



# Time-of-Use Einstellungen mit Fronius Hybridwechselrichtern

Möglichkeit einer optimierten Batteriespeicher-  
Bewirtschaftung bei zeitabhängigen Stromtarifen

## Inhalt

1. Einleitung .....	3
2. Flexible Stromtarife (Time-of-Use).....	4
3. Regeln für den Batteriespeicher .....	5
3.1 Leistungsgrenzen des Speichers ohne Regeln .....	6
3.2 Mögliche Regeln für den Batteriespeicher .....	7
4. Anwendungsfälle.....	8
4.1 Speicher vollladen vor der Peak-Phase nur mit PV-Energie .....	11
4.2 Speicher vollladen vor der Peak-Phase mit Laden vom Netz .....	12
4.3 Zeitabhängige Batteriesteuerung und Netzeinspeisebegrenzungen .....	13
4.4 Speicher über Nacht aus dem Netz laden .....	14
4.5 Speicher in der Nacht sperren.....	15
4.6 Entladung am Abend bzw. in der Nacht beschränken.....	17
5. Zusammenfassung.....	19
6. Abkürzungen .....	20

# 1. Einleitung

Photovoltaikanlagen werden vor allem deshalb mit elektrischen Speichern ausgestattet, um den Eigenverbrauch und die Autarkie zu erhöhen. Ein hoher Eigenverbrauch bedeutet, möglichst viel der produzierten Energie selbst zu nutzen. Unter Autarkie versteht man, möglichst wenig Energie aus dem Netz zu beziehen, also möglichst unabhängig zu sein.

Um diese Ziele zu erreichen, wird ein Fronius Smart Meter am Hausanschluss installiert. Dieser misst, welche Leistung in das Stromnetz eingespeist wird bzw. wieviel vom Netz bezogen wird. Wenn mehr Leistung von der PV-Anlage erzeugt wird als im Haus verbraucht wird, spricht man von PV-Überschuss; wenn mehr Leistung benötigt wird als die PV Anlage erzeugt, von Netzbezug.

In der Standardkonfiguration wird der PV-Überschuss in den Stromspeicher geladen. Mit der dort gespeicherten Energie wird das Haus versorgt, wenn zu wenig oder keine PV-Leistung verfügbar ist. Mögliche Energieflüsse im Haushalt sind in Abbildung 1 dargestellt.

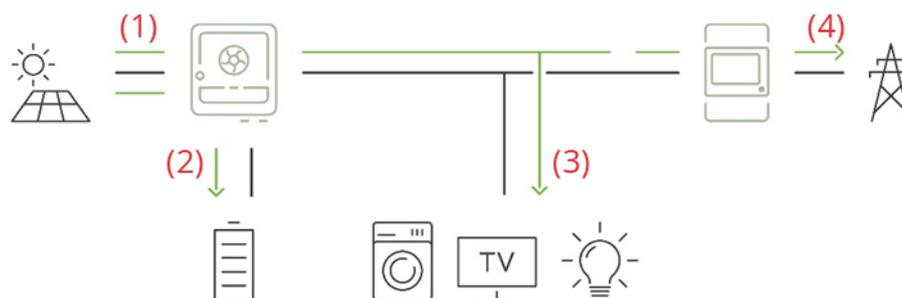


Abbildung 1: Energieflüsse im Haushalt

- (1) PV-Generator zum Wechselrichter (PV-Strom)
- (2) Wechselrichter zum Speicher (Ladestrom) bzw. Speicher zum Wechselrichter (Entladestrom)
- (3) Wechselrichter zu Verbrauchern
- (4) Wechselrichter ins AC-Netz (Einspeisung) oder AC-Netz zu Verbrauchern oder AC-Netz zu Wechselrichter und Speicher (Laden aus dem Netz)

Wenn zusätzliche Rahmenbedingungen wie flexible Stromtarife (Time-of-Use, ToU), variable Notstromreserven oder Leistungsbegrenzungen zu berücksichtigen sind, ist es sinnvoll zusätzliche Einstellungen für den Batteriespeicher vorzunehmen. Welche

Einstellungen möglich und welche Anwendungen damit abdeckbar sind, ist Inhalt dieses Dokumentes.

Ohne zusätzliche Batteriesteuerungsregeln wird auf den bestmöglichen Eigenverbrauch tagsüber optimiert. Der Benutzer muss selbst abwägen, wie wichtig Eigenverbrauch, Kosten und Komfort je nach Anwendungsfall für ihn sind. Der Eigenverbrauch sinkt womöglich, wenn im Batteriemangement Regeln für den Speicher definiert werden.

## 2. Flexible Stromtarife (Time-of-Use)

Bei flexiblen Stromtarifen (engl. Time-of-Use, ToU) zahlen Kunden zu verschiedenen Tageszeiten für ihren Energieverbrauch aus dem Netz unterschiedliche Preise. In Abbildung 2 sind typische Time-of-Use-Tarife, wie sie z. B. in Australien vorkommen, abgebildet. Am teuersten ist hier für die Kunden die sogenannte Peak-Phase, in der es grundsätzlich auch die höchste Nachfrage nach Energie gibt. In der Shoulder-Phase zahlen Kunden einen moderaten Preis und in der Off-Peak-Phase (typischerweise in der Nacht) ist der Strompreis am niedrigsten.

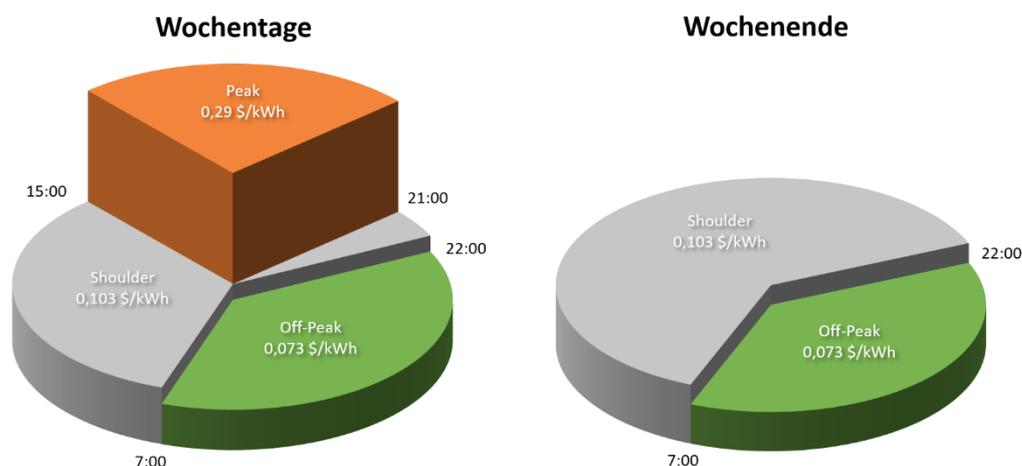


Abbildung 2: Typischer ToU-Stromtarif in Australien

Oftmals sind diese Time-of-Use-Tarife auch noch jahreszeitabhängig (siehe Abbildung 3). Im Winter wird eher morgens und abends mehr Energie verbraucht, daher sind diese Zeiten üblicherweise die teuersten. Im Sommer findet man die Peak-Phase tagsüber, da hier aufgrund der Hitze oft vermehrt Kühlgeräte zum Einsatz kommen.

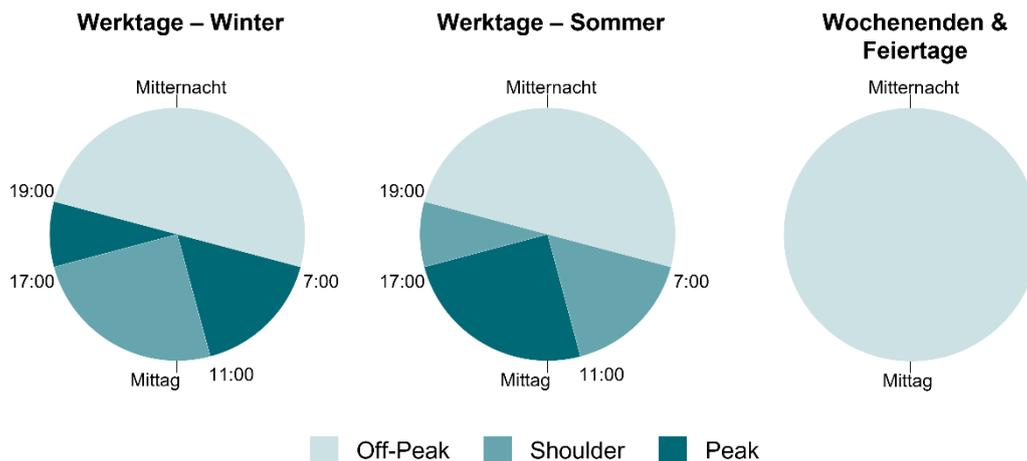


Abbildung 3: Mögliche ToU-Tarifzeiten für Winter und Sommer

Flexible Stromtarife sollen Kunden einen Anreiz bieten, Energie dann zu nutzen, wenn die allgemeine Nachfrage niedrig und der Strompreis somit günstiger ist. So können Kunden ihre eigene Stromrechnung verringern, zum Lastmanagement und zur Entlastung der Netzinfrastruktur beitragen.

Für Kunden ist es natürlich nicht immer möglich, den Energieverbrauch in die Phasen mit dem niedrigsten Strompreis zu verschieben. Dank der Nutzung eines Batteriespeichers ist es allerdings möglich, die Energie zu speichern, wenn entweder der Strompreis niedrig oder ausreichend PV-Energie vorhanden ist. Die Energie im Speicher kann dann genutzt werden, wenn der Strompreis hoch ist. Um diese Möglichkeit bestmöglich nutzen zu können, verfügen die Fronius Hybridwechselrichter über eine Funktion, die es erlaubt, Zeitfenster zum Laden und Entladen des Stromspeichers zu erstellen. Damit kann das Verhalten des Fronius Hybridwechselrichters an die zeitabhängigen Stromtarife angepasst werden.

### 3. Regeln für den Batteriespeicher

Bei allen Fronius Hybridwechselrichtern ist es möglich, dem Energiespeicher je Wochentag unterschiedliche uhrzeitabhängige Vorgaben bezüglich Lade- und Entladeleistung zu geben. Damit kann der Arbeitsbereich des Speichers vorgegeben und so Time-of-Use-Anwendungsfälle abgedeckt werden.

Es gibt jedoch einige externe Faktoren, die diese Regeln beeinflussen oder sogar unwirksam machen können. Diese sind z.B. Erlauben des Ladens vom AC-Netz, Leistungsbegrenzung des Wechselrichters, minimal/maximal erlaubter Ladezustand des Speichers, eine Kalibrierladung oder Steuervorgaben, die via Modbus gesendet werden.

### 3.1 Leistungsgrenzen des Speichers ohne Regeln

Wenn für einen Zeitraum kein Wert angegeben ist, wird zu dieser Zeit die Leistung nur durch den Wechselrichter oder Speicher beschränkt.

Beispiel Entladeleistung von Fronius Hybridwechselrichtern mit einem Batteriespeicher:

Max. AC-Leistung Fronius Symo GEN24 5.0 Plus: 5,0 kW

Max. Lade-/Entladeleistung BYD Battery-Box Premium HVS 10.2: 5,2 kW

Max. AC-Leistung Fronius Symo GEN24 10.0 Plus: 10,0 kW

Max. Lade-/Entladeleistung BYD Battery-Box Premium HVS 10.2: 9,01 kW

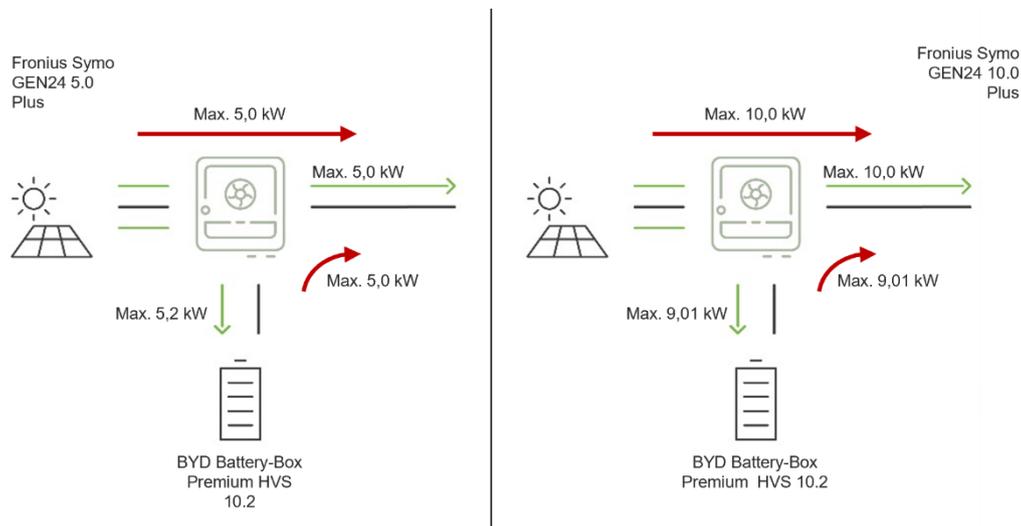


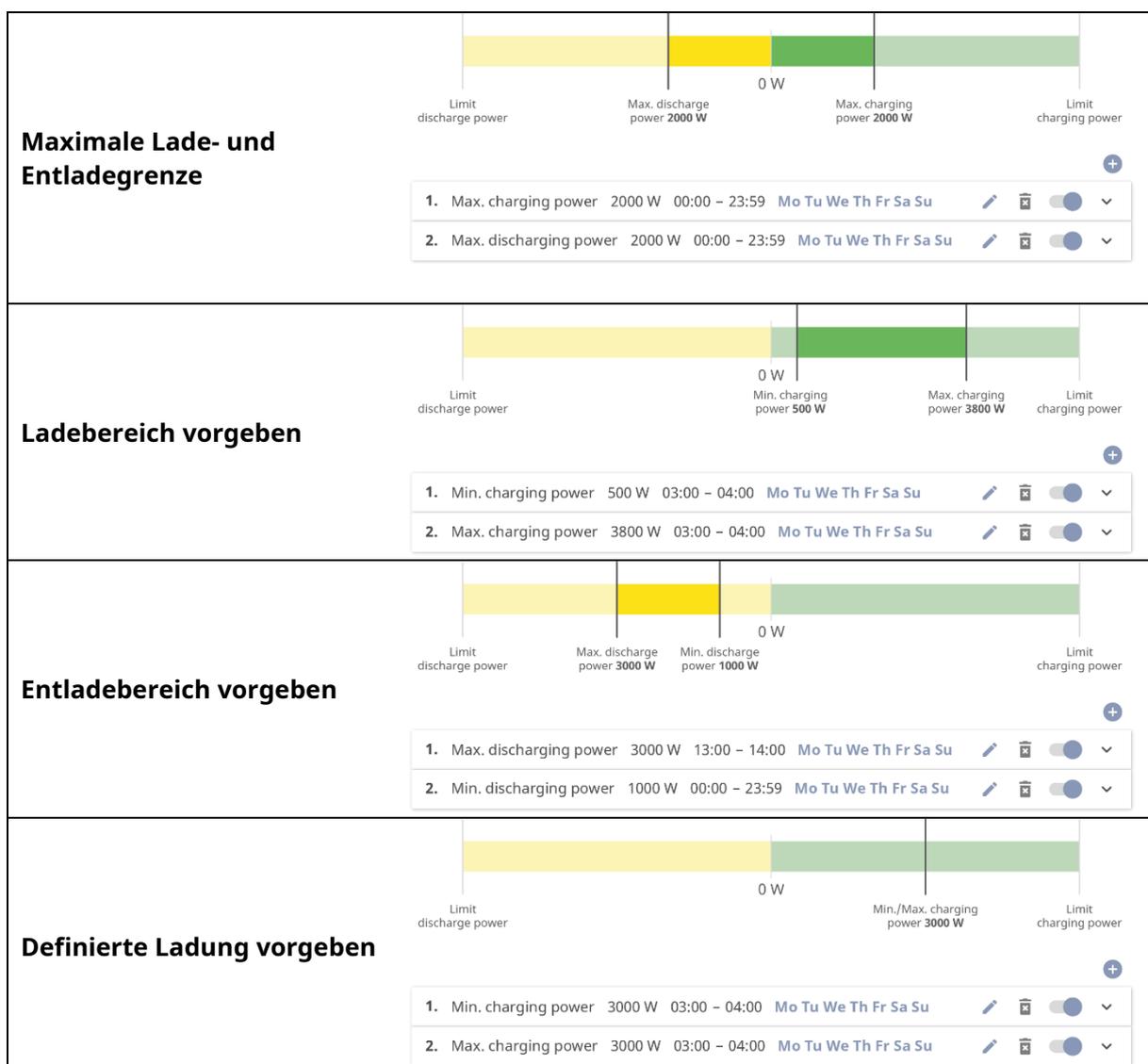
Abbildung 4: Maximaler System Output in Abhängigkeit von Wechselrichter und Speicher

Bei der Kombination von Fronius Symo GEN24 5.0 Plus und BYD Battery-Box Premium HVS 10.2 kann mit maximal 5,0 kW entladen werden. Bei der Kombination von Fronius Symo GEN24 10.0 Plus und BYD Battery-Box Premium HVS 10.2 kann mit maximal 9,01 kW entladen werden. In diesem Fall ist immer das Minimum der beiden Leistungen ausschlaggebend.

Beim Laden des Speichers ist zu beachten, dass es möglich ist, zugleich mit Strom aus der PV-Anlage und mit Strom von weiteren Erzeugern zu laden. Außerdem kann die PV-Eingangleistung höher sein als die maximale AC-Ausgangsleistung des Wechselrichters. In diesen Fällen kann die Ladeleistung größer als die maximale AC-Leistung des Wechselrichters sein (siehe Whitepaper Multi Flow Technology).

## 3.2 Mögliche Regeln für den Batteriespeicher

Es ist möglich vier Einschränkungen des Lade- bzw. Entladeverhaltens des Speichers vorzunehmen: maximale und minimale Lade- sowie maximale und minimale Entladeleistung. Man kann sich den erlaubten Arbeitsbereich grafisch wie einen Schieberegler mit zwei Schiebern vorstellen. Links ist der Entladebereich, in der Mitte weder Entladung noch Ladung und rechts der Ladebereich. Zwischen den beiden Schiebern darf sich der Arbeitspunkt des Speichers befinden. Tabelle 1 zeigt die fünf zulässigen Kombinationen von jeweils zwei Einschränkungen, die für Time-of-Use-Anwendungsfälle verwendet werden können.



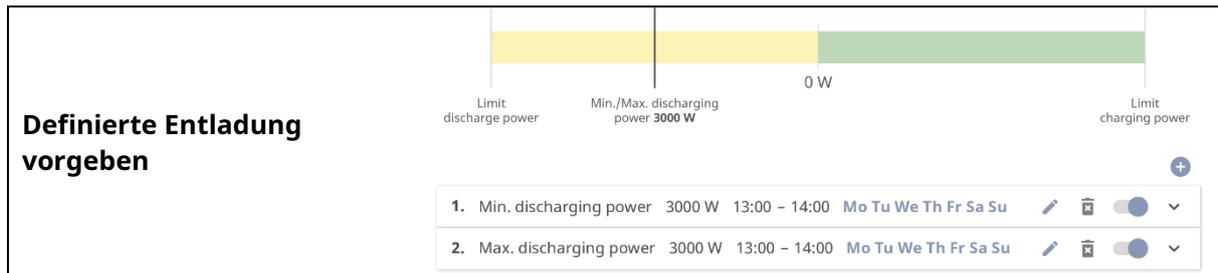


Tabelle 1: Erlaubte Einschränkungen

Die Möglichkeit, Vorgaben für den Speicher zu erstellen, wurde entwickelt, um die erzeugte Energie für den Anwender möglichst optimal nutzbar zu machen. Es können jedoch Situationen entstehen, in denen durch Regeln für den Speicher PV-Energie nicht vollständig genutzt werden könnte.

Ein Beispiel hierfür wäre folgendes: Ein Fronius Symo GEN24 5.0 Plus wird mit einer BYD Battery-Box Premium HVS 10.2 mit einer definierten Entladung von 3,0 kW konfiguriert. Zugleich werden 3,0 kW PV-Leistung produziert.

In diesem Fall müsste der Wechselrichter die PV-Leistung auf 2,0 kW reduzieren, da die Ausgangsleistung des Fronius Symo GEN24 5.0 Plus maximal 5,0 kW beträgt und das Gerät durch die Entladung bereits ausgelastet ist.

Da das Verschenden von PV-Leistung nicht im Interesse des Anwenders ist, wird die Leistungsbegrenzung bei den Regeln automatisch so angepasst, dass keine PV-Energie verschwendet wird. Im Beispiel oben bedeutet dies, dass der Speicher nur mit 2,0 kW entladen wird, damit die 3,0 kW PV-Leistung genutzt werden können.

**Achtung:** Bei externen Steuerbefehlen (z.B. per Modbus oder Steuerung per IOs - Rundsteuerempfänger) werden die Vorgaben auch strikt ausgeführt, wenn dadurch PV-Energie verloren geht.

## 4. Anwendungsfälle

Hier werden nun einige mögliche Anwendungsfälle für die Lade- bzw. Entladevorgaben für den Batteriespeicher und mögliche Einsparungspotenziale diskutiert. Die optimalen Einstellungen und tatsächlichen Ersparnisse hängen vom Verbrauchsverhalten, der Anlagen- und Speichergröße, der Tarifspreizung und anderen Faktoren (wie z.B. Notstromfunktionalität) ab.

Es gilt zu beachten, dass gewisse Anwendungsfälle in einigen Märkten aufgrund der rechtlichen Situation nicht zulässig sind (z.B. in Deutschland den Speicher aus dem Netz laden und zu einem anderen Zeitpunkt wieder ins Netz entladen).

Für die Beispiele wird jeweils ein Haushalt mit einem 10 kWh Stromspeicher angenommen. Aufgrund des Tiefentladungsschutzes von 5% Restkapazität stehen ca. 9,5 kWh zur vollen Nutzung zur Verfügung. Um eine möglicherweise nicht vollständige Entladung über Nacht zu berücksichtigen, werden noch einmal ca. 25% der verfügbaren Kapazität abgezogen. Somit ergibt sich eine nutzbare Kapazität von 7 kWh.

### A. Victoria, Australien

ToU-Tarif (in australischen Dollar; siehe Abbildung 5):

- Peak-Phase, 15:00 bis 21:00 Uhr: 26,53 ct/kWh
- Shoulder-Phase, 7:00 bis 15:00 Uhr und 21:00 bis 22:00 Uhr: 22,42 ct/kWh
- Off-Peak, 22:00 bis 7:00 Uhr: 16,71 ct/kWh
- Einspeisetarif: 6,7 ct/kWh

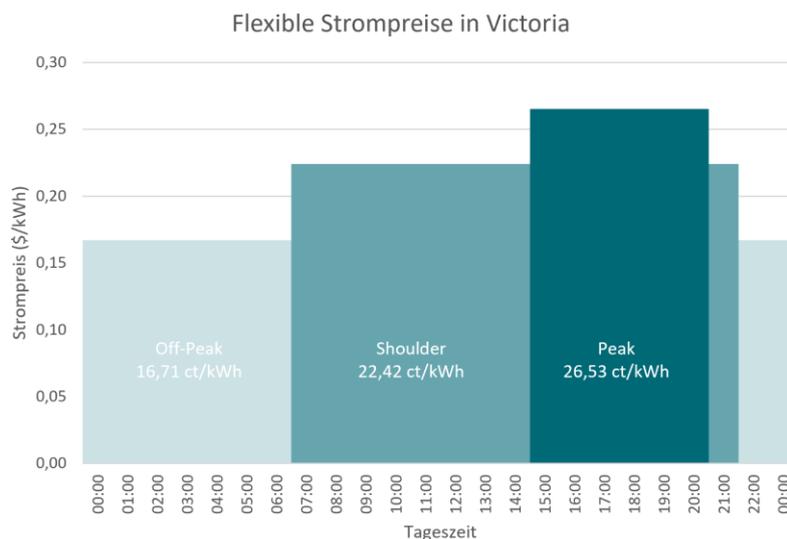


Abbildung 5: ToU-Tarif in Victoria

### B. Big Island, Hawaii

ToU-Tarif (in US Dollar; siehe Abbildung 6):

- Peak-Phase (On-Peak), 17:00 bis 22:00 Uhr: 63,10 ct/kWh
- Shoulder-Phase (Off-Peak), 22:00 bis 9:00 Uhr: 56,50 ct/kWh
- Off-Peak (Mid-Day), 9:00 bis 17:00 Uhr: 23,00 ct/kWh
- Einspeisetarif: 24,44 ct/kWh

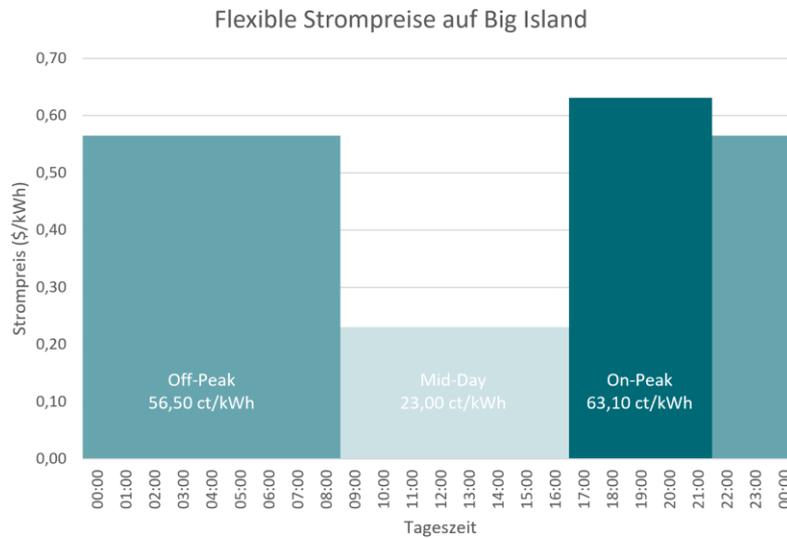


Abbildung 6: ToU-Tarif auf Big Island, Hawaii

Ein Monat wird hier mit 22 Tagen angenommen, da an den Wochenenden üblicherweise keine ToU Tarife gelten. Für die Berechnung der Ersparnis pro Jahr werden 7 Monate, in denen der Speicher auch wirklich voll genutzt werden kann, angenommen. Das bedeutet, dass je nach vorhandenen Sonnentagen, die Ersparnisse höher oder geringer ausfallen könnten.

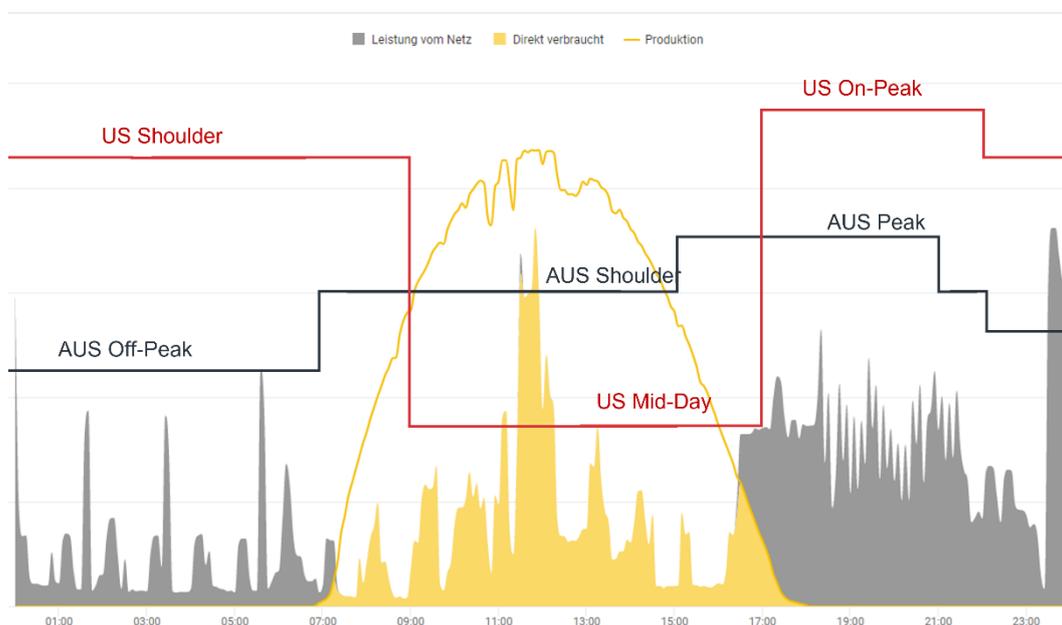


Abbildung 7: Energiebilanz mit Tariflinien

Abbildung 7 zeigt beispielhaft die Energiebilanz eines Tages mit eingezeichneten Tariflinien (schwarz: Victoria, Australien; rot: Big Island, Hawaii).

## 4.1 Speicher vollladen vor der Peak-Phase nur mit PV-Energie

Der wohl simpelste Anwendungsfall ist, dass der Batteriespeicher genau dann vollgeladen sein soll, wenn die Phase mit dem höchsten Strompreis beginnt. In diesem Fall kann – abhängig vom Verbrauch und der Größe des Stromspeichers – der Verbrauch komplett aus dem Speicher gedeckt werden. Es muss in diesem Fall kein teurer Strom aus dem Netz bezogen werden.

### Beispiel A1

Da die PV-Energie tagsüber nicht ins Netz eingespeist wird, sondern zur späteren Verwendung gespeichert wird, verringern sich die Erträge aus der Einspeisevergütung um folgenden Betrag:

$$Verlust = 7 kWh * 0,067 \frac{\$}{kWh} = 0,47 \$$$

Wird die gespeicherte Energie vollständig während der Peak-Phase verwendet, dann ergibt sich folgende Ersparnis pro Tag:

$$Ersparnis_{Gesamt} = 7kWh * 0,2653 \frac{\$}{kWh} - Verlust = 1,39 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 30,58 AU\$ pro Monat bzw. 214,06 AU\$ pro Jahr.

### Beispiel B1

Da die PV-Energie tagsüber nicht ins Netz eingespeist wird, sondern zur späteren Verwendung gespeichert wird, verringern sich die Erträge aus der Einspeisevergütung um folgenden Betrag:

$$Verlust = 7 kWh * 0,2444 \frac{\$}{kWh} = 1,71 \$$$

Wird die gespeicherte Energie vollständig während der Peak-Phase verwendet, dann ergibt sich folgende Ersparnis pro Tag:

$$Ersparnis_{Gesamt} = 7kWh * 0,631 \frac{\$}{kWh} - Verlust = 2,71 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 59,62 US\$ pro Monat bzw. 417,34 US\$ pro Jahr

## 4.2 Speicher vollladen vor der Peak-Phase mit Laden vom Netz

Der Batteriespeicher soll genau dann vollgeladen sein, wenn die Phase mit dem höchsten Strompreis beginnt. Wenn tagsüber aber möglicherweise zu wenig PV-Energie z. B. aufgrund von schlechtem Wetter vorhanden ist, kann man dem Wechselrichter erlauben, den Energiespeicher auch aus dem Netz zu laden. Hierbei sollte man jedoch zusätzliche Vorgaben machen, damit dies nur zu Zeiten mit niedrigem, idealerweise natürlich mit dem niedrigsten Strompreis erlaubt wird. Aber auch wenn der Strompreis und der Einspeisetarif ähnlich hoch sind, kann sich das Laden aus dem Netz lohnen. Bei einem ToU-Tarif im Sommer mit einer Peak-Phase tagsüber sollte vom zusätzlichen Laden aus dem Netz Abstand genommen werden.

### Beispiel A2

Wird der Speicher tagsüber z.B. zur Hälfte aus dem Netz geladen, dann verringern sich die Erträge aus der Einspeisevergütung wegen Nichteinspeisung um die Hälfte:

$$Verlust = 3,5 \text{ kWh} * 0,067 \frac{\$}{\text{kWh}} = 0,23 \$$$

Dafür muss für die restliche Energie aus dem Netz zur Vollladung gezahlt werden (Shoulder-Phase):

$$Kosten = 3,5 \text{ kWh} * 0,2242 \frac{\$}{\text{kWh}} = 0,78 \$$$

Somit ergibt sich folgende Ersparnis pro Tag:

$$Ersparnis_{Gesamt} = 7 \text{ kWh} * 0,2653 \frac{\$}{\text{kWh}} - Verlust - Kosten = 0,85 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 18,70 AU\$ pro Monat bzw. 130,90 AU\$ pro Jahr.

Hier gibt es einen deutlichen Unterschied zu Beispiel A1 mit der Vollladung aus der PV-Energie.

### Beispiel B2

Wird der Speicher tagsüber z.B. zur Hälfte aus dem Netz geladen, dann verringern sich die Erträge aus der Einspeisevergütung wegen Nichteinspeisung um die Hälfte:

$$Verlust = 3,5 \text{ kWh} * 0,2444 \frac{\$}{\text{kWh}} = 0,86 \$$$

Dafür muss für die restliche Energie aus dem Netz zur Vollladung gezahlt werden (Off-Peak-Phase):

$$Kosten = 3,5 \text{ kWh} * 0,23 \frac{\$}{\text{kWh}} = 0,81 \$$$

Somit ergibt sich folgende Ersparnis pro Tag:

$$Ersparnis_{Gesamt} = 7\text{kWh} * 0,631 \frac{\$}{\text{kWh}} - Verlust - Kosten = 2,75 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 60,50 US\$ pro Monat bzw. 423,50 US\$ pro Jahr.

In diesem Fall ergibt sich sogar etwas mehr Einsparung als in Beispiel B1, da der Einspeisetarif höher als der Mid-Day Tarif ist.

### 4.3 Zeitabhängige Batteriesteuerung und Netzeinspeisebegrenzungen

In einigen Märkten gibt es Netzeinspeisebegrenzungen, d.h. der Nutzer darf nur einen Teil der angeschlossenen PV-Leistung (z.B. 70% in Deutschland) oder womöglich sogar gar nichts (z.B. Nulleinspeisung auf Hawaii) ins Netz einspeisen. Da jedoch der Verbrauch im Haushalt mitberücksichtigt werden kann, kann idealerweise 100% der PV-Energie verwendet und somit eine Reduktion der Ausgangsleistung vermieden werden.

Bei solchen Anlagen kann es während der Mittagsstunden vorkommen, dass die PV-Energie nicht optimal genutzt werden kann, da der Energiespeicher, der andernfalls die überschüssige Energie aufnehmen könnte, bereits vollgeladen ist. Wenn zu dieser Zeit genügend Kapazität vorhanden ist, um die Energie, die nicht ins Netz gespeist werden dürfte, zu speichern, muss die Ausgangsleistung nicht reduziert und somit wertvolle PV-Energie „verschwendet“ werden. In diesem Fall sollte der Speicher am Morgen nicht unbegrenzt geladen werden, d.h. die maximale Ladeleistung des Speichers sollte begrenzt werden.

#### Beispiel A3

Hat sich der Haushalt zur Nulleinspeisung verpflichtet, müssen mögliche entgangene Erträge aus der Einspeisevergütung durch Nichteinspeisung tagsüber nicht berücksichtigt werden. Aufgrund der Verpflichtung zur Nulleinspeisung hätte der Wechselrichter seine Ausgangsleistung reduzieren müssen, die Überschussenergie wird hier aber in den Speicher verschoben. Wenn nun die gespeicherte Energie vollständig während der Peak-Phase genutzt wird, ergibt sich folgende Ersparnis pro Tag:

$$Ersparnis_{Gesamt} = 7\text{kWh} * 0,2653 \frac{\$}{\text{kWh}} = 1,86 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 40,92 AU\$ pro Monat bzw. 286,44 AU\$ pro Jahr.

### Beispiel B3

Hat sich der Haushalt zur Nulleinspeisung verpflichtet, müssen mögliche entgangene Erträge aus der Einspeisevergütung durch Nichteinspeisung tagsüber nicht berücksichtigt werden. Aufgrund der Verpflichtung zur Nulleinspeisung hätte der Wechselrichter seine Ausgangsleistung reduzieren müssen, die Überschussenergie wird hier aber in den Speicher verschoben. Wenn nun die gespeicherte Energie vollständig während der Peak-Phase genutzt wird, ergibt sich folgende Ersparnis pro Tag:

$$Ersparnis_{Gesamt} = 7kWh * 0,631 \frac{\$}{kWh} = 4,42 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 97,24 US\$ pro Monat bzw. 680,68 US\$ pro Jahr.

## 4.4 Speicher über Nacht aus dem Netz laden

Der Energiespeicher, der zuvor in der Peak-Phase vollständig entladen wurde, kann über Nacht, wenn der Strom am günstigsten ist, wieder vollgeladen werden. So kann man morgens während Phasen mit höheren Strompreisen den Verbrauch aus dem Speicher decken und zahlt somit trotzdem nur den günstigsten Preis.

Bei diesem Anwendungsfall muss eventuell darauf geachtet werden, dass keine Energie ins Netz eingespeist wird, da dies aus rechtlicher Sicht problematisch sein könnte (z.B. durch Limitierung der Entladeleistung).

### Beispiel A4

Der Speicher, der in der Peak-Phase vollständig entladen wurde, wird während der Off-Peak-Phase in der Nacht wieder vollgeladen. Die Kosten dafür betragen:

$$Kosten = 7 kWh * 0,1671 \frac{\$}{kWh} = 1,17 \$$$

Wird der Verbrauch während einer morgendlichen Peak-Phase vollständig aus dem Batteriespeicher gedeckt, dann ergibt sich folgende Ersparnis:

$$Ersparnis_{Morgen} = 7 kWh * 0,2653 \frac{\$}{kWh} = 1,86 \$$$

Die Gesamtersparnis pro Tag, also abzüglich der Kosten für die Ladung, beträgt:

$$Ersparnis_{Gesamt} = Ersparnis_{Morgen} - Kosten = 0,69 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 15,18 AU\$ pro Monat bzw. 106,26 AU\$ pro Jahr.

Würde man die gespeicherte Energie während einer morgendlichen Shoulder-Phase verbrauchen, ergäbe das eine Ersparnis pro Tag von 0,40 AU\$ bzw. 8,80 AU\$ pro Monat bzw. 61,60 AU\$ pro Jahr.

#### Beispiel B4

Der Speicher, der in der Peak-Phase vollständig entladen wurde, wird während der Off-Peak-Phase in der Nacht wieder vollgeladen. Die Kosten dafür betragen:

$$Kosten = 7 kWh * 0,5650 \frac{\$}{kWh} = 3,96 \$$$

Wird der Verbrauch während einer morgendlichen Peak-Phase vollständig aus dem Stromspeicher gedeckt, dann ergibt sich folgende Ersparnis:

$$Ersparnis_{Morgen} = 7 kWh * 0,6310 \frac{\$}{kWh} = 4,42 \$$$

Die Gesamtersparnis pro Tag, also abzüglich der Kosten für die Ladung, beträgt:

$$Ersparnis_{Gesamt} = Ersparnis_{Morgen} - Kosten = 0,46 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 10,12 US\$ pro Monat bzw. 70,84 US\$ pro Jahr.

## 4.5 Speicher in der Nacht sperren

In Abbildung 8 sind Verbrauchsspitzen am Abend und am Morgen dargestellt. Wenn nun diese Spitzen genau in Peak-Phasen fallen (z.B. von 7:00 bis 8:30 Uhr und von 15:00 bis 21:00 Uhr), dann möchte man unter Umständen genau diese Spitzen mit der gespeicherten Energie abdecken.

In diesem Fall kann es sinnvoll sein, den Speicher nach der abendlichen Peak-Phase für den Rest der Nacht zu „sperren“. Das macht nur dann Sinn, wenn die gespeicherte Energie nicht schon vorher komplett verbraucht wurde.

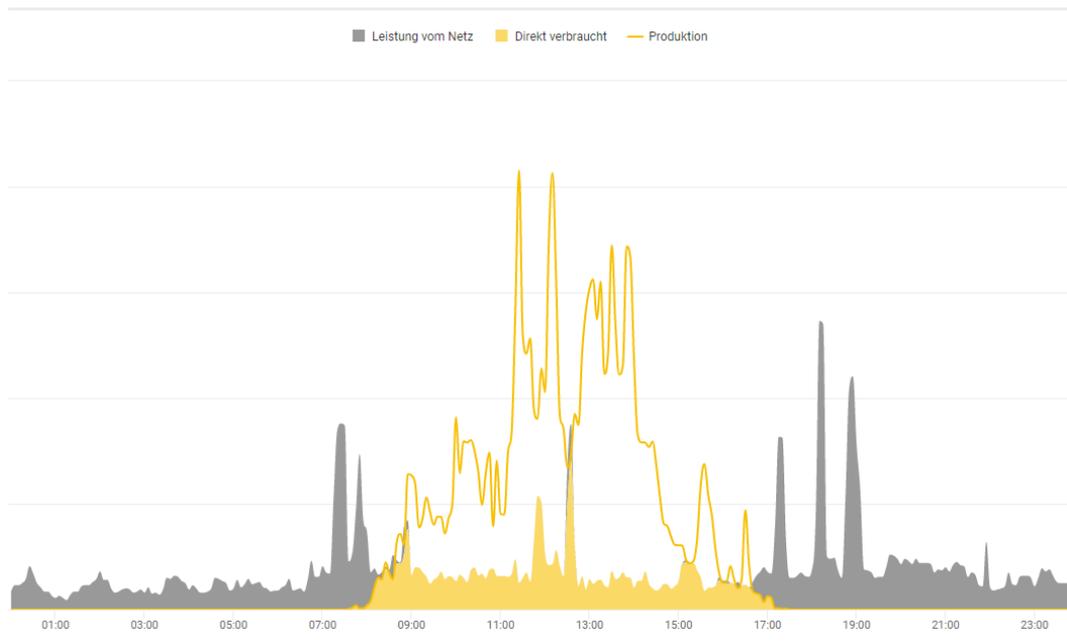


Abbildung 8: PV-Produktion und Verbrauch mit Spitzen morgens und abends

Stellt man den Speicher so ein, dass er in der Nacht nicht entladen werden darf, dann kann die gespeicherte Energie genau dann wieder genutzt werden, wenn der Strom wieder teurer ist.

Bei den vorliegenden Preisen ist dieser Anwendungsfall nur in Kombination mit einer morgendlichen Peak-Phase sinnvoll, da sonst die Einspeisung tagsüber mehr bringen könnte.

### Beispiel A5

Der vollgeladene Energiespeicher ist in der Nacht „gesperrt“, somit entlädt dieser nicht. Der Verbrauch wird nur aus dem Netz gedeckt. Da die PV-Energie tagsüber nicht ins Netz eingespeist wird, sondern zur späteren Verwendung gespeichert wird, verringern sich die Erträge aus der Einspeisevergütung um folgenden Betrag:

$$Verlust = 7 \text{ kWh} * 0,067 \frac{\$}{\text{kWh}} = 0,47 \$$$

Wird der Verbrauch während der Peak-Phasen vollständig aus dem Batteriespeicher gedeckt, dann ergibt sich folgende Ersparnis:

$$Ersparnis_{peaks} = 7 \text{ kWh} * 0,2653 \frac{\$}{\text{kWh}} = 1,86 \$$$

Das bedeutet, dass die Gesamtersparnis pro Tag wie folgt aussieht:

$$Ersparnis_{Gesamt} = Ersparnis_{peaks} - Verlust = 1,39 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 30,58 AU\$ pro Monat bzw. 214,06 AU\$ pro Jahr.

## Beispiel B5

Der vollgeladene Batteriespeicher ist in der Nacht „gesperrt“, somit entlädt dieser nicht. Der Verbrauch wird nur aus dem Netz gedeckt. Da die PV-Energie tagsüber nicht ins Netz eingespeist wird, sondern zur späteren Verwendung gespeichert wird, verringern sich die Erträge aus der Einspeisevergütung um folgenden Betrag:

$$Verlust = 7 \text{ kWh} * 0,2444 \frac{\$}{\text{kWh}} = 1,71 \$$$

Wird der Verbrauch während der Peak-Phasen vollständig aus dem Speicher gedeckt, dann ergibt sich folgende Ersparnis:

$$Ersparnis_{\text{Peaks}} = 7 \text{ kWh} * 0,6310 \frac{\$}{\text{kWh}} = 4,42 \$$$

Das bedeutet, dass die Gesamtersparnis pro Tag wie folgt aussieht:

$$Ersparnis_{\text{Gesamt}} = Ersparnis_{\text{Peaks}} - Verlust = 2,71 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 59,62 US\$ pro Monat bzw. 417,34 US\$ pro Jahr.

## 4.6 Entladung am Abend bzw. in der Nacht beschränken

Wenn es auch in den Morgenstunden eine Peak-Phase gibt, während der abendlichen Peak-Phase aber nicht übermäßig viel verbraucht wird (siehe Abbildung 9), kann es sinnvoll sein, die maximale Entladeleistung am Abend zu beschränken (und danach eine Entladung eventuell gänzlich zu verbieten). So kann man steuern, dass am Morgen noch ausreichend Energie im Speicher vorhanden ist, um den Verbrauch in der Peak-Phase abzudecken.

Es wird nur eine bestimmte maximale Entladeleistung während der Nacht zugelassen. Dadurch wird der gesamte Verbrauch am Abend (z.B. 1 kWh) und nur eine bestimmte Menge in der Nacht (z.B. 1 kWh in der Shoulder-Phase und 2,5 kWh in der restlichen Nacht bzw. 3,5 kWh in der Off-Peak-Phase) durch die gespeicherte Energie gedeckt. Der Rest (z.B. 2,5 kWh) wird in der Peak-Phase am Morgen verwendet.

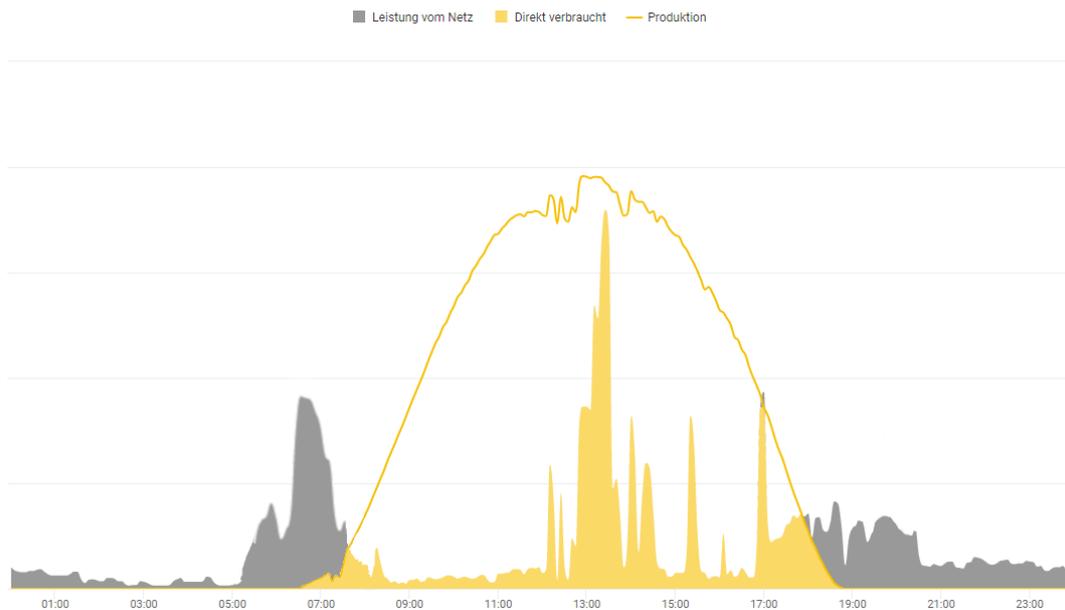


Abbildung 9: PV-Produktion und Verbrauch mit Spitze am Morgen

### Beispiel A6

Da die PV-Energie tagsüber nicht ins Netz eingespeist wird, sondern zur späteren Verwendung gespeichert wird, verringern sich die Erträge aus der Einspeisevergütung um folgenden Betrag:

$$Verlust = 7 \text{ kWh} * 0,067 \frac{\$}{\text{kWh}} = 0,47 \$$$

Die Ersparnis in der Nacht ist:

$$\begin{aligned} Ersparnis_{Nacht} &= 2,5 \text{ kWh} * 0,1671 \frac{\$}{\text{kWh}} + 1 \text{ kWh} * 0,2242 \frac{\$}{\text{kWh}} + 1 \text{ kWh} * 0,2653 \frac{\$}{\text{kWh}} \\ &= 0,91 \$ \end{aligned}$$

Die Ersparnis in den Morgenstunden ist:

$$Ersparnis_{Morgen} = 2,5 \text{ kWh} * 0,2653 \frac{\$}{\text{kWh}} = 0,66 \$$$

Die Gesamtersparnis pro Tag beträgt:

$$Ersparnis_{Gesamt} = Ersparnis_{Nacht} + Ersparnis_{Morgen} - Verlust = 1,10 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 24,20 AU\$ pro Monat bzw. 169,40 AU\$ pro Jahr.

## Beispiel B6

Da die PV-Energie tagsüber nicht ins Netz eingespeist wird, sondern zur späteren Verwendung gespeichert wird, verringern sich die Erträge aus der Einspeisevergütung um folgenden Betrag:

$$Verlust = 7 \text{ kWh} * 0,2444 \frac{\$}{\text{kWh}} = 1,71 \$$$

Die Ersparnis in der Nacht ist:

$$Ersparnis_{Nacht} = 1 \text{ kWh} * 0,6310 \frac{\$}{\text{kWh}} + 3,5 \text{ kWh} * 0,5650 \frac{\$}{\text{kWh}} = 2,61 \$$$

Die Ersparnis in den Morgenstunden ist:

$$Ersparnis_{Morgen} = 2,5 \text{ kWh} * 0,6310 \frac{\$}{\text{kWh}} = 1,58 \$$$

Die Gesamtersparnis pro Tag beträgt:

$$Ersparnis_{Gesamt} = Ersparnis_{Nacht} + Ersparnis_{Morgen} - Verlust = 2,48 \$$$

Letzten Endes ergibt das eine Ersparnis von 54,56 US\$ pro Monat bzw. 381,92 US\$ pro Jahr.

## 5. Zusammenfassung

Das vorliegende Dokument verdeutlicht, dass ein manuelles Einstellen der Lade- bzw. Entladeverhalten des Speichers einer PV-Anlage großen Mehrwert bieten kann.

Mittels richtiger Regeln für die zeitabhängige Batteriesteuerung können die Nutzer ihre Fronius Speicherlösung auf ihre individuellen Bedürfnisse abstimmen und an uhrzeitabhängige Strompreise anpassen. So können unnötig hohe Kosten für zusätzlichen vor allem teuren Strom aus dem Netz vermieden werden. Die sich ergebenden Vorteile hängen hierbei in erster Linie von der Differenz zwischen den uhrzeitabhängigen Tarifen ab. Das bedeutet, dass je größer die Tarifspreizung desto mehr lohnt es sich, den eigenen Stromspeicher auf diese Gegebenheiten einzustellen. Ist die Differenz zwischen den Tarifen jedoch nur gering, machen Vorgaben für den Speicher womöglich nur wenig Sinn. Zusätzlich können die Batteriemangement-Regeln aber wie erwähnt auch dazu genutzt werden, eine mögliche gesetzliche Abregelung der PV-Anlage zu vermeiden oder zumindest zu verzögern, wodurch das System einen höheren Ertrag liefern kann.

Wie anhand der Beispiele zu erkennen ist, kann mit dem kostenlosen Software-Feature zusätzlich zur Eigenverbrauchserhöhung durch den Batteriespeicher, typischerweise ein nicht unbeträchtlicher monetärer Vorteil pro Jahr erzielt werden.

## 6. Abkürzungen

AC	Alternating Current, Wechselstrom
AU\$	Australische Dollar
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
PV	Photovoltaik
ToU	Time of Use, zeitvariable Tarife
US\$	US Dollar