are only effectively used to a part of the potential power that they would deliver in an optimum string configuration.

As the following chart shows, these additional PV modules (red area) lead to **additional yield** despite mismatch losses.

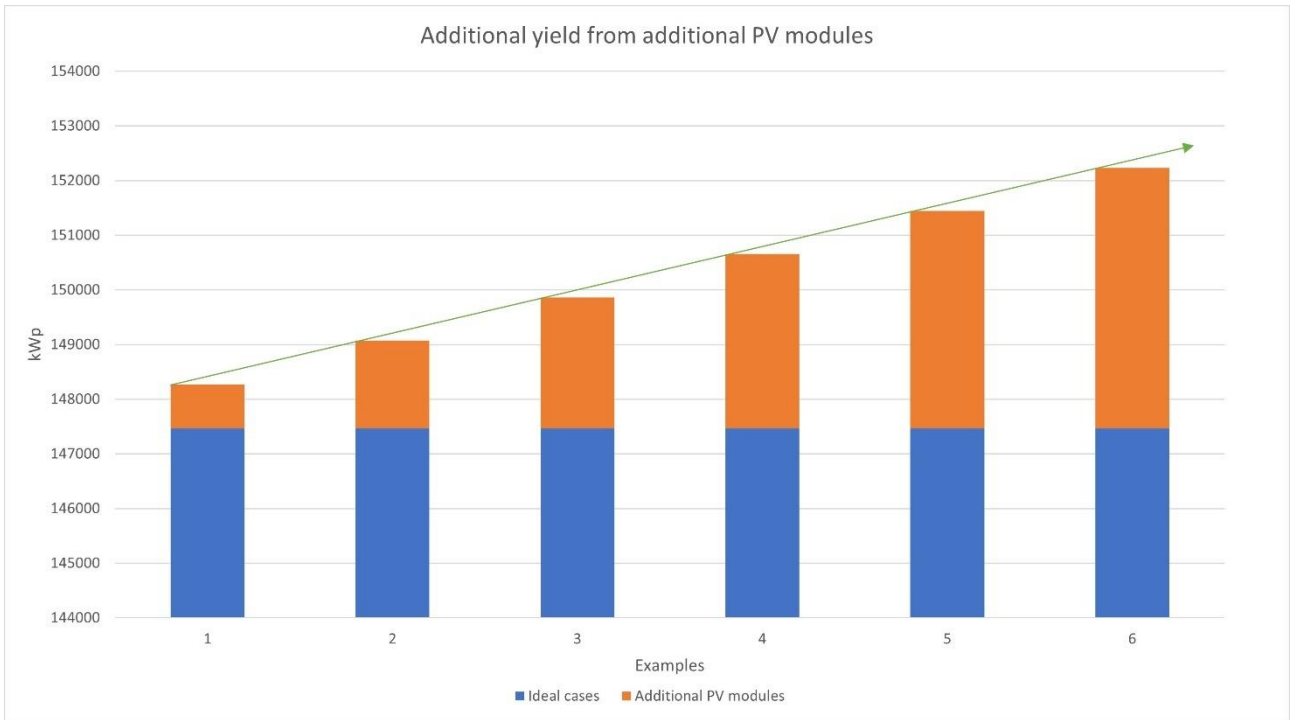


Figure 10: Yield increase from additional PV modules despite mismatch losses

Even with several additional PV modules, the total amount of energy from the system does **not** decrease, only the effectiveness of the additional PV module is reduced. This can be seen in the chart, as the green line flattens out somewhat compared to the blue line (= ideal configuration).

The fewer unequal strings there are, the better this ratio. This explains why the deviation in the amount of energy lessens if more and more strings receive an additional PV module. **However, an additional PV module will always lead to additional PV yield and will not reduce the total yield.**

# 5 APPENDIX

## Example 1: 14 strings each with 21 PV modules

### Ergebnisse

- Überblick
- Simulation
  - Diagrammeditor
  - Energiefluss-Grafik
  - Etragsprognose
  - Etragsprognose pro Wechselrichter
  - Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter
  - Einstrahlung pro Modulfläche
  - PV Energie über Betrachtungszeitraum
  - Temperatur pro Modulfläche
  - Energiebilanz PV-Anlage
- Wirtschaftlichkeit
  - Cashflow Tabelle
  - Kumulierter Cashflow

<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1 114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Abweichung vom Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup>	0,60 %
Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup>	13,15 %
Abschattung	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup>	-1,05 %
<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1 242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1 242,30 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 634,453 m <sup>2</sup>	
	= 788 183,18 kWh	
<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>788 183,18 kWh</b>	
Versmutzung	0,00 kWh	0,00 %
STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-627 461,90 kWh	-79,61 %
<b>PV Nennenergie</b>	<b>160 721,29 kWh</b>	
Schwachlichtverhalten	-207,88 kWh	-0,13 %
Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2 157,60 kWh	-1,34 %
Dioden	-791,78 kWh	-0,50 %
Mismatch (Herstellangaben)	-3 151,28 kWh	-2,00 %
Mismatch (Verschaltung/Abschattung)	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>154 412,75 kWh</b>	
Unterschreitung der DC-Startleistung	-10,29 kWh	-0,01 %
Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-5,60 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. AC-Leistung/cos phi	-3 221,45 kWh	-2,09 %
MPP Anpassung	-45,35 kWh	-0,03 %
<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>151 130,05 kWh</b>	
<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>151 130,05 kWh</b>	
Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-406,52 kWh	-0,27 %
DC/AC-Wandlung	-3 240,95 kWh	-2,15 %
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,28 kWh	-0,05 %
Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>147 414,30 kWh</b>	
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz)</b>	<b>147 482,58 kWh</b>	

**Projektdaten**

Projekttitel  
Angebotsnummer  
Bearbeiter In  
Inbetriebnahme

23.08.2021

---

**Anlagenart, Klima und Netz**

Anlagenart  
Klimadaten  
Zeitschritt der Simul...  
AC-Netz  
Einspeiseabregelung

Netzgeoppelte PV-Anlage  
Kernmuster, ALUT  
1 min  
230 V, 3-phasig, cos phi = 1  
Nein

---

**PV-Module**

Modulfläche  
Moduldaten  
Hersteller  
Modulanzahl  
PV-Generatoreistung  
Neigung  
Ausrichtung  
Einbausituation

Süd  
Tiger Pro 30M40M-60H4-0  
Jinko Solar  
294  
129,36 kWp  
20°  
180°  
Aufgeständert - Dach

---

**Wechselrichter**

Gesamtleistung  
Modulfläche  
Wechselr. 1  
Anzahl  
Hersteller  
Verschaltung

100 kW  
Süd  
Tauro Eco 100-3-D  
1  
Fronius International  
MPP 1:  
13 x 21

---

**Wirtschaftlichkeit**

Investitionskosten  
Einspesetarife

1 500,00 €/kWp  
Okostromgesetz 2012 - Gebäu...

## Example 2: 13 strings each with 21 PV modules | 1 string with 22 PV modules

### Ergebnisse

- Überblick
- Simulation
  - Diagrammeditor
  - Energiefluss-Grafik
  - Etragsprognose
  - Etragsprognose pro Wechselrichter
  - Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter
  - Einstrahlung pro Modulfläche
  - PV Energie über Betrachtungszeitraum
  - Temperatur pro Modulfläche
  - Energiebilanz PV-Anlage
- Wirtschaftlichkeit
  - Cashflow Tabelle
  - Kumulierter Cashflow

<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1 114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Abweichung vom Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup>	0,60 %
Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup>	13,15 %
Abschattung	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup>	-1,05 %
<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1 242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1 242,30 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 636,611 m <sup>2</sup>	
	= 790 864,08 kWh	
<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>790 864,08 kWh</b>	
Versmutzung	0,00 kWh	0,00 %
STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-629 596,12 kWh	-79,61 %
<b>PV Nennenergie</b>	<b>161 267,96 kWh</b>	
Schwachlichtverhalten	-208,59 kWh	-0,13 %
Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2 164,93 kWh	-1,34 %
Dioden	-794,47 kWh	-0,50 %
Mismatch (Herstellangaben)	-3 162,00 kWh	-2,00 %
Mismatch (Verschaltung/Abschattung)	-220,28 kWh	-0,14 %
<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>154 717,69 kWh</b>	
Unterschreitung der DC-Startleistung	-10,11 kWh	-0,01 %
Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-5,35 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. AC-Leistung/cos phi	-3 280,58 kWh	-2,12 %
MPP Anpassung	-45,43 kWh	-0,03 %
<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>151 376,22 kWh</b>	
<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>151 376,22 kWh</b>	
Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-408,85 kWh	-0,27 %
DC/AC-Wandlung	-3 245,64 kWh	-2,15 %
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,27 kWh	-0,05 %
Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>147 653,46 kWh</b>	
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz)</b>	<b>147 721,73 kWh</b>	

**Projektdaten**

Projekttitel  
Angebotsnummer  
Bearbeiter In  
Inbetriebnahme

23.08.2021

---

**Anlagenart, Klima und Netz**

Anlagenart  
Klimadaten  
Zeitschritt der Simul...  
AC-Netz  
Einspeiseabregelung

Netzgeoppelte PV-Anlage  
Kernmuster, ALUT  
1 min  
230 V, 3-phasig, cos phi = 1  
Nein

---

**PV-Module**

Modulfläche  
Moduldaten  
Hersteller  
Modulanzahl  
PV-Generatoreistung  
Neigung  
Ausrichtung  
Einbausituation

Süd  
Tiger Pro 30M40M-60H4-0  
Jinko Solar  
295  
129,8 kWp  
20°  
180°  
Aufgeständert - Dach

---

**Wechselrichter**

Gesamtleistung  
Modulfläche  
Wechselr. 1  
Anzahl  
Hersteller  
Verschaltung

100 kW  
Süd  
Tauro Eco 100-3-D  
1  
Fronius International  
MPP 1:  
13 x 21 | 1 x 22

---

**Wirtschaftlichkeit**

Investitionskosten  
Einspesetarife

1 500,00 €/kWp  
Okostromgesetz 2012 - Gebäu...

### Example 3: 12 strings each with 21 PV modules | 2 strings each with 22 PV modules

**Ergebnisse**

- Überblick
- Simulation
  - Diagrammeditor
  - Energiefluss-Grafik
  - Ertragsprognose
  - Ertragsprognose pro Wechselrichter
  - Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter
  - Einstrahlung pro Modulfäche
  - PV Energie über Betrachtungszeitraum
  - Temperatur pro Modulfäche
  - Energiebilanz PV-Anlage
- Wirtschaftlichkeit
  - Cashflow Tabelle
  - Kumulierter Cashflow

<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1.114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Abweichung vom Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup>	0,60 %
Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup>	13,15 %
Abschattung	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup>	-1,05 %
<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1.242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>	
1.242,30 kWh/m <sup>2</sup>		
x 638,769 m <sup>2</sup>		
= 793.544,97 kWh		
<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>793.544,97 kWh</b>	
Verschmutzung	0,00 kWh	0,00 %
STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-631.730,34 kWh	-79,61 %
<b>PV Nennenergie</b>	<b>161.814,63 kWh</b>	
Schwachlichtverhalten	-209,29 kWh	-0,13 %
Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2.172,27 kWh	-1,34 %
Dioden	-797,17 kWh	-0,50 %
Mismatch (Herstellereangaben)	-3.172,72 kWh	-2,00 %
Mismatch (Verschaltung/Abschattung)	-440,55 kWh	-0,28 %
<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>155.022,63 kWh</b>	
Unterschreitung der DC-Starleistung	-9,98 kWh	-0,01 %
Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-5,09 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. AC-Leistung/cos phi	-3.340,06 kWh	-2,15 %
MPP Anpassung	-45,30 kWh	-0,03 %
<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>151.622,01 kWh</b>	
<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>151.622,01 kWh</b>	
Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-411,08 kWh	-0,27 %
DC/AC-Wandlung	-3.250,30 kWh	-2,15 %
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,26 kWh	-0,05 %
Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>147.892,17 kWh</b>	
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz)</b>	<b>147.960,43 kWh</b>	

**Projektdaten**

Projekttitel  
Anlagennummer  
Bearbeiter/In  
Inbetriebnahme

23.08.2021

**Anlagenart, Klima und Netz**

Anlagenart  
Klimadaten  
Zeitschritt der Simul...  
AC-Netz  
Ertragsbeurteilung

Netzgekoppelte PV-Anlage  
Kremsmünster, AUT  
1 min  
230 V, 3-phasis, cos phi = 1  
Nein

**PV-Module**

Modulfäche  
Modultypen  
Hersteller  
Modulanzahl  
PV-Generatoreistung  
Neigung  
Ausrichtung  
Einbaulösung

Süd  
Tiger Pro 304440M-60H-4-0  
Jinko Solar  
296  
130,24 kWP  
20°  
180°  
Aufgeständert - Dach

**Wechselrichter**

Gesamtleistung  
Modulfäche  
Wechselr. 1  
Anzahl  
Hersteller  
Verschaltung

100 kW  
Süd  
Tauro Eco 100-3-0  
1  
 Fronius International  
MPP 1:  
12 x 21 || 2 x 22

Dimensionierungs...  
130,2 %

**Kabel**

Gesamtverlust

0 % (0 W)

**Wirtschaftlichkeit**

Investitionskosten  
Ertragsparität

1.500,00 €/kWp  
Oktobergesetz 2012 - Gebäu...

### Example 4: 8 strings each with 21 PV modules | 6 strings each with 22 PV modules

**Ergebnisse**

- Überblick
- Simulation
  - Diagrammeditor
  - Energiefluss-Grafik
  - Ertragsprognose
  - Ertragsprognose pro Wechselrichter
  - Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter
  - Einstrahlung pro Modulfäche
  - PV Energie über Betrachtungszeitraum
  - Temperatur pro Modulfäche
  - Energiebilanz PV-Anlage
- Wirtschaftlichkeit
  - Cashflow Tabelle
  - Kumulierter Cashflow

<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1.114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Abweichung vom Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup>	0,60 %
Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup>	13,15 %
Abschattung	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup>	-1,05 %
<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1.242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>	
1.242,30 kWh/m <sup>2</sup>		
x 647,401 m <sup>2</sup>		
= 804.268,55 kWh		
<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>804.268,55 kWh</b>	
Verschmutzung	0,00 kWh	0,00 %
STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-640.267,24 kWh	-79,61 %
<b>PV Nennenergie</b>	<b>164.001,31 kWh</b>	
Schwachlichtverhalten	-212,12 kWh	-0,13 %
Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2.201,63 kWh	-1,34 %
Dioden	-807,94 kWh	-0,50 %
Mismatch (Herstellereangaben)	-3.215,59 kWh	-2,00 %
Mismatch (Verschaltung/Abschattung)	-1.104,72 kWh	-0,70 %
<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>156.459,31 kWh</b>	
Unterschreitung der DC-Starleistung	-9,41 kWh	-0,01 %
Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-4,03 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. AC-Leistung/cos phi	-3.653,08 kWh	-2,34 %
MPP Anpassung	-45,84 kWh	-0,03 %
<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>152.746,96 kWh</b>	
<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>152.746,96 kWh</b>	
Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-446,43 kWh	-0,29 %
DC/AC-Wandlung	-3.272,36 kWh	-2,15 %
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,22 kWh	-0,05 %
Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>148.959,94 kWh</b>	
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz)</b>	<b>149.028,16 kWh</b>	

**Projektdaten**

Projekttitel  
Anlagennummer  
Bearbeiter/In  
Inbetriebnahme

23.08.2021

**Anlagenart, Klima und Netz**

Anlagenart  
Klimadaten  
Zeitschritt der Simul...  
AC-Netz  
Ertragsbeurteilung

Netzgekoppelte PV-Anlage  
Kremsmünster, AUT  
1 min  
230 V, 3-phasis, cos phi = 1  
Nein

**PV-Module**

Modulfäche  
Modultypen  
Hersteller  
Modulanzahl  
PV-Generatoreistung  
Neigung  
Ausrichtung  
Einbaulösung

Süd  
Tiger Pro 304440M-60H-4-0  
Jinko Solar  
300  
132 kWP  
20°  
180°  
Aufgeständert - Dach

**Wechselrichter**

Gesamtleistung  
Modulfäche  
Wechselr. 1  
Anzahl  
Hersteller  
Verschaltung

100 kW  
Süd  
Tauro Eco 100-3-0  
1  
 Fronius International  
MPP 1:  
8 x 21 || 6 x 22

Dimensionierungs...  
132 %

**Kabel**

Gesamtverlust

0 % (0 W)

**Wirtschaftlichkeit**

Investitionskosten  
Ertragsparität

1.500,00 €/kWp  
Oktobergesetz 2012 - Gebäu...

### Example 5: 7 strings each with 21 PV modules | 7 strings each with 22 PV modules

**Ergebnisse**

- Überblick
- Simulation
  - Diagrammeditor
  - Energiefluss-Grafik
  - Ertragsprognose
  - Ertragsprognose pro Wechselrichter
  - Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter
  - Einstrahlung pro Modulfäche
  - PV Energie über Betrachtungszeitraum
  - Temperatur pro Modulfäche
  - Energiebilanz PV-Anlage
- Wirtschaftlichkeit
  - Cashflow Tabelle
  - Kumulierter Cashflow

<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1.114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Abweichung vom Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup>	0,60 %
Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup>	13,15 %
Abschattung	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup>	-1,05 %
<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1.242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>	
1.242,30 kWh/m <sup>2</sup>		
x 649,559 m <sup>2</sup>		
= 806.949,45 kWh		
<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>806.949,45 kWh</b>	
Verschmutzung	0,00 kWh	0,00 %
STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-642.401,46 kWh	-79,61 %
<b>PV Nennenergie</b>	<b>164.547,98 kWh</b>	
Schwachlichtverhalten	-212,83 kWh	-0,13 %
Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2.200,97 kWh	-1,34 %
Dioden	-810,63 kWh	-0,50 %
Mismatch (Herstellereangaben)	-3.226,31 kWh	-2,00 %
Mismatch (Verschaltung/Abschattung)	-1.191,29 kWh	-0,75 %
<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>156.897,96 kWh</b>	
Unterschreitung der DC-Starleistung	-9,27 kWh	-0,01 %
Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-3,78 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. AC-Leistung/cos phi	-3.747,08 kWh	-2,39 %
MPP Anpassung	-45,94 kWh	-0,03 %
<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>153.091,89 kWh</b>	
<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>153.091,89 kWh</b>	
Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-450,25 kWh	-0,29 %
DC/AC-Wandlung	-3.278,89 kWh	-2,15 %
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,21 kWh	-0,05 %
Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>149.294,54 kWh</b>	
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz)</b>	<b>149.362,75 kWh</b>	

**Projektdaten**

Projekttitel  
Anlagennummer  
Bearbeiter/In  
Inbetriebnahme

23.08.2021

**Anlagenart, Klima und Netz**

Anlagenart  
Klimadaten  
Zeitschritt der Simul...  
AC-Netz  
Ertragsbeurteilung

Netzgekoppelte PV-Anlage  
Kremsmünster, AUT  
1 min  
230 V, 3-phasis, cos phi = 1  
Nein

**PV-Module**

Modulfäche  
Modultypen  
Hersteller  
Modulanzahl  
PV-Generatoreistung  
Neigung  
Ausrichtung  
Einbaulösung

Süd  
Tiger Pro 304440M-60H-4-0  
Jinko Solar  
301  
132,44 kWP  
20°  
180°  
Aufgeständert - Dach

**Wechselrichter**

Gesamtleistung  
Modulfäche  
Wechselr. 1  
Anzahl  
Hersteller  
Verschaltung

100 kW  
Süd  
Tauro Eco 100-3-0  
1  
 Fronius International  
MPP 1:  
7 x 21 || 7 x 22

Dimensionierungs...  
132,4 %

**Kabel**

Gesamtverlust

0 % (0 W)

**Wirtschaftlichkeit**

Investitionskosten  
Ertragsparität

1.500,00 €/kWp  
Oktobergesetz 2012 - Gebäu...



## Example 6: 6 strings each with 21 PV modules | 8 strings each with 22 PV modules

Ergebnisse		
<b>Überblick</b>	<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1 114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>
Simulation	Abweichung vom Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup> -1,00 %
Diagrammeditor	Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup> 0,60 %
Energiefluss-Grafik	Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup> 13,15 %
Etragsprognose	Abstrahlung	0,00 kWh/m <sup>2</sup> 0,00 %
Etragsprognose pro Wechselrichter	Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup> -1,05 %
Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter	<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1 242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>
Einstrahlung pro Modulfäche	1 242,30 kWh/m <sup>2</sup>	
PV Energie über Betrachtungszeitraum	x 651,717 m <sup>2</sup>	
Temperatur pro Modulfäche	= 809 630,34 kWh	
<b>Energiebilanz PV-Anlage</b>	<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>809 630,34 kWh</b>
Wirtschaftlichkeit	Verschmutzung	0,00 kWh 0,00 %
Cashflow Tabelle	STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-648 626,69 kWh -79,61 %
Kumulierter Cashflow	<b>PV Nennenergie</b>	<b>165 094,65 kWh</b>
	Schwachlichtverhalten	-213,53 kWh -0,13 %
	Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2 236,31 kWh -1,34 %
	Dioden	-813,32 kWh -0,50 %
	Mematch (Herstellereingaben)	-2 233,03 kWh -1,34 %
	Mematch (Verschattung/Abstrahlung)	-1 273,22 kWh -0,80 %
	<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>157 341,24 kWh</b>
	Unterschreitung der DC-Startleistung	-9,16 kWh -0,01 %
	Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-3,54 kWh 0,00 %
	Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh 0,00 %
	Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh 0,00 %
	Abregelung wegen max. AC-Leistung/cos phi	-3 846,17 kWh -2,44 %
	MPP Anpassung	-6,04 kWh -0,01 %
	<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>153 436,32 kWh</b>
	<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>153 436,32 kWh</b>
	Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-454,13 kWh -0,30 %
	DC/AC-Wandlung	-3 285,40 kWh -2,15 %
	Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,25 kWh -0,05 %
	Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh 0,00 %
	<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>149 628,59 kWh</b>
	<b>PV-Generatorenenergie (AC-Netz)</b>	<b>149 696,80 kWh</b>

## Example 7: 5 strings each with 21 PV modules | 9 strings each with 22 PV modules

Ergebnisse		
<b>Überblick</b>	<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1 114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>
Simulation	Abweichung vom Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup> -1,00 %
Diagrammeditor	Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup> 0,60 %
Energiefluss-Grafik	Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup> 13,15 %
Etragsprognose	Abstrahlung	0,00 kWh/m <sup>2</sup> 0,00 %
Etragsprognose pro Wechselrichter	Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup> -1,05 %
Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter	<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1 242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>
Einstrahlung pro Modulfäche	1 242,30 kWh/m <sup>2</sup>	
PV Energie über Betrachtungszeitraum	x 653,875 m <sup>2</sup>	
Temperatur pro Modulfäche	= 812 311,24 kWh	
<b>Energiebilanz PV-Anlage</b>	<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>812 311,24 kWh</b>
Wirtschaftlichkeit	Verschmutzung	0,00 kWh 0,00 %
Cashflow Tabelle	STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-646 609,91 kWh -79,61 %
Kumulierter Cashflow	<b>PV Nennenergie</b>	<b>165 641,33 kWh</b>
	Schwachlichtverhalten	-214,24 kWh -0,13 %
	Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2 233,65 kWh -1,34 %
	Dioden	-816,02 kWh -0,50 %
	Mematch (Herstellereingaben)	-2 247,75 kWh -1,34 %
	Mematch (Verschattung/Abstrahlung)	-1 312,67 kWh -0,82 %
	<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>157 827,01 kWh</b>
	Unterschreitung der DC-Startleistung	-9,00 kWh -0,01 %
	Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-3,32 kWh 0,00 %
	Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh 0,00 %
	Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh 0,00 %
	Abregelung wegen max. AC-Leistung/cos phi	-3 964,81 kWh -2,51 %
	MPP Anpassung	-6,15 kWh -0,01 %
	<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>153 803,73 kWh</b>
	<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>153 803,73 kWh</b>
	Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-449,79 kWh -0,30 %
	DC/AC-Wandlung	-3 282,64 kWh -2,15 %
	Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,19 kWh -0,05 %
	Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh 0,00 %
	<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>149 975,12 kWh</b>
	<b>PV-Generatorenenergie (AC-Netz)</b>	<b>150 043,31 kWh</b>

## Example 8: 4 strings each with 21 PV modules | 10 strings each with 22 PV modules

Ergebnisse		
<b>Überblick</b>	<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1 114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>
Simulation	Abweichung vom Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup> -1,00 %
Diagrammeditor	Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup> 0,60 %
Energiefluss-Grafik	Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup> 13,15 %
Etragsprognose	Abstrahlung	0,00 kWh/m <sup>2</sup> 0,00 %
Etragsprognose pro Wechselrichter	Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup> -1,05 %
Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter	<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1 242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>
Einstrahlung pro Modulfäche	1 242,30 kWh/m <sup>2</sup>	
PV Energie über Betrachtungszeitraum	x 656,033 m <sup>2</sup>	
Temperatur pro Modulfäche	= 814 992,13 kWh	
<b>Energiebilanz PV-Anlage</b>	<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>814 992,13 kWh</b>
Wirtschaftlichkeit	Verschmutzung	0,00 kWh 0,00 %
Cashflow Tabelle	STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-648 804,14 kWh -79,61 %
Kumulierter Cashflow	<b>PV Nennenergie</b>	<b>166 188,00 kWh</b>
	Schwachlichtverhalten	-224,99 kWh -0,13 %
	Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2 230,98 kWh -1,34 %
	Dioden	-818,71 kWh -0,50 %
	Mematch (Herstellereingaben)	-2 258,47 kWh -1,34 %
	Mematch (Verschattung/Abstrahlung)	-1 252,80 kWh -0,78 %
	<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>158 612,08 kWh</b>
	Unterschreitung der DC-Startleistung	-8,99 kWh -0,01 %
	Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-3,10 kWh 0,00 %
	Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh 0,00 %
	Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh 0,00 %
	Abregelung wegen max. AC-Leistung/cos phi	-4 065,78 kWh -2,58 %
	MPP Anpassung	-6,29 kWh -0,01 %
	<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>154 258,02 kWh</b>
	<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>154 258,02 kWh</b>
	Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-484,72 kWh -0,31 %
	DC/AC-Wandlung	-3 301,65 kWh -2,15 %
	Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,18 kWh -0,05 %
	Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh 0,00 %
	<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>150 803,49 kWh</b>
	<b>PV-Generatorenenergie (AC-Netz)</b>	<b>150 471,66 kWh</b>

## Example 9: 2 strings each with 21 PV modules | 12 strings each with 22 PV modules

### Ergebnisse

- Überblick
- Simulation
  - Diagrammeditor
  - Energiefluss-Grafik
  - Ertragsprognose
  - Ertragsprognose pro Wechselrichter
  - Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter
  - Einstrahlung pro Modulfäche
  - PV Energie über Betrachtungszeitraum
  - Temperatur pro Modulfäche
- Energiebilanz PV-Anlage
- Wirtschaftlichkeit
  - Cashflow Tabelle
  - Kumulierter Cashflow

<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1 114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Abweichung von Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup>	0,60 %
Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup>	13,15 %
Abstrahlung	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup>	-1,05 %
<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1 242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1 242,30 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 860,349 m <sup>2</sup>	
	= 820 353,92 kWh	
<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>820 353,92 kWh</b>	
Verschmutzung	0,00 kWh	0,00 %
STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-653 072,95 kWh	-79,61 %
<b>PV Nennenergie</b>	<b>167 281,34 kWh</b>	
Schwachlichtverhalten	-216,36 kWh	-0,13 %
Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2 245,66 kWh	-1,34 %
Dioden	-824,10 kWh	-0,50 %
Mismatch (Herstellereingaben)	-2 279,90 kWh	-2,00 %
Mismatch (Verschattung/Abstrahlung)	-925,24 kWh	-0,58 %
<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>159 790,08 kWh</b>	
Unterschreitung der DC-Stärkfestung	-8,62 kWh	-0,01 %
Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-2,67 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. AC-Leistung/loss phi	-4 403,60 kWh	-2,76 %
MPP Anpassung	-46,61 kWh	-0,03 %
<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>155 328,56 kWh</b>	
<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>155 328,56 kWh</b>	
Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-515,19 kWh	-0,33 %
DC/AC-Wandlung	-3 322,23 kWh	-2,15 %
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,16 kWh	-0,04 %
Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>151 423,02 kWh</b>	
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz)</b>	<b>151 491,18 kWh</b>	

<b>Projektdaten</b>	
Projekttitel	
Angebotsnummer	
Bearbeiter/in	
Inbetriebnahme	23.08.2021
<b>Anlagenart, Klima und Netz</b>	
Anlagenart	Netzgekoppelte PV-Anlage
Klimadaten	Kremsmünster, AUT
Zeitschritt der Simul...	1 min
AC-Netz	230 V, 3-phasig, cos phi = 1
Empfehleabregelung	Nein
<b>PV-Module</b>	
Modulfäche	Süd
Moduldaten	Tiger Pro 300440M-60H4-4(V)
Hersteller	Jinko Solar
Modulanzahl	306
PV-Generatoreistung	134,64 kWp
Neigung	20°
Ausrichtung	180°
Einbausituation	Aufgeständert - Dach
<b>Wechselrichter</b>	
Gesamtleistung	100 kW
Modulfäche	Süd
Wechselr. 1	Tauro Eco 100-3-D
Anzahl	1
Hersteller	Fronius International
Verschaltung	MPP 1:
	3 x 21    12 x 22
Dimensionierungs...	134,6 %
<b>Kabel</b>	
Gesamterlust	0 % (0 W)
<b>Wirtschaftlichkeit</b>	
Investitionskosten	1 500,00 €/kWp
Empfehlestarife	Ökostromgesetz 2012 - Gebäu...

## Example 10: 1 string with 21 PV modules | 13 strings each with 22 PV modules

### Ergebnisse

- Überblick
- Simulation
  - Diagrammeditor
  - Energiefluss-Grafik
  - Ertragsprognose
  - Ertragsprognose pro Wechselrichter
  - Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter
  - Einstrahlung pro Modulfäche
  - PV Energie über Betrachtungszeitraum
  - Temperatur pro Modulfäche
- Energiebilanz PV-Anlage
- Wirtschaftlichkeit
  - Cashflow Tabelle
  - Kumulierter Cashflow

<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1 114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Abweichung von Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup>	0,60 %
Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup>	13,15 %
Abstrahlung	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup>	-1,05 %
<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1 242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1 242,30 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 662,907 m <sup>2</sup>	
	= 823 034,82 kWh	
<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>823 034,82 kWh</b>	
Verschmutzung	0,00 kWh	0,00 %
STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-655 206,01 kWh	-79,61 %
<b>PV Nennenergie</b>	<b>167 828,01 kWh</b>	
Schwachlichtverhalten	-217,07 kWh	-0,13 %
Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2 253,00 kWh	-1,34 %
Dioden	-826,79 kWh	-0,50 %
Mismatch (Herstellereingaben)	-3 290,62 kWh	-2,00 %
Mismatch (Verschattung/Abstrahlung)	-967,58 kWh	-0,58 %
<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>160 672,95 kWh</b>	
Unterschreitung der DC-Stärkfestung	-8,49 kWh	-0,01 %
Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-2,52 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. AC-Leistung/loss phi	-4 574,36 kWh	-2,85 %
MPP Anpassung	-46,83 kWh	-0,03 %
<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>156 040,76 kWh</b>	
<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>156 040,76 kWh</b>	
Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-529,52 kWh	-0,34 %
DC/AC-Wandlung	-3 335,25 kWh	-2,14 %
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,16 kWh	-0,04 %
Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>152 107,85 kWh</b>	
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz)</b>	<b>152 176,00 kWh</b>	

<b>Projektdaten</b>	
Projekttitel	
Angebotsnummer	
Bearbeiter/in	
Inbetriebnahme	23.08.2021
<b>Anlagenart, Klima und Netz</b>	
Anlagenart	Netzgekoppelte PV-Anlage
Klimadaten	Kremsmünster, AUT
Zeitschritt der Simul...	1 min
AC-Netz	230 V, 3-phasig, cos phi = 1
Empfehleabregelung	Nein
<b>PV-Module</b>	
Modulfäche	Süd
Moduldaten	Tiger Pro 300440M-60H4-4(V)
Hersteller	Jinko Solar
Modulanzahl	307
PV-Generatoreistung	135,08 kWp
Neigung	20°
Ausrichtung	180°
Einbausituation	Aufgeständert - Dach
<b>Wechselrichter</b>	
Gesamtleistung	100 kW
Modulfäche	Süd
Wechselr. 1	Tauro Eco 100-3-D
Anzahl	1
Hersteller	Fronius International
Verschaltung	MPP 1:
	1 x 21    13 x 22
Dimensionierungs...	135,4 %
<b>Kabel</b>	
Gesamterlust	0 % (0 W)
<b>Wirtschaftlichkeit</b>	
Investitionskosten	1 500,00 €/kWp
Empfehlestarife	Ökostromgesetz 2012 - Gebäu...

## Example 11: 14 strings each with 22 PV modules

### Ergebnisse

- Überblick
- Simulation
  - Diagrammeditor
  - Energiefluss-Grafik
  - Ertragsprognose
  - Ertragsprognose pro Wechselrichter
  - Anlagennutzungsgrad (PR) pro Wechselrichter
  - Einstrahlung pro Modulfäche
  - PV Energie über Betrachtungszeitraum
  - Temperatur pro Modulfäche
- Energiebilanz PV-Anlage
- Wirtschaftlichkeit
  - Cashflow Tabelle
  - Kumulierter Cashflow

<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1 114,06 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Abweichung von Standardspektrum	-11,14 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Bodenreflexion (Albedo)	6,65 kWh/m <sup>2</sup>	0,60 %
Ausrichtung und Neigung der Modulebene	145,89 kWh/m <sup>2</sup>	13,15 %
Abstrahlung	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexion an Moduloberfläche	-13,16 kWh/m <sup>2</sup>	-1,05 %
<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1 242,30 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1 242,30 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 664,665 m <sup>2</sup>	
	= 825 715,71 kWh	
<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>825 715,71 kWh</b>	
Verschmutzung	0,00 kWh	0,00 %
STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 20,39 %)	-657 341,03 kWh	-79,61 %
<b>PV Nennenergie</b>	<b>168 374,68 kWh</b>	
Schwachlichtverhalten	-217,78 kWh	-0,13 %
Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-2 250,24 kWh	-1,34 %
Dioden	-828,48 kWh	-0,50 %
Mismatch (Herstellereingaben)	-3 301,34 kWh	-2,00 %
Mismatch (Verschattung/Abstrahlung)	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>161 765,74 kWh</b>	
Unterschreitung der DC-Stärkfestung	-8,36 kWh	-0,01 %
Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	-2,27 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. AC-Leistung/loss phi	-4 784,82 kWh	-2,96 %
MPP Anpassung	-47,09 kWh	-0,03 %
<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>156 923,10 kWh</b>	
<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>156 923,10 kWh</b>	
Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-559,36 kWh	-0,36 %
DC/AC-Wandlung	-3 350,89 kWh	-2,14 %
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-68,16 kWh	-0,04 %
Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>152 944,71 kWh</b>	
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz)</b>	<b>153 012,85 kWh</b>	

<b>Projektdaten</b>	
Projekttitel	
Angebotsnummer	
Bearbeiter/in	
Inbetriebnahme	23.08.2021
<b>Anlagenart, Klima und Netz</b>	
Anlagenart	Netzgekoppelte PV-Anlage
Klimadaten	Kremsmünster, AUT
Zeitschritt der Simul...	1 min
AC-Netz	230 V, 3-phasig, cos phi = 1
Empfehleabregelung	Nein
<b>PV-Module</b>	
Modulfäche	Süd
Moduldaten	Tiger Pro 300440M-60H4-4(V)
Hersteller	Jinko Solar
Modulanzahl	308
PV-Generatoreistung	135,52 kWp
Neigung	20°
Ausrichtung	180°
Einbausituation	Aufgeständert - Dach
<b>Wechselrichter</b>	
Gesamtleistung	100 kW
Modulfäche	Süd
Wechselr. 1	Tauro Eco 100-3-D
Anzahl	1
Hersteller	Fronius International
Verschaltung	MPP 1:
	14 x 22
Dimensionierungs...	135,5 %
<b>Kabel</b>	
Gesamterlust	0 % (0 W)
<b>Wirtschaftlichkeit</b>	
Investitionskosten	1 500,00 €/kWp
Empfehlestarife	Ökostromgesetz 2012 - Gebäu...

## 6 LIST OF FIGURES

Figure 1: One of a total of 14 strings has 22 instead of 21 PV modules .....	5
Figure 2: Optimum operating point for strings of different lengths within a PV system.....	6
Figure 3: String configuration with a deviating string with 22 PV modules.....	8
Figure 4: Ideal operating point of the PV system with one longer string .....	8
Figure 5: String configuration with nine deviating strings each with 22 PV modules .....	10
Figure 6: Ideal operating point of the example involving 5 strings each with 21 PV modules and 9 strings each with 22 PV modules .....	10
Figure 7: String configuration with 13 deviating strings each with 22 PV modules .....	11
Figure 8: Ideal operating point of the situation example involving 1 string with 21 PV modules and 13 strings each with 22 PV modules .....	11
Figure 9: Mismatch losses as a function of the number of unequal strings .....	13
Figure 10: Yield increase from additional PV modules despite mismatch losses .....	14

## 7 LIST OF TABLES

Table 1: Results overview 1 different string configuration .....	12
Table 2: Results overview 2 different string configurations .....	12