



E-AUTO KOSTENGÜNSTIG LADEN MIT FRONIUS

Feature Guide

© Fronius International GmbH

Version 1 04/2021

Produktmarketing

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

1	Allgemeine Informationen	4
1.1	Vorteile der Kombination aus Photovoltaik und E-Mobilität.....	4
1.1.1	Monetäre Vorteile.....	4
1.1.2	Schonung der Batterie des Elektrofahrzeugs	7
1.2	Unterscheidung der Ladeformen	7
1.2.1	Ladung mit Wechselstrom (AC).....	7
1.2.2	Ladung mit Gleichstrom (DC)	8
1.3	Reichweite und Verbrauch.....	8
1.4	Begrenzende Faktoren bei der Ladung von Elektrofahrzeugen	9
2	Ladelösungen in Kombination mit Fronius Wechselrichtern	10
2.1	Dynamisches PV-Überschussladen	10
2.1.1	Monetäre Auswirkungen der dynamischen PV-Überschussladung	10
2.1.2	Funktionsprinzip	15
2.1.3	Übersicht von kompatiblen Ladelösungen zur dynamischen PV-Überschussladung	17
2.2	Laden mit dem integrierten Energiemanagement der Fronius Wechselrichter	19
2.2.1	Monetäre Auswirkungen der Ladung mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement ..	19
2.2.2	Funktionsprinzip.....	23
2.2.3	Übersicht von kompatiblen Lösungen für die Ladung mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement	25
2.3	Manuelles Laden mit PV-Energie	26
2.3.1	Monetäre Auswirkungen der manuellen Ladung mit PV-Energie.....	27
2.3.2	Übersicht von kompatiblen Lösungen für die manuelle Ladung mit PV-Energie	32
3	Batteriespeicher in Kombination mit einem Elektroauto	33
4	Fazit	35
5	Anhang	36
5.1	Annahmen für die Berechnungen	36
5.2	Beschreibung der Ladeprofile	37
5.3	Übersicht über alle kompatiblen Ladelösungen.....	38

1 ALLGEMEINE INFORMATIONEN

Ein großer Bestandteil der Vision 24 Stunden Sonne von Fronius ist die Integration bzw. Elektrifizierung aller Energiesektoren. Die Mobilität ist dabei einer der energieintensivsten Sektoren. Um die Energiewende voranzutreiben und eine nachhaltige Zukunft zu ermöglichen, ist der Umstieg auf Elektrofahrzeuge essenziell. Sowohl im privaten Individualverkehr als auch im gewerblichen Sektor. Fronius Wechselrichter ermöglichen die einfache Integration des Sektors E-Mobilität in die Photovoltaik. In diesem Paper sollen die verschiedenen Ladevarianten mit Fronius Wechselrichtern aufgezeigt und die jeweiligen Vorteile beschrieben werden. Außerdem soll es einen Überblick über die gängigsten Ladelösungen im Bereich E-Mobilität bieten.

1.1 Vorteile der Kombination aus Photovoltaik und E-Mobilität

Die Photovoltaik und die E-Mobilität ergänzen sich optimal – sie bilden sozusagen ein perfektes Match. In diesem Kapitel wird erläutert, wie sich die Kombination von PV und Elektromobilität sowohl monetär als auch auf die Batterie des Elektrofahrzeugs (vorteilhaft) auswirkt.

1.1.1 Monetäre Vorteile

In den Anfangszeiten der Photovoltaik wurde meist 100% der erzeugten Solarenergie in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Der Grund dafür lag in den hohen Einspeisevergütungen, die bis zu 40 Eurocent/kWh ausmachen konnten. In den letzten Jahren entwickelte sich der Trend in den meisten Ländern jedoch in Richtung Eigenverbrauch. Es ist mittlerweile wirtschaftlicher, die selbst produzierte Energie aus der PV-Anlage im eigenen Haushalt zu verbrauchen, da die Einspeisevergütungen unter den Strombezugskosten liegen. Das Ziel sollte daher immer die Maximierung des Eigenverbrauchs sein.

Auch Elektrofahrzeuge benötigen natürlich elektrische Energie – und zwar eine ganze Menge. Das Laden des Elektrofahrzeugs mit der Energie aus der eigenen PV-Anlage hat somit mehrere Vorteile:

- / Maßgebliche Erhöhung der PV-Eigenverbrauchsquote
- / Schnellere Amortisation des PV-Systems
- / Günstigste Energie für das Elektrofahrzeug
- / Emissionsfreie Energie für das E-Auto
- / Reduzierte Abhängigkeit vom öffentlichen Stromnetz

Der Verbrauch eines Elektroautos liegt typischerweise zwischen 15 und 18 kWh pro 100 km. Mit einem klassischen Stromtarif von rund 0,3 € pro kWh (Deutschland) kosten 100 km Fahrleistung mit einem Elektroauto somit rund fünf Euro. „Tankt“ man jedoch sein Elektroauto ausschließlich mit Sonnenstrom, so entstehen **Kosten von lediglich einem Euro pro 100 km**. Wie kommt man nun auf diesen einen Euro? Bei einer typischen PV-Anlage rechnet man mit Investitionskosten von rund 1200 € pro kWp installierte Leistung.

Außerdem werden ein Ertrag von 1000 kWh/kWp (Deutschland) sowie eine Nutzungsdauer von mindestens 20 Jahren angenommen. Rechnet man sich jetzt den Preis pro kWh selbst erzeugter PV-Energie aus, so kommt man auf 6 Cent pro kWh. **Bei einem Verbrauch des Elektroautos von 16 kWh/100km ergeben sich somit Kosten von rund einem Euro*. Folglich ist es insgesamt um ein 5-faches günstiger mit eigener PV-Energie zu laden!**

Wie sich die unterschiedlichen Ladevarianten im Detail monetär auswirken können, wird im Kapitel 2 beschrieben.

*Die Berechnungen sind vereinfacht. Kapitalkosten, Reparaturen, Wartung sowie Moduldegradation sind nicht enthalten. Jedoch kann die Anlage auch länger als 20 Jahre betrieben werden.

Folglich soll auch noch ein Energiekostenvergleich zwischen einem Elektroauto und einem Auto mit Verbrennungsmotor über 10 Jahre angestellt werden.

Folgende Annahmen wurden getätigt:

- / 20.000 km Fahrleistung pro Jahr
- / 10 Jahre Fahrbetrieb
- / Verbrauch E-Auto: 16 kWh/100 km
- / Verbrauch Verbrenner: 7l/100 km
- / Durchschnittlicher Preis pro Liter Kraftstoff für Verbrenner: €1,3 (Stand 2021 - Deutschland)
- / Alle weiteren Annahmen für das Elektroauto (Strombezugspreise aus dem Netz, Strompreissteigerung/Jahr etc.) wurden aus der Tabelle im Anhang übernommen

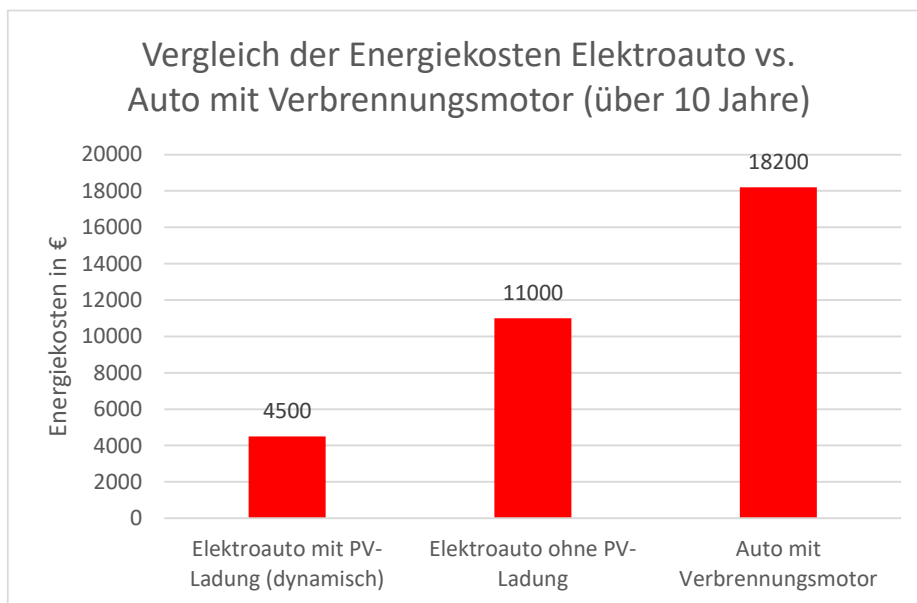


Abbildung 1: Kostenvergleich eines Elektroautos und eines Autos mit Verbrennungsmotor

Wie in Abbildung 1 ersichtlich ist, belaufen sich die Kosten der Elektroautoladung in Kombination mit Photovoltaik auf lediglich rund 4500 € über 10 Jahre. Die Ladung des E-Autos ohne PV-Energie beläuft sich auf ca. 11.000 €. Natürlich ist diese Ladung stark vom Strombezugspreis abhängig. Am schlechtesten schneidet das Auto mit Verbrennungsmotor ab. Alleine die Kosten für den Kraftstoff belaufen sich auf ca. 18.200 in 10 Jahren. Die höheren Service- und Wartungskosten für Autos mit Verbrennungsmotoren sowie die mögliche Preissteigerung für Diesel und Benzin sind bei dieser Berechnung nicht berücksichtigt.

Es kann somit schlussgefolgert werden, dass die Kombination aus Photovoltaik und E-Mobilität die wirtschaftlichste Lösung zur Ladung eines Elektrofahrzeugs darstellt.

1.1.2 Schonung der Batterie des Elektrofahrzeugs

Ein wichtiger Faktor bei der Entscheidung für ein Elektroauto ist die Lebensdauer der Batterie. Diese hängt unter anderem stark von der Ladeform ab. Eine zu starke oder zu schwache Beanspruchung der Batterie kann sich nachteilig auf die Lebensdauer auswirken. Wird beispielsweise eine Batterie mit einer Kapazität von 30 kWh mit einer Leistung von 60 kW oder mehr geladen, dann ist diese schneller voll. Jedoch werden die Zellen der Batterie dabei übermäßig beansprucht. Dies kann die Lebensdauer der Batterie negativ beeinflussen. Fälschlicherweise könnte man daher annehmen, dass die Batterie so langsam wie möglich geladen werden sollte. Dies ist jedoch ebenso nicht der optimale Weg. Während des Ladevorgangs liegt an den Zellen eine höhere Spannung an als im Normalzustand. Dies führt während des Ladevorgangs zur Alterung der Batteriezellen. Je länger der Ladevorgang andauert, desto stärker sind die Alterungserscheinungen. Es ist daher ratsam einen guten Mittelweg hinsichtlich der Ladeleistung und der Ladedauer zu finden.

Hier zeigt sich ein weiterer Vorteil der Ladung mit PV-Überschuss. In Kombination mit einer PV-Anlage wird ein Fahrzeug meist mit Leistungen zwischen 4 und 8 kW versorgt. Diese Ladeleistung stellt einen optimalen Kompromiss zwischen zu schneller und zu langsamer Ladung dar. Die Ladung in Kombination mit einem PV-System wirkt sich folglich positiv auf die Lebensdauer der Batterie des Elektrofahrzeugs aus.

1.2 Unterscheidung der Ladeformen

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Batterie eines Elektrofahrzeuges aufzuladen. Man unterscheidet zwischen der Wechselstrom (AC) – und der Gleichstromtechnologie (DC). Die beiden Technologien unterscheiden sich dabei sowohl bei den Ladesteckern als auch bei der benötigten Ladeinfrastruktur. Hierbei spricht man von Ladestandards, von denen sich im europäischen Raum die drei wesentlichen Steckerarten Typ 2, CHAdeMO und CCS durchgesetzt haben.

1.2.1 Ladung mit Wechselstrom (AC)

Die Ladung mit Wechselstrom ist die gängigste Art der E-Auto Ladung. Jedes Elektroauto ist dafür geeignet, mit Wechselstrom geladen zu werden. Das On-Board-Ladegerät des Fahrzeugs wandelt hierfür den Wechselstrom in Gleichstrom um, der für die Ladung der Batterie benötigt wird. Je nach verbautem Ladegerät kann die AC-Ladeleistung variieren. Ein VW e-up! lädt beispielsweise nur mit 3,7 kW, wohingegen ein aktueller Renault ZOE mit bis zu 22 kW lädt und damit deutlich schneller wieder voll ist. Zur Absicherung und Kommunikation mit dem Fahrzeug benötigt man nun noch eine Ladebox. Diese gewährleistet meist zuhause oder an halböffentlichen Plätzen – etwa einem Firmengelände oder Parkhäusern – eine sichere und komfortable Aufladung von Elektroautos. Klassische 230V-Haushaltssteckdosen sollten aufgrund der langen Ladezeiten und der Problematik der dauerhaft hohen Belastungen nicht verwendet werden. Daher wird für die Ladung mit Wechselstrom in der Europäischen Union hauptsächlich der Typ 2 Stecker wie in der folgenden Abbildung verwendet:



Abbildung 2: Typ 2 Ladestecker für Elektrofahrzeuge

1.2.2 Ladung mit Gleichstrom (DC)

Bei manchen Elektroautos gibt es eine schnellere Alternative zum AC-Laden: die Gleichstrom- oder auch DC-Ladestation. Der Strom wird hier direkt in die Batterie geladen. Diese sogenannten Schnellladestationen ermöglichen hohe Ladeleistungen. Nissan LEAF erlaubt beispielsweise bis zu 50 kW Ladeleistung, Hyundai Ioniq bis zu 70 kW und Tesla derzeit bis zu 250 kW. Allerdings sind DC-Ladestationen deutlich teurer als AC-Ladestationen und werden daher hauptsächlich im öffentlichen Bereich eingesetzt. Außerdem kann sich eine schnelle Ladung wie in Kapitel 1.1.2 beschrieben nachteilig auf die Lebensdauer der Batterie auswirken.

1.3 Reichweite und Verbrauch

Die nutzbare Batteriekapazität eines Fahrzeugs variiert stark nach Type und Hersteller. Kleine Stadtfahrzeuge bieten Kapazitäten von 20 kWh, während Reiselimousinen bis zu 120 kWh speichern können. Je nach Batteriegröße und Verbrauch des Fahrzeugs ergeben sich somit unterschiedliche Reichweiten von 150 bis 700 km Reichweite. Der typische Verbrauch der meisten Elektrofahrzeuge liegt bei ungefähr 16 kWh auf 100 km. Damit ermöglicht zum Beispiel ein Fahrzeug mit einem 64 kWh Akku eine Reichweite von 400 km bei einem Verbrauch von 16 kWh/100 km.

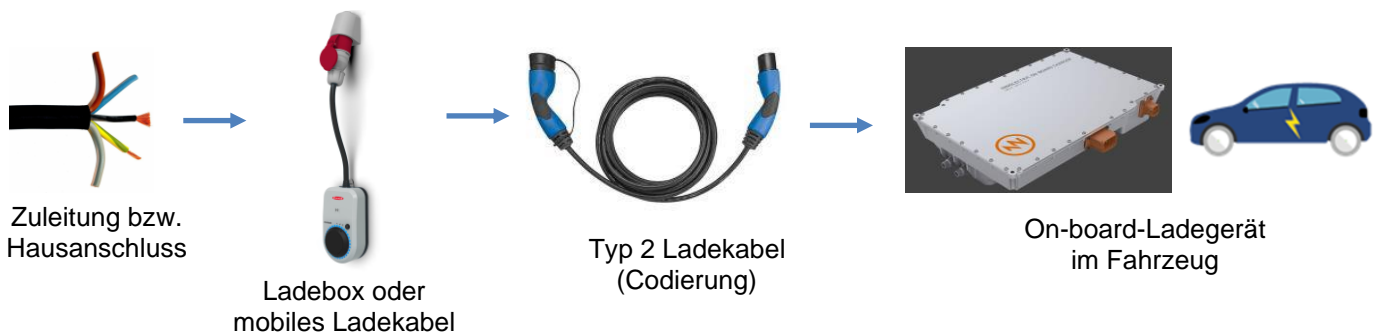
1.4 Begrenzende Faktoren bei der Ladung von Elektrofahrzeugen

Die maximal erreichbare Ladeleistung eines Elektrofahrzeuges hängt grundsätzlich von 4 Faktoren ab:

- / Die verwendete Zuleitung (Anschlusskabel) bzw. die Absicherung des Hausanschlusses
- / Das verwendete, mobile Ladekabel bzw. die verwendete Ladebox
- / Das verwendete Typ 2 Ladekabel (Codierung der Stromstärke)
- / Das On-board-Ladegerät im Fahrzeug (1-,2- bzw. 3 phasige Ausführung, und maximaler Ladestrom)

Ausschlaggebend für die tatsächlich erreichbare Ladeleistung ist immer das schwächste Glied in dieser Kette.

Bei der Auslegung und Installation der Ladelösung müssen alle 4 Faktoren berücksichtigt werden.



2 LADELÖSUNGEN IN KOMBINATION MIT FRONIUS WECHSELRICHTERN

Im folgenden Kapitel werden verschiedene Möglichkeiten bzw. Lösungen präsentiert, wie ein Elektroauto mit Energie aus einer Photovoltaik-Anlage kostengünstig geladen werden kann.

Dabei wird zwischen drei verschiedenen Ladelösungen unterschieden:

- / Dynamische PV-Überschussladung
- / Laden mit dem integrierten Energiemanagement der Fronius Wechselrichter
- / Manuelles Laden mit PV-Energie

2.1 Dynamisches PV-Überschussladen

Unter dynamischem Überschussladen versteht man das Laden eines Elektrofahrzeuges mit der Energie einer PV-Anlage die im Haushalt oder Betrieb gerade nicht von anderen elektrischen Verbrauchern benötigt wird und somit ansonsten in das öffentliche Netz eingespeist würde.

Bei der dynamischen Ladung kann der vorhandene Überschuss aus der Photovoltaik-Anlage sehr effizient und in vollem Ausmaß in das Elektrofahrzeug geladen werden.

2.1.1 Monetäre Auswirkungen der dynamischen PV-Überschussladung

Der große Vorteil der dynamischen Überschussladung liegt darin, dass sich der Ladevorgang des Elektrofahrzeugs optimal am vorhandenen PV-Überschuss orientiert. Somit kann die Einspeisung in das öffentliche Stromnetz auf ein Minimum reduziert werden. Ein weiterer Vorteil dieser Lösung ist, dass die Ladung automatisch startet, sobald alle Konfigurationen vorgenommen wurden und PV-Überschuss vorhanden ist.

Wie sich eine dynamische PV-Überschussladung monetär auswirken kann, wird in den folgenden Beispielen aufgezeigt. Alle Annahmen, die für die Berechnungen getroffen wurden, sind im Anhang ersichtlich.

Beispiel 1*:

Kunde mit Elektroauto fährt etwa 20.000 km jährlich / 60 km täglich

Lademodus: Dynamische PV-Überschussladung

Ladeprofil: „Tagsüber zu Hause“

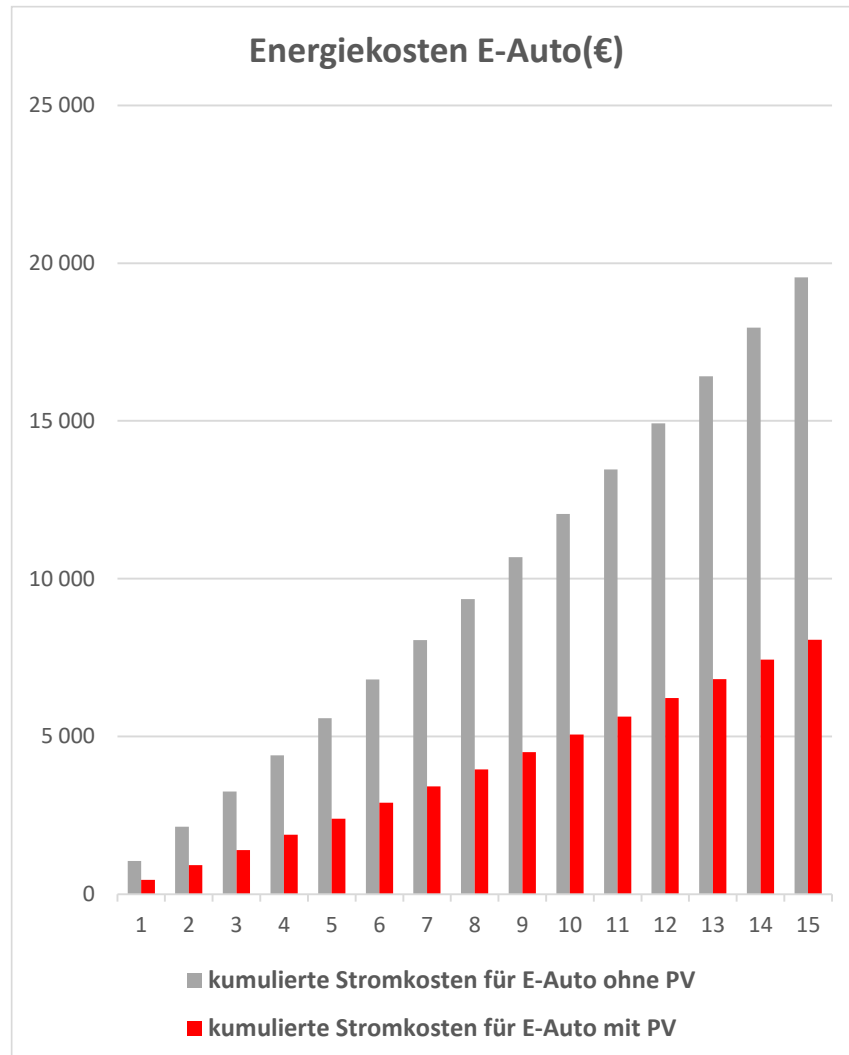


Abbildung 3: Kumulierte Energiekosten für ein E-Auto mit und ohne PV-Anlage

In Abbildung 3 werden die kumulierten Energiekosten für ein Elektroauto mit Photovoltaik-Anlage bei einer dynamischen PV-Überschussladung (Ladeprofil „Tagsüber zu Hause“) und ohne Photovoltaik-Anlage gegenübergestellt.

*Bei allen Berechnungen in diesem Paper (Beispiel 1-6) wurde eine Kombination aus Photovoltaik Überschussladung und Ladung mit Netzstrom angenommen. Mehr Informationen zu den Ladeprofilen finden Sie in Kapitel 5.2.

Kumulierte Energiekosteneinsparung durch eine dynamische PV-Überschussladung über 10 Jahre (Ladeprofil - Tagsüber):

Kostensparnis									
Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10
€595	€1 211	€1 850	€2 511	€3 195	€3 904	€4 637	€5 397	€6 182	€6 994

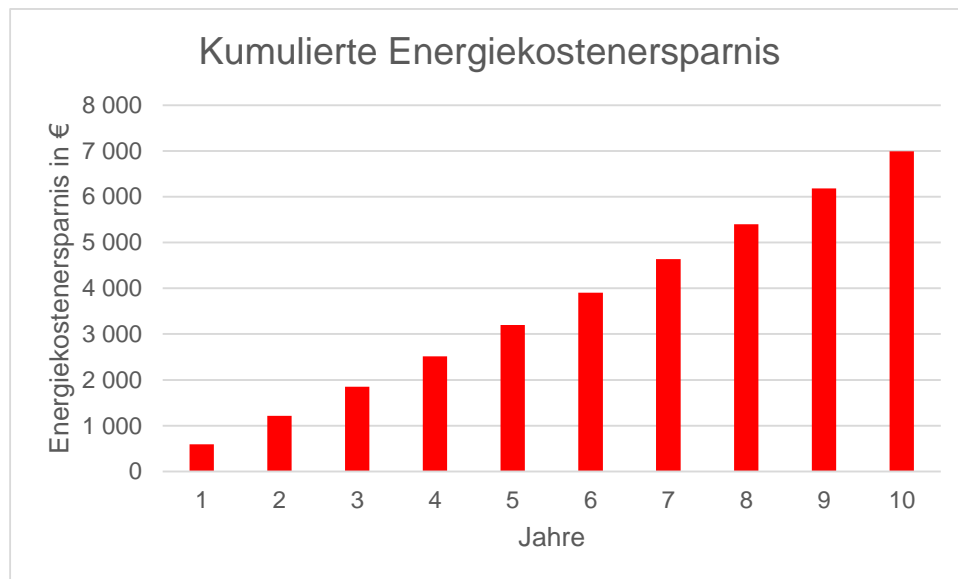


Abbildung 4: Kumulierte Energiekostensparnis über 10 Jahre in €

In Abbildung 4 werden die kumulierten Energiekostensparnisse der dynamischen PV-Überschussladung mit dem Ladeprofil „Tagsüber zu Hause“ über 10 Jahre dargestellt.

Wird das Elektrofahrzeug tagsüber dynamisch mit PV-Überschuss geladen, so können sich Einsparungen von bis zu 595 € pro Jahr ergeben. Das ist eine Energiekosteneinsparung von 68% gegenüber dem Laden ohne PV-Anlage. Über 10 Jahre hinweg können, unter Berücksichtigung einer 3% Preissteigerung, somit bis zu 6.994 € eingespart werden.

Beispiel 2:

Kunde mit Elektroauto fährt etwa 20.000 km jährlich / 60 km täglich

Lademodus: Dynamische PV-Überschussladung

Ladeprofil: „40 Stunden Job“

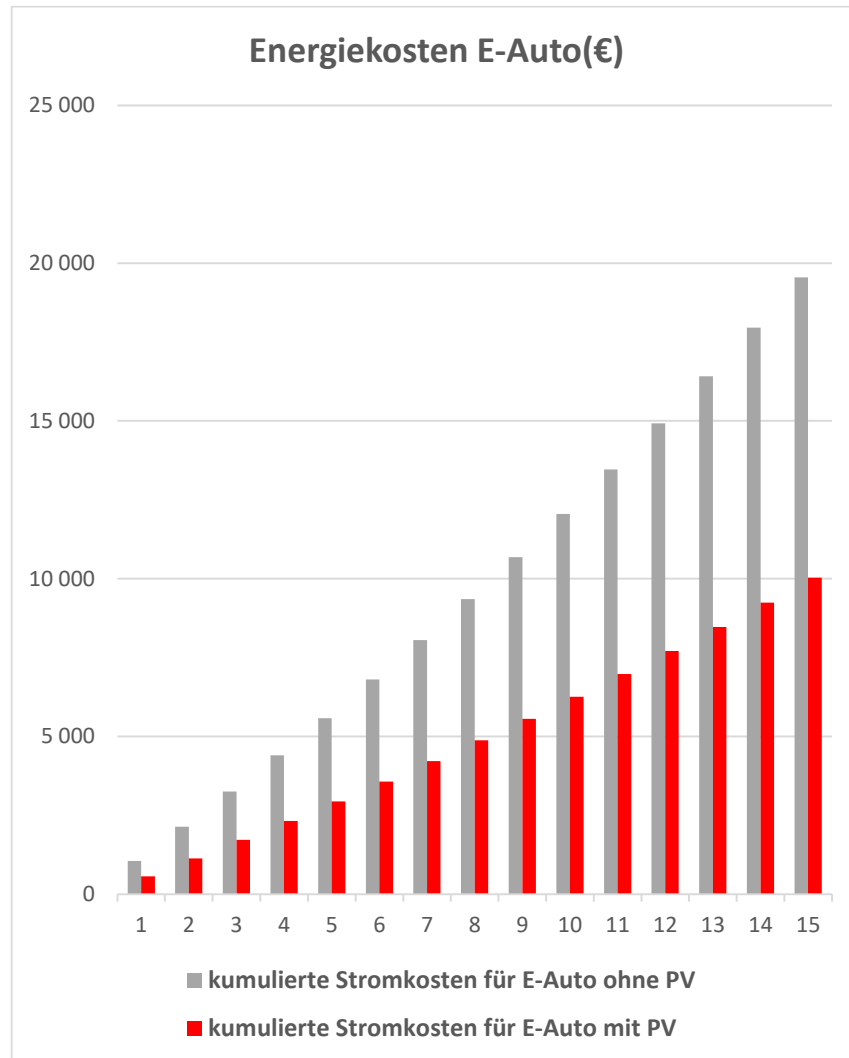


Abbildung 5: Kumulierte Energiekosten für ein E-Auto mit und ohne PV-Anlage

In Abbildung 5 werden die kumulierten Energiekosten für ein Elektroauto mit Photovoltaik-Anlage bei einer dynamischen PV-Überschussladung (Ladeprofil „40 Stunden Job“) und ohne Photovoltaik-Anlage dargestellt.

Kumulierte Energiekosteneinsparung durch eine dynamische PV-Überschussladung über 10 Jahre (Ladeprofil - 40 Stunden Job):

Kostensparnis									
Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10
€493	€1 003	€1 532	€2 079	€2 646	€3 233	€3 840	€4 469	€5 119	€5 792

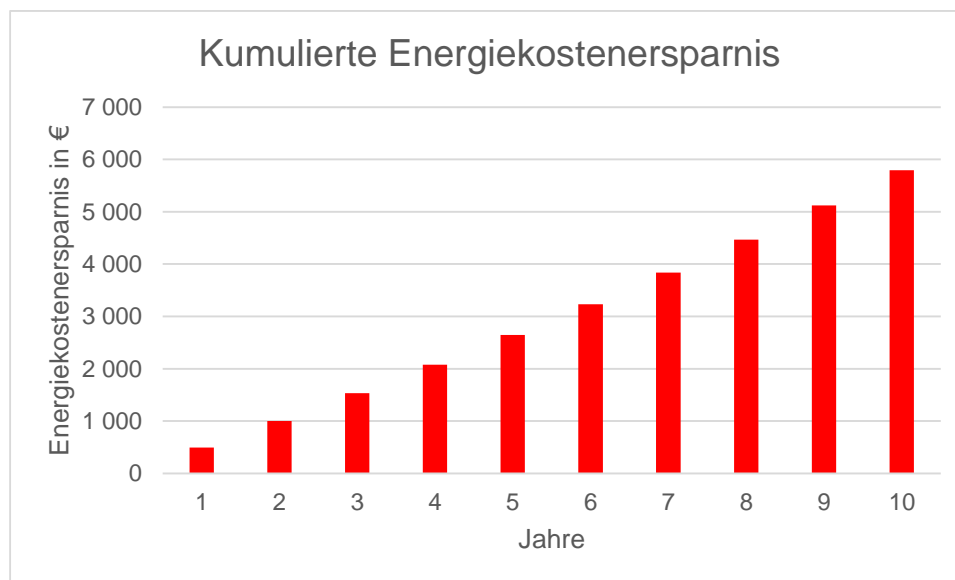


Abbildung 6: Kumulierte Energiekostensparnis über 10 Jahre in €

In Abbildung 6 werden die kumulierten Energiekostensparnisse der dynamischen PV-Überschussladung mit dem Ladeprofil „40 Stunden Job“ über 10 Jahre dargestellt.

Die Ladung des Elektrofahrzeugs mit PV-Überschuss tagsüber ist grundsätzlich am ökonomischsten. Auch wenn das Elektrofahrzeug vorwiegend nur in den frühen Morgenstunden und am späteren Nachmittag/Abend geladen wird, können die Energiekosten mit einer dynamischen PV-Überschussladung deutlich gesenkt werden. Das ergibt sich daraus, dass die täglich benötigte Energiemenge für den täglichen Weg zur Arbeit für das Elektrofahrzeug typischerweise nicht mehr als 8-12 kWh beträgt.

Diese Menge an Energie kann häufig sogar an den Randzeiten der Energie-Produktion von der PV-Anlage bereitgestellt und in das Elektroauto geladen werden.

Somit ergeben sich für diese Situation rechnerisch Einsparungen von bis zu 493 € pro Jahr. Das bedeutet eine Energiekosteneinsparung von 56% gegenüber der Ladung ohne PV-Anlage. Über 10 Jahre hinweg können somit bis zu 5.792 € eingespart werden.

2.1.2 Funktionsprinzip

Mit Hilfe einer intelligenten Ladelösung, die mit dem Wechselrichter und einem Smart Meter kommuniziert, wird die Energie aus der PV-Anlage, mit Regelung in einzelnen Ampereschritten, in das Elektrofahrzeug geladen. Die Regelung nach einzelnen Ampereschritten wird in diesem Fall vom Typ 2 Ladestandard vorgegeben. Die minimale Ladeleistung beträgt bei der Ladung eines Elektroautos 1,38 kW. Ab dieser Überschussmenge kann das Auto dann in Ampereschritten geladen werden. Bei einer einphasigen Ladung ergeben sich somit 230 Watt Schritte. Wird das Elektroauto dreiphasig geladen, so wird in 690 Watt Schritten geladen. Gewisse intelligente Ladelösungen wie beispielsweise der Fronius Wattpilot können automatisch zwischen ein- und dreiphasiger Ladung umschalten.

Durch die Limitierungen des Typ 2 Ladestandards ist somit eine stufenlose, also wattgenaue Regelung bei der Ladung von E-Autos nicht möglich.

Die Kommunikation zwischen Wechselrichter und intelligenter Ladebox basiert auf den offenen Schnittstellen (beispielsweise Solar API oder Modbus RTU), die bei allen Fronius Wechselrichtern implementiert sind. Diese Schnittstellen ermöglicht eine optimale Abstimmung zwischen den Geräten.

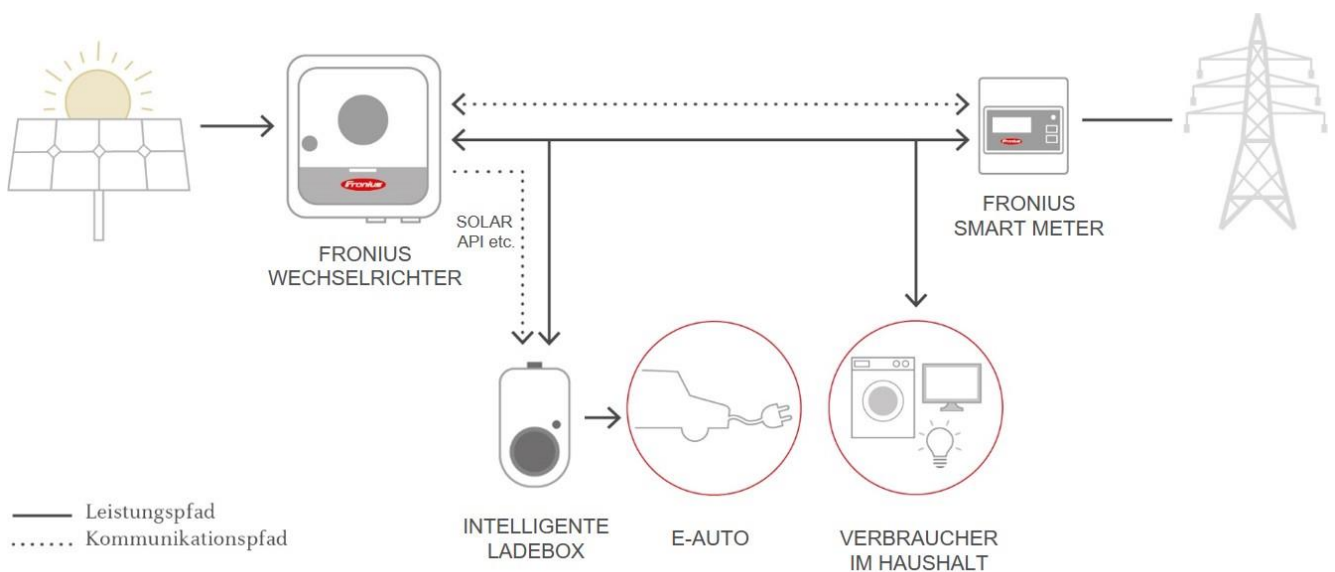


Abbildung 7: Konfigurationsschema "Dynamische PV-Überschussladung"

Abbildung 7 zeigt ein Konfigurationsschema einer dynamischen PV-Überschussladung. Wie schon erwähnt, kommuniziert der Fronius Wechselrichter über offene Schnittstellen direkt mit der intelligenten Ladebox. Ein Fronius Smart Meter ist für eine dynamische PV-Überschussladung essenziell.

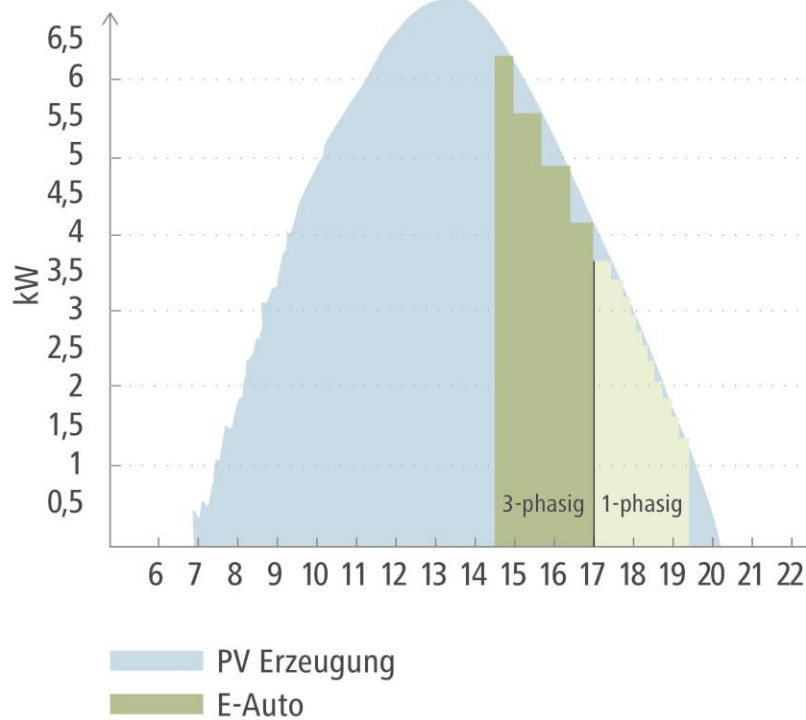







Abbildung 8: Funktionsweise "Dynamische PV-Überschussladung"

In Abbildung 8 ist die Funktionsweise der dynamischen Überschussladung dargestellt. Der Kunde in diesem Beispiel beginnt um 14:30 Uhr mit der Ladung seines Fahrzeugs. Da ausreichend viel PV-Überschuss vorhanden ist, startet die Ladung 3-phasig. Um 17:00 Uhr wechselt dann die Ladebox auf eine einphasige Ladung. Wie schon erwähnt, können nur bestimmte Ladeboxen, wie beispielsweise der Fronius Wattpilot, zwischen 1- und 3-phasiger Ladung umschalten.

2.1.3 Übersicht von kompatiblen Ladelösungen zur dynamischen PV-Überschussladung

In der folgenden Tabelle wird eine Auswahl an intelligenten Lösungen zur dynamischen PV-Überschussladung aufgezeigt, die mit den Wechselrichtern von Fronius (SnapINverter, GEN24 und GEN24 Plus) kompatibel sind.

	Fronius Wattpilot Go	Fronius Wattpilot Home	Hardy Barth cPH1	NRGkick	openWB series2
					
Überschussladen mit 1-/3-Phasenumschaltung	✓	✓	✗	✗	✓
Kompatibilität mit variablen Stromtarifen	✓	✓	✗	✗	✓
RFID Authentifikation	✓	✓	✓	✗	✓
Eigenständige App	✓	✓	✗	✓	✗
Automatische Adaptererkennung	✓	✓	✗	✓	✗
Mobile Lösung	✓	✗	✗	✓	✗
PV-Überschussladung ohne zusätzliche Hardware möglich	✓	✓	✗ ¹	✗ ²	✓

- 1) Nur mit zugehörigen eCB1 Modul möglich
- 2) Nur mit zugehörigen NRGkick Connect möglich

Überschussladen mit 1-/3-Phasenumschaltung: die Ladebox kann automatisch zwischen einer ein- und dreiphasigen Überschussladung umschalten. Somit kann der gesamte Leistungsbereich einer PV-Anlage von 1,38 bis 22 kW (je nach Leistung der Ladebox) genutzt werden.

Kompatibilität mit variablen Stromtarifen: die Ladebox ist mit variablen Stromtarifen kompatibel und kann somit auch beispielsweise nachts günstig laden, wenn der Strombezugspreis niedrig ist.

RFID Authentifikation: die RFID Authentifizierung ermöglicht einen personalisierten Zugang zur Ladebox mit RFID Karten oder Chips. Die geladenen Energiemengen können somit den einzelnen Karten oder Chips zugewiesen werden.

Eigenständige App: die Ladebox kann mit einer zugehörigen App in Betrieb genommen, visualisiert und gesteuert werden.

Automatische Adaptererkennung: die Ladebox erkennt automatisch, sobald ein Adapterkabel (beispielsweise eine Adaptierung von 16A auf einen Schuko-Stecker) angesteckt wurde.

Mobile Lösung: die Ladebox kann überall hin mitgenommen werden.

PV-Überschussladung ohne zusätzliche Hardware möglich: die zusätzliche Hardware zur PV-Überschussladung ist in der Ladebox integriert. Es sind keine zusätzlichen Komponenten nötig.

Es gibt auch andere Ladelösungen am Markt, mit denen eine dynamische PV-Überschussladung mit Fronius Wechselrichtern realisierbar ist. Diese müssen jedoch mit einem externen Energiemanagementsystem kombiniert werden:

Ladelösung	Externes Energiemanagement
Keba P20/P30 b-Serie	Loxone / BayWa sonniQ
Keba P20/P30 c/x-Serie	Loxone / BayWa sonniQ
Mennekes AMTRON Xtra / Premium	BayWa sonniQ
Heidelberg Wallbox Energy Control	BayWa sonniQ

2.2 Laden mit dem integrierten Energiemanagement der Fronius Wechselrichter

Eine weitere Möglichkeit zur Ladung eines Elektroautos mit PV-Überschuss ist die Ladung mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement von Fronius. Diese kann auf zwei verschiedenen Arten realisiert werden:

- / Ansteuerung einer Ladebox mit PV-Überschuss
- / Ansteuerung einer Ladesteckdose mit PV-Überschuss

Ein wesentlicher Vorteil der Ladung mit dem Energiemanagement der Fronius Wechselrichter liegt darin, dass auch über eine Ladesteckdose geladen werden kann. Somit muss nicht zwingend in eine zusätzliche Ladebox investiert werden.

2.2.1 Monetäre Auswirkungen der Ladung mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement

Wie sich eine PV-Überschussladung mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement monetär auswirken kann, wird wieder in den folgenden Beispielen aufgezeigt. Alle Annahmen, die für die Berechnungen getroffen wurden, sind im Anhang ersichtlich.

Beispiel 3:

Kunde mit Elektroauto fährt etwa 20.000 km jährlich / 60 km täglich

Lademodus: Ladung mit dem wechsellrichterintegrierten Energiemanagement

Ladeprofil: „Tagsüber zu Hause“

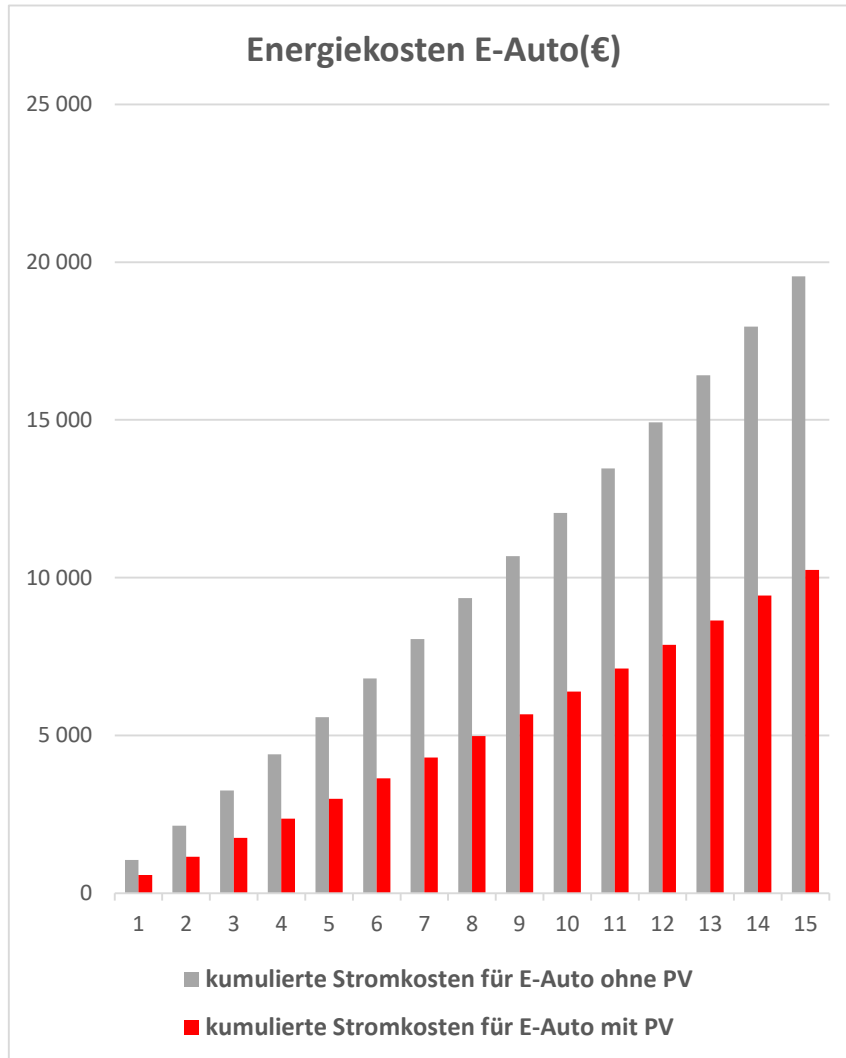


Abbildung 9: Kumulierte Energiekosten für ein E-Auto mit und ohne PV-Anlage

In Abbildung 9 werden die kumulierten Energiekosten für ein Elektroauto mit Photovoltaik-Anlage bei einer PV-Überschussladung mit dem wechsellrichterintegrierten Energiemanagement (Ladeprofil „Tagsüber zu Hause“) sowie ohne Photovoltaik-Anlage gegenübergestellt.

Kumulierte Energiekosteneinsparung durch eine Ladung mit dem wechsellrichterintegrierten Energiemanagement über 10 Jahre (Ladeprofil - Tagsüber):

Kostensparnis									
Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10
482€	981€	1 498€	2 034€	2 588€	3 162€	3 756€	4 371€	5 007€	5 666€

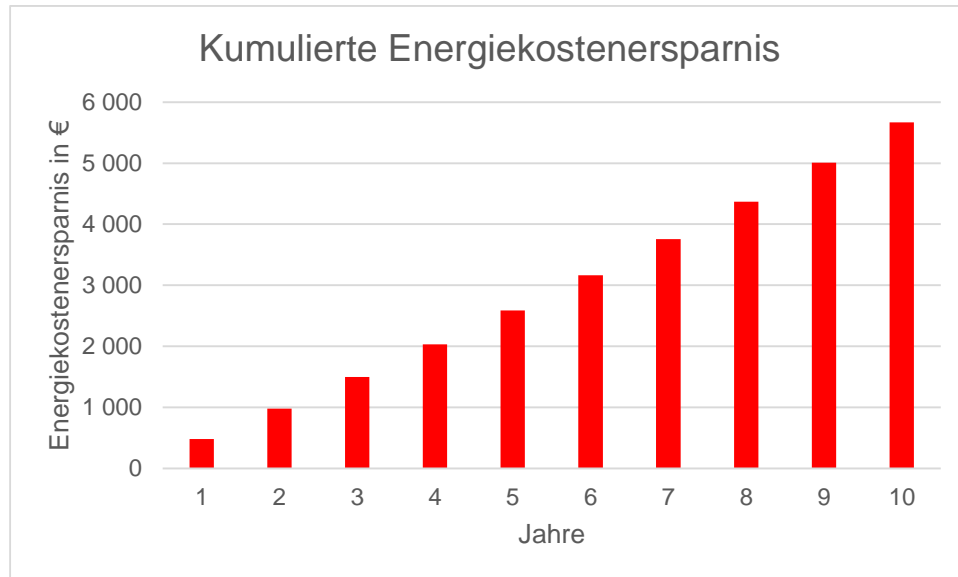


Abbildung 10: Kumulierte Energiekostensparnis über 10 Jahre in €

In Abbildung 10 werden die kumulierten Energiekostensparnisse der dynamischen PV-Überschussladung mit dem Ladeprofil „Tagsüber zu Hause“ über 10 Jahre dargestellt.

Auch mit der PV-Überschussladung (tagsüber) mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement können jährlich bis zu 482 € eingespart werden. Das ist eine Energiekosteneinsparung von 55% gegenüber der Ladung ohne PV-Anlage. Über 10 Jahre hinweg können somit bis zu 5.666 € eingespart werden.

Beispiel 4:

Kunde mit Elektroauto fährt etwa 20.000 km jährlich / 60 km täglich

Lademodus: Ladung mit dem wechsellrichterintegrierten Energiemanagement

Ladeprofil: „40 Stunden Job“

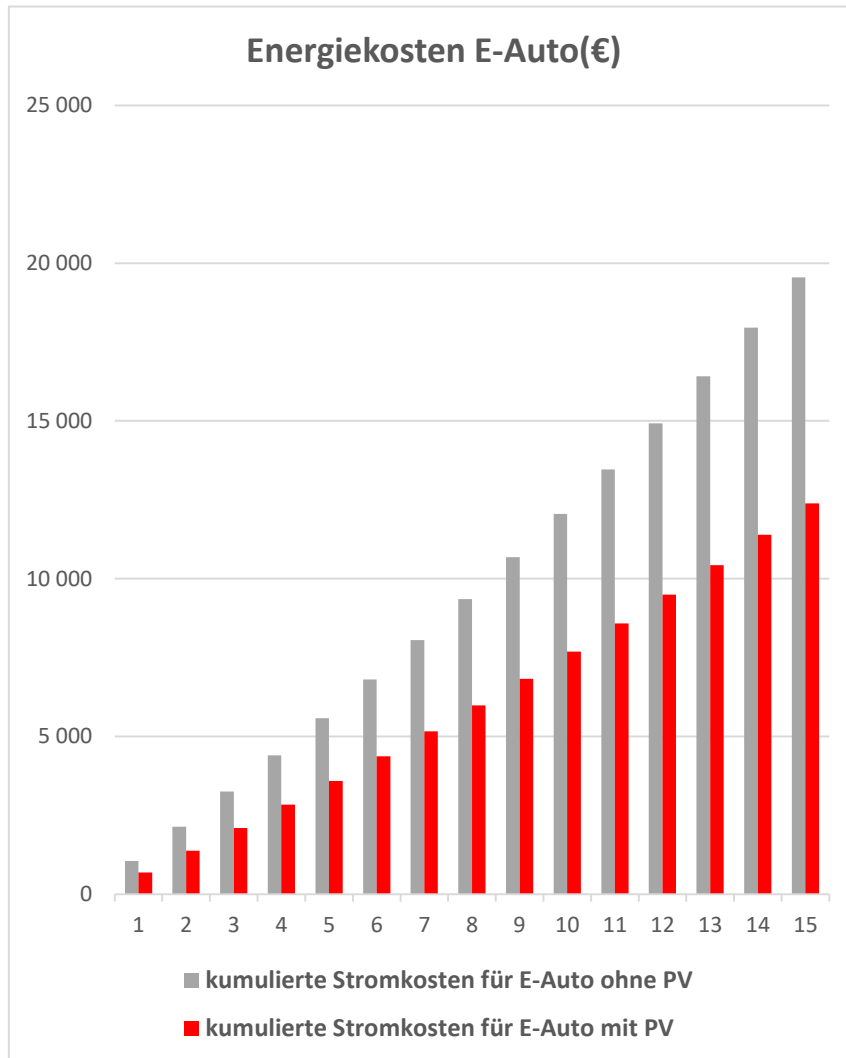


Abbildung 11: Kumulierte Energiekosten für ein E-Auto mit und ohne PV-Anlage

In Abbildung 11 werden die kumulierten Energiekosten für ein Elektroauto mit Photovoltaik-Anlage bei einer PV-Überschusslandung mit dem wechsellrichterintegrierten Energiemanagement (Ladeprofil „40 Stunden Job“) sowie ohne Photovoltaik-Anlage gegenübergestellt.

Kumulierte Energiekosteneinsparung durch eine Ladung mit dem wechsellrichterintegrierten Energiemanagement über 10 Jahre (Ladeprofil – 40 Stunden Job):

Kostensparnis									
Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10
€371	€755	€1 153	€1 565	€1 992	€2 434	€2 891	€3 364	€3 854	€4 360

Auch mit dem Ladeprofil einer vollbeschäftigten Person können bis zu 371 € pro Jahr durch das wechsellrichterintegrierte Energiemanagement eingespart werden. Das ist eine Energiekosteneinsparung von 42% gegenüber der Ladung ohne PV-Anlage. Über 10 Jahre hinweg können somit bis zu 4.360 € eingespart werden.

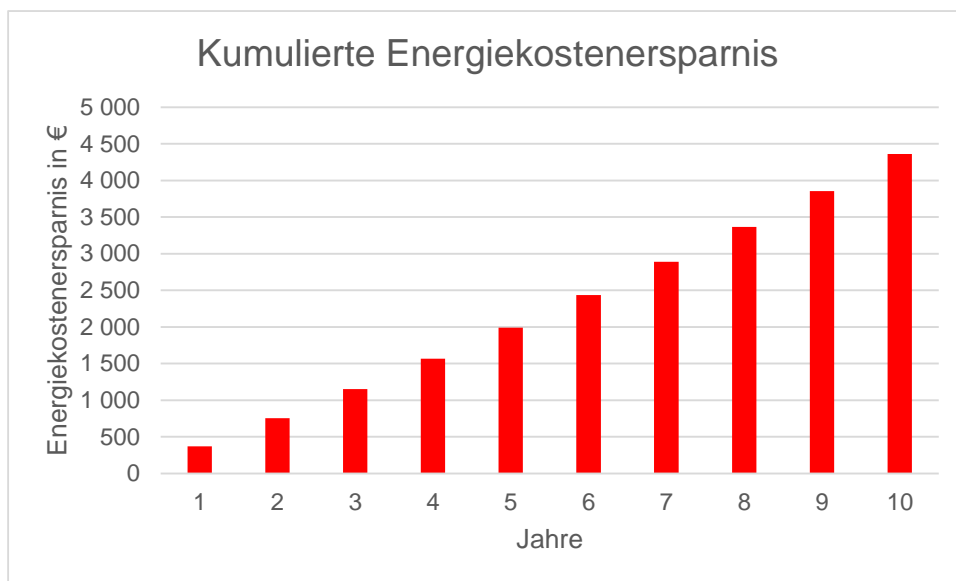


Abbildung 12: Kumulierte Energiekostensparnis über 10 Jahre in €

In Abbildung 12 werden die kumulierten Energiekostensparnisse der dynamischen PV-Überschussladung mit dem Ladeprofil „40 Stunden Job“ über 10 Jahre dargestellt.

2.2.2 Funktionsprinzip

Bei der Ladung mit dem wechsellrichterintegrierten Energiemanagement schaltet der digitale Ausgang des Wechselrichters bei Erreichen eines voreingestellten PV-Leistungs- bzw. PV-Überschusswertes eine Steckdose oder Ladebox ein und beginnt mit der Ladung. Im Gegensatz zur dynamischen PV-Überschussladung kann die Ladeleistung nicht dynamisch geregelt werden. Es besteht die Möglichkeit, den Ladevorgang in Abhängigkeit vom vorhandenen PV-Überschuss zu aktivieren bzw. zu deaktivieren. Die Ladeleistung ist dabei fix eingestellt und kann während des Ladevorgangs nicht verändert werden. Details zur Implementierung dieser Lösung finden Sie im Whitepaper: [E-Mobility Lösungen](#).

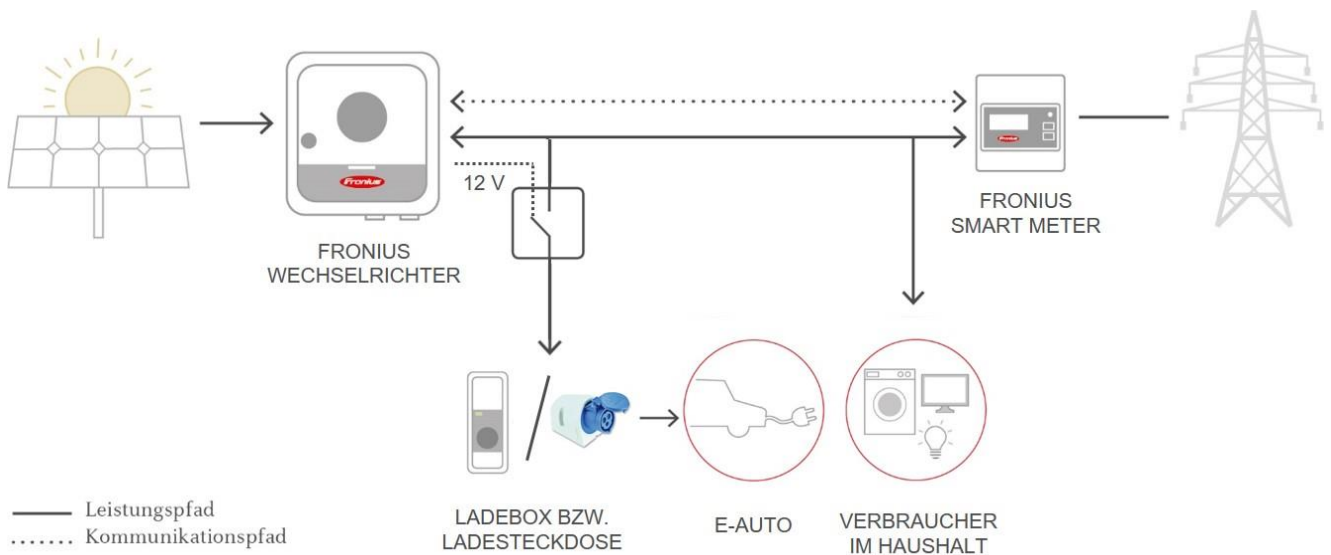


Abbildung 13: Konfigurationsschema "Laden mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement von Fronius"

Abbildung 13 zeigt das Konfigurationsschema der Ladelösung „Laden mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement“. Die Ladebox oder die Ladesteckdose wird über ein 12 Volt DC Signal des Wechselrichters aktiviert, sobald der gewünschte Schwellwert erreicht ist. Ein Fronius Smart Meter ist auch bei dieser Lösung essenziell.

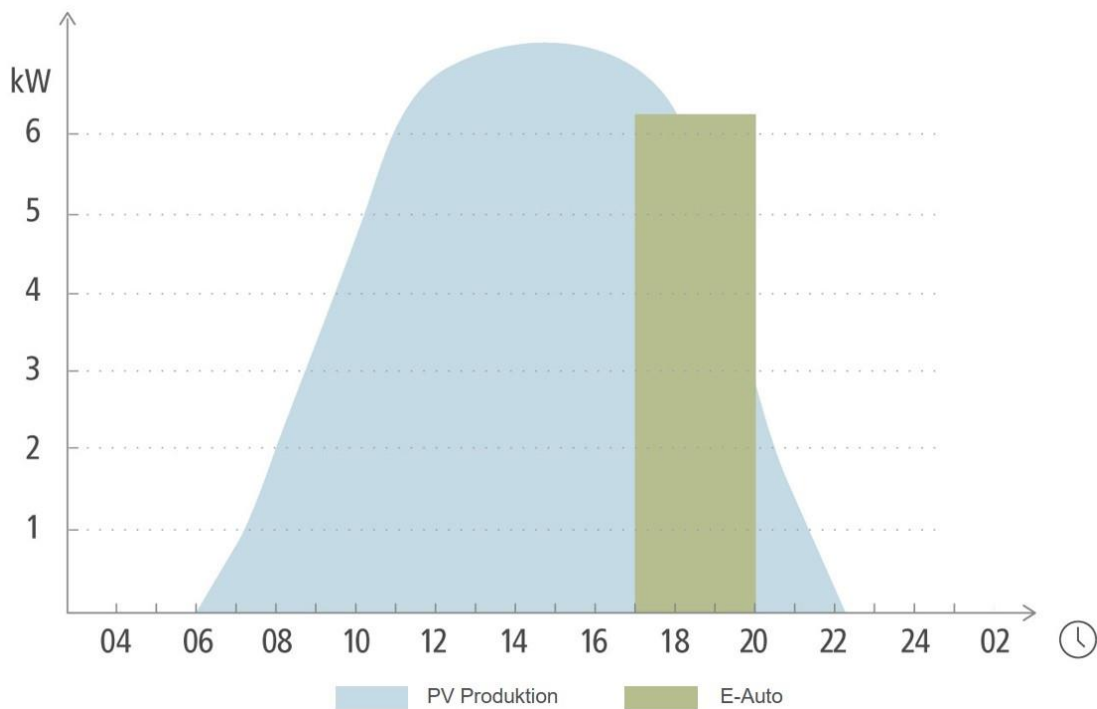






Abbildung 14: Funktionsweise der Ladung mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement

Abbildung 14 zeigt die Funktionsweise der Ladung mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement von Fronius. Wenn die voreingestellte PV-Überschussmenge vorhanden ist, aktiviert der Wechselrichter die Ladung des E-Autos.

2.2.3 Übersicht von kompatiblen Lösungen für die Ladung mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement

Die PV-Überschussladung mit dem Fronius Energiemanagement wird über ein 12V Steuersignal realisiert. Gewisse Ladelösungen haben bereits einen Freigabekontakt mit 12V integriert. Bei den meisten Lösungen muss jedoch ein zusätzliches 12V Relais vorgeschaltet werden. Die Anforderungen an dieses Relais werden im [Lösungsblatt Energiemanagement](#) beschrieben.

In der folgenden Tabelle wird eine Auswahl an Lösungen zur PV-Überschussladung mit dem Fronius Energiemanagement aufgezeigt, die mit den Wechselrichtern von Fronius (SnapINverter, GEN24 und GEN24 Plus) kompatibel sind.

	Enomics Wallbox Fronius optimized	Keba P20/P30 b/c/x-Serie	Mennekes AMTRON Compact/Xtra/Premiu m	Schneider Electric Schneider EV Link G3+
				
Überschussladen mit 1-/3- Phasenumschaltun g	✘	✘	✘	✘
Kompatibilität mit variablen Stromtarifen	✘	✘	✘	✘
RFID Authentifikation	✘	✔	✔	✘

Eigenständige App	✗	✗	✓	✗
Mobile Lösung	✗	✗	✗	✗
Freigabekontakt 12V – kein zusätzliches Relais nötig	✓	✗	✗	✗

Freigabekontakt 12V: bei diesen Ladeboxen ist bereits ein Freigabekontakt in der Box integriert. Es muss kein zusätzliches Relais installiert werden.

2.3 Manuelles Laden mit PV-Energie

Es können auch Ladelösungen ohne intelligente Ansteuerung in Kombination mit einem Fronius Wechselrichter betrieben werden. Bei dieser Lösung sollte die Ladeleistung der Ladebox immer an die Spezifikationen der PV-Anlage angepasst werden. Viele Ladelösungen erlauben die Einstellung des Ladestroms. Dieser sollte mit der Leistung der PV-Anlage korrelieren, um Lastspitzen beim Laden des Elektroautos zu vermeiden.

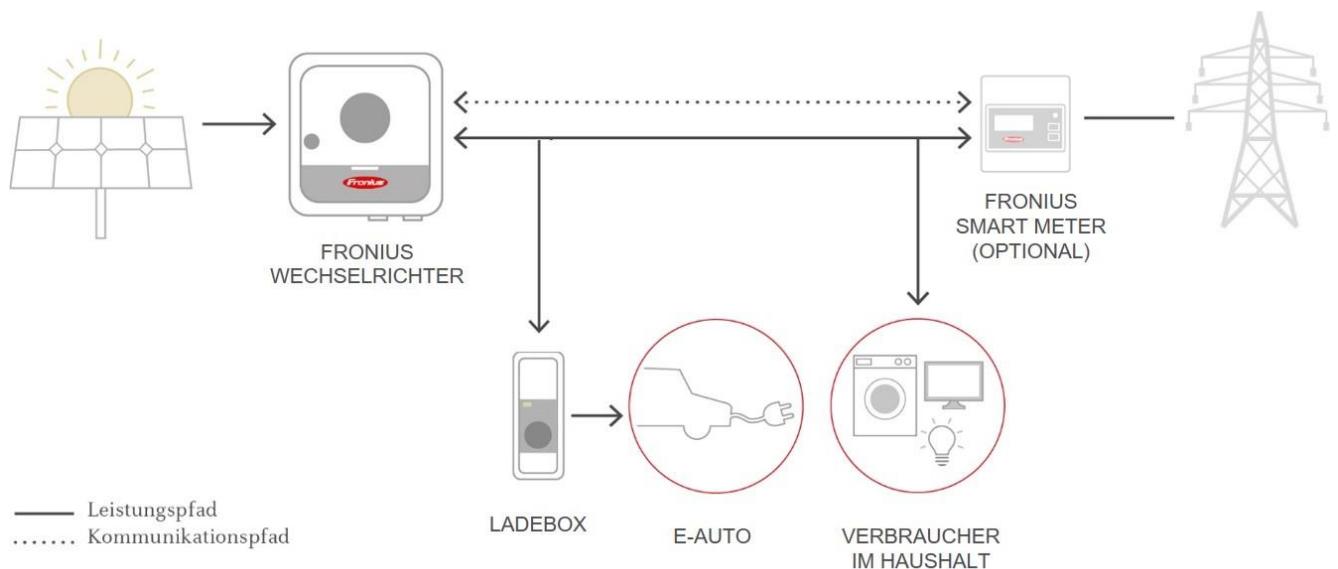


Abbildung 15: Konfigurationsschema "Manuelles Laden mit PV-Energie"

Abbildung 15 zeigt ein Konfigurationsschema der manuellen Ladung mit PV-Energie. Dabei herrscht keine Kommunikation zwischen Wechselrichter und Ladebox. Die Ladung muss manuell aktiviert werden. Ein Fronius Smart Meter ist bei dieser Ladelösung optional.

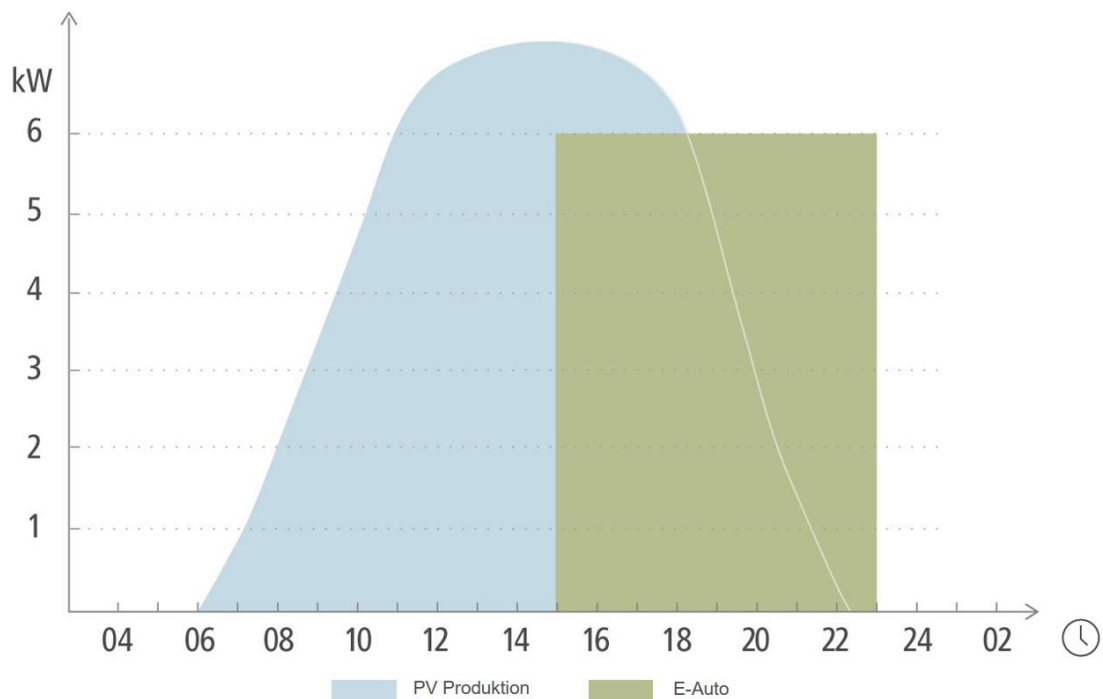


Abbildung 16: Funktionsweise der manuellen Ladung mit PV-Energie

In Abbildung 16 ist die Funktionsweise der manuellen Ladung mit PV-Energie dargestellt. Der Kunde muss die Ladung seines E-Autos manuell aktivieren und auch beenden.

2.3.1 Monetäre Auswirkungen der manuellen Ladung mit PV-Energie

Der Vorteil dieser Ladevariante ist, dass grundsätzlich jede Ladelösung verwendet werden kann. Durch die manuelle Aktivierung des Ladevorgangs braucht es keine Kommunikation der Geräte bzw. Steuerung über Relais oder Freigabkontakte. Der Ladevorgang muss jedoch von Hand gestartet werden.

Wie sich eine manuelle Ladung mit PV-Energie monetär auswirken kann, wird wieder in den folgenden Beispielen aufgezeigt. Alle Annahmen, die für die Berechnungen getroffen wurden, sind im Anhang ersichtlich.

Beispiel 5:

Kunde mit Elektroauto fährt etwa 20.000 km jährlich / 60 km täglich

Lademodus: Manuelle Ladung mit PV-Energie

Ladeprofil: „Tagsüber zu Hause“

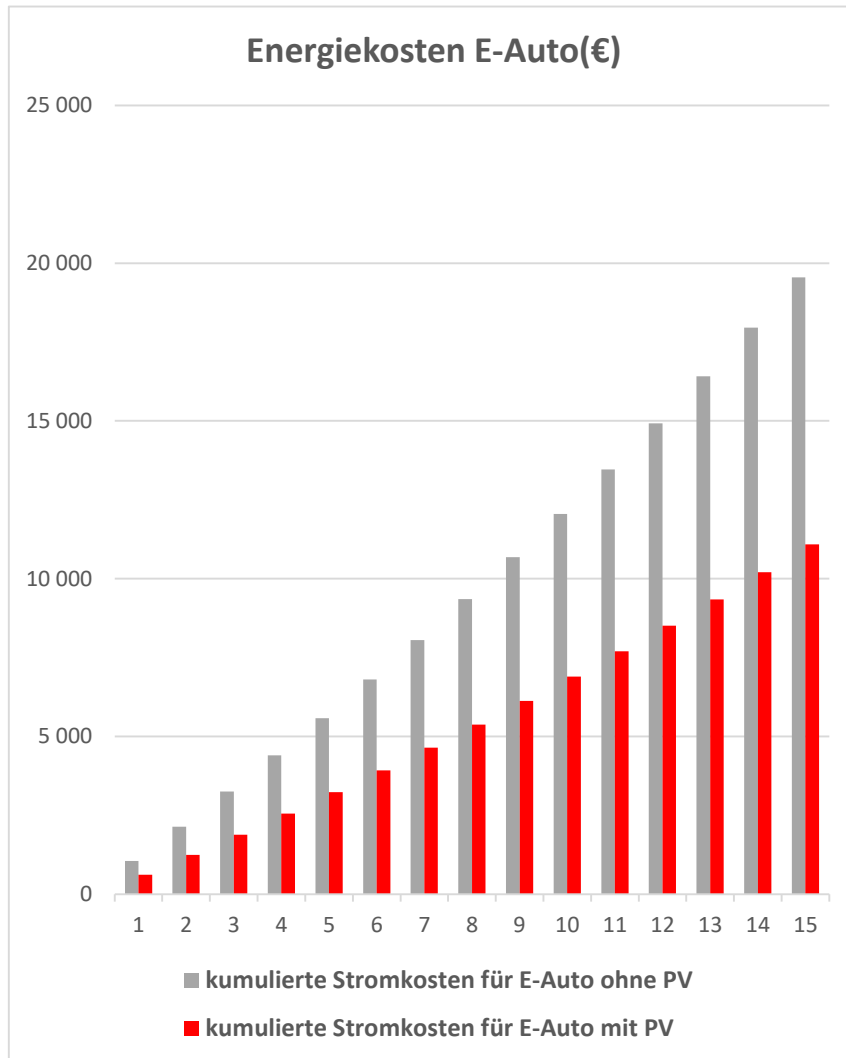


Abbildung 17: Kumulierte Energiekosten für ein E-Auto mit und ohne PV-Anlage

In Abbildung 17 werden die kumulierten Energiekosten für ein Elektroauto mit Photovoltaik-Anlage bei einer manuellen Ladung mit PV-Energie (Ladeprofil „Tagsüber zu Hause“) sowie ohne Photovoltaik-Anlage gegenübergestellt.

Kumulierte Energiekosteneinsparung durch eine manuelle Ladung mit PV-Energie über 10 Jahre (Ladeprofil - Tagsüber):

Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10
438€	892€	1 362€	1 849€	2 353€	2 875€	3 415€	3 974€	4 552€	5 150€

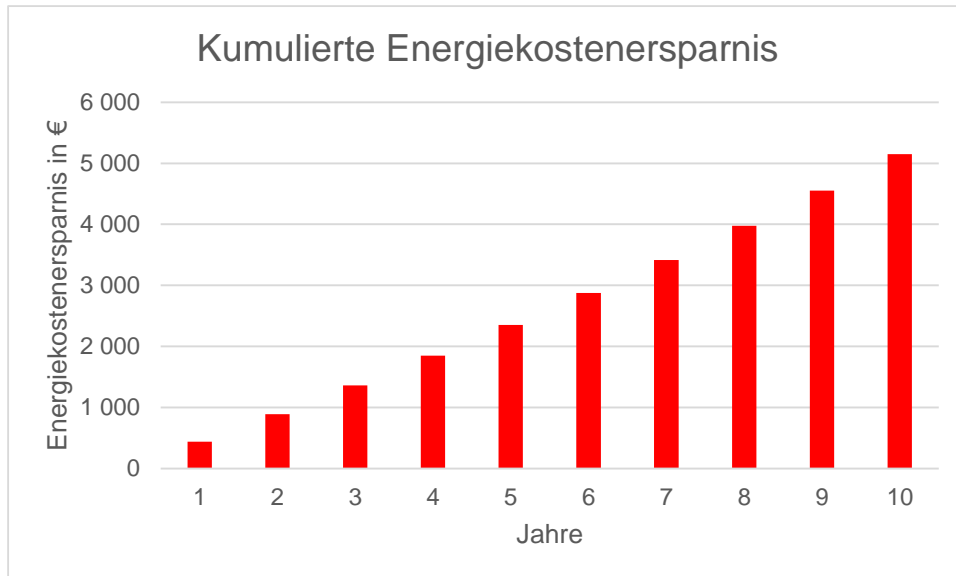


Abbildung 18: Kumulierte Energiekostensparnis über 10 Jahre in €

In Abbildung 18 werden die kumulierten Energiekostensparnisse der manuellen Ladung mit PV-Energie mit dem Ladeprofil „Tagsüber zu Hause“ über 10 Jahre dargestellt.

Auch mit einer manuellen Ladung mit PV-Energie können die Kosten für die benötigte Energie maßgeblich reduziert werden. Es ergeben sich bei einer Ladung tagsüber Energiekosteneinsparungen von bis zu 438 € pro Jahr. Das ist eine Energiekosteneinsparung von 50% gegenüber der Ladung ohne PV-Anlage. Über 10 Jahre hinweg können somit bis zu 5.150 € eingespart werden.

Beispiel 6:

Kunde mit Elektroauto fährt etwa 20.000 km jährlich / 60 km täglich

Lademodus: Manuelle Ladung mit PV-Energie

Ladeprofil: „40 Stunden Job“

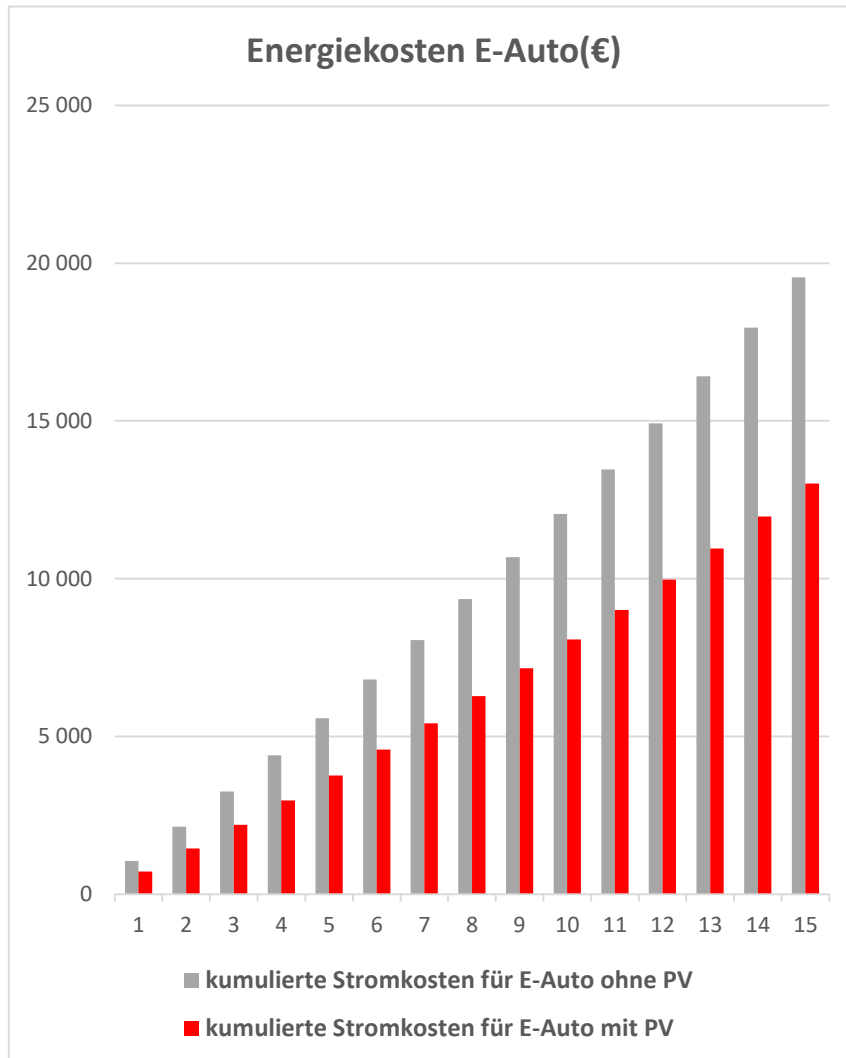


Abbildung 19: Kumulierte Energiekosten für ein E-Auto mit und ohne PV-Anlage

In Abbildung 19 werden die kumulierten Energiekosten für ein Elektroauto mit Photovoltaik-Anlage bei einer manuellen Ladung mit PV-Energie (Ladeprofil „40 Stunden Job“) sowie ohne Photovoltaik-Anlage gegenübergestellt.

Kumulierte Energiekosteneinsparung durch eine manuelle Ladung mit PV-Energie über 10 Jahre (Ladeprofil – 40 Stunden Job):

Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10
€338	€689	€1 052	€1 428	€1 818	€2 221	€2 638	€3 070	€3 517	€3 979

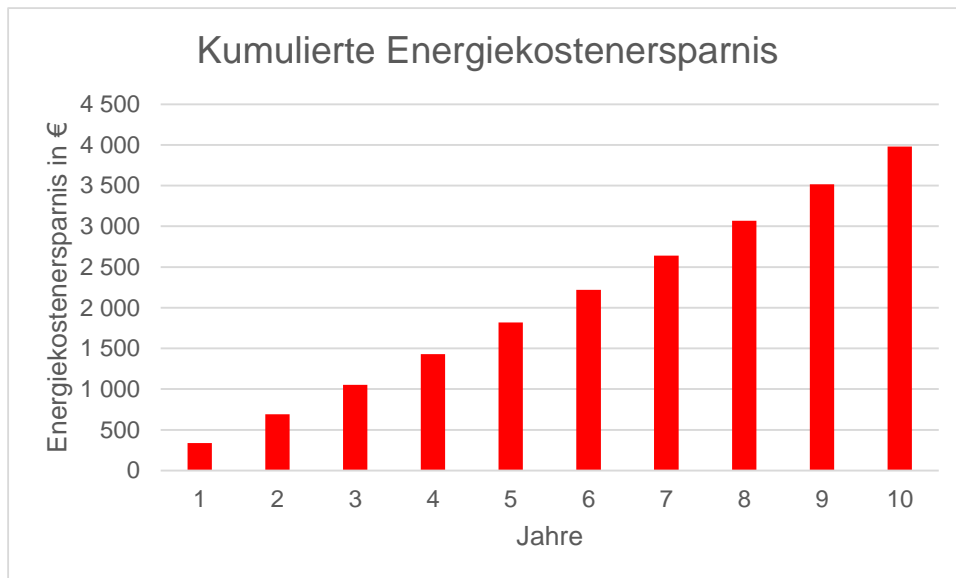


Abbildung 20: Kumulierte Energiekostensparnis über 10 Jahre in €

In Abbildung 20 werden die kumulierten Energiekostensparnisse der manuellen Ladung mit PV-Energie mit dem Ladeprofil „40 Stunden Job“ über 10 Jahre dargestellt.

Auch mit dem Ladeprofil einer vollbeschäftigten Person können mit der manuellen Ladung mit PV-Energie bis zu 338 € pro Jahr eingespart werden. Das ist eine Energiekosteneinsparung von 39% gegenüber der Ladung ohne PV-Anlage. Über 10 Jahre hinweg können somit bis zu 3.979 € eingespart werden.

2.3.2 Übersicht von kompatiblen Lösungen für die manuelle Ladung mit PV-Energie

In diese Kategorie fallen alle am Markt verfügbaren Ladelösungen. Es sind keine speziellen technischen Voraussetzungen nötig.

Im Folgenden werden einige Ladelösungen für die manuelle PV-Überschussladung aufgelistet:

- / ABL eMH-Serie
- / Alfen EVE Pro
- / Hardy Barth cPμ1
- / Heidelberg Wallbox Energy Control
- / Innogy eBox Serie
- / Webasto Live
- / Wallbe Eco
- / Juice Booster 2
- / ESL Walli Light pro

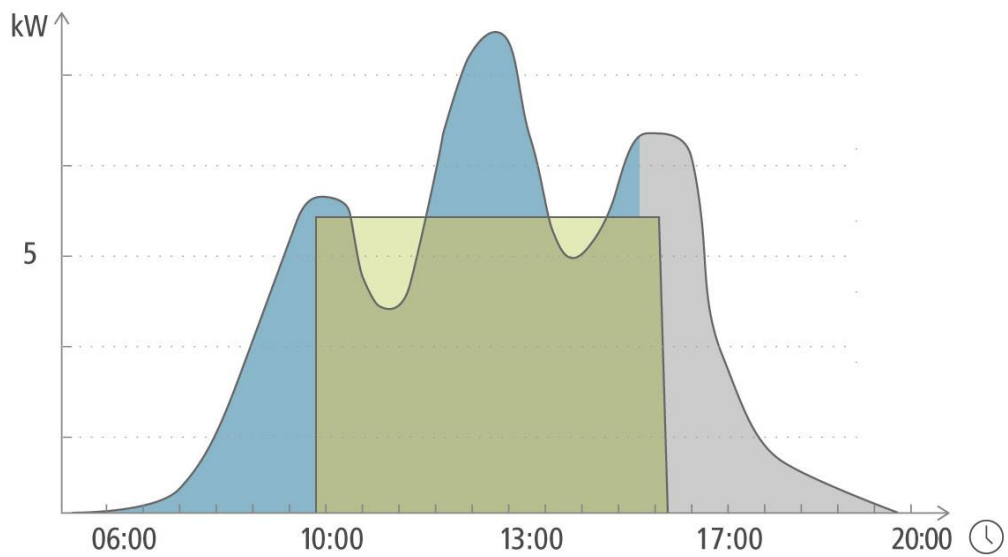
3 BATTERIESPEICHER IN KOMBINATION MIT EINEM ELEKTROAUTO

Um die PV-Eigenverbrauchsquote noch weiter zu steigern, kann auch ein Batterie-Heimspeicher in das PV-System integriert werden. Ein Heimspeicher macht vor allem für jene Personen Sinn, die ihr Elektrofahrzeug dann laden, wenn die PV-Erzeugung schon abnimmt. Das Auto kann somit auch über Nacht mit dem eigenen Sonnenstrom direkt aus dem Heimspeicher geladen werden.

Der Vorwand, dass sich ein Batterie-Heimspeicher für das Laden eines Elektroauto nicht besonders gut eignet, wird oft damit begründet, dass die Kapazität eines Heimspeichers typischerweise um ein vielfaches kleiner ist als die des Fahrzeuges. Betrachtet man jedoch die typische, täglich gefahrene Kilometerleistung und die damit verbundene geringe Energiemenge, macht es sehr wohl Sinn einen Heimspeicher zur E-Auto-Ladung einzusetzen.

Vor allem mit den Hybridwechselrichtern von Fronius (z.B.: Symo GEN24 Plus) kann der Heimspeicher mit Leistungen bis zu 9 kW (abhängig von der angeschlossenen Batterie) sehr effizient ge- und entladen werden. Somit können auch beispielsweise kurze Sonnenfenster an einem Tag mit weniger Einstrahlung im höchsten Maße genutzt werden. Es macht durchaus auch Sinn, das Elektrofahrzeug nicht voll zu laden, sondern nur mit der Energie zu versorgen, die am nächsten Tag benötigt wird. Bei einer durchschnittlichen Fahrleistung von 40 km pro Tag und einem Verbrauch von 17 kWh/100 km ergibt das eine Energiemenge von rund 7 kWh, die täglich benötigt wird. Diese Energiemenge kann somit auch direkt über den Heimspeicher ohne zusätzlichen Netzbezug in das Elektroauto geladen werden. Dies lässt sich in Abbildung 21 gut erkennen.

Ein weiterer Vorteil eines Heimspeichers im System ist auch, dass kurze Schlechtwetterperioden von der Batterie abgedeckt werden können. Wenn die PV-Erzeugung beispielsweise durch eine Wolkenfront einbricht und das Elektroauto geladen wird, dann kann auch der Heimspeicher die Ladung des Autos übernehmen. Somit kann wiederum der Bezug aus dem Netz vermieden werden.



- Ladung des E-Autos aus der Batterie
- Ladung der Batterie
- Ladung des E-Autos direkt mit PV-Energie
- Netzeinspeisung

Abbildung 21: Ladung des Elektroautos aus dem Batteriespeicher

4 FAZIT

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Kombination aus Photovoltaik und E-Mobilität sehr viele Vorteile mit sich bringt. Einer der wichtigsten Punkte ist die Wirtschaftlichkeit des Elektroautos bzw. des PV-Systems. Durch die Kombination von E-Mobilität und Photovoltaik sinkt sowohl die Amortisationszeit der PV-Anlage als auch die des Elektrofahrzeugs, da einerseits die PV-Eigenverbrauchsquote steigt und andererseits das Elektroauto mit sehr günstigem Sonnenstrom geladen werden kann. Dadurch sinken die Betriebskosten und es ergibt sich eine Win-Win Situation.

Neben den monetären Vorteilen kann sich die Ladung mit PV-Energie wie in Kapitel 1.1.2 beschrieben auch positiv auf die Lebensdauer der Batterie des Elektroautos auswirken.

Bei den konkreten Ladevarianten in Kombination mit Fronius Wechselrichtern wirkt sich vor allem die dynamische PV-Überschussladung besonders positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus. Bei dieser Variante kann aufgrund der Kommunikation der Ladelösung mit dem Wechselrichter das Maximum an PV-Energie in das Elektroauto geladen werden. Somit kann der Netzbezug vermieden bzw. auf ein Minimum reduziert werden. Aber auch die PV-Überschussladung mit dem wechselrichterintegrierten Energiemanagement sowie das manuelle Laden mit PV-Strom führen zu großen Ersparnissen im Vergleich zu einer Ladung mit Energie aus dem öffentlichen Stromnetz.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass alle Ladeboxen in ein PV-System mit einem Fronius Wechselrichter integriert werden können. Die einzelnen Ladelösungen unterscheiden sich jedoch sowohl technisch als auch monetär voneinander.

5 ANHANG

5.1 Annahmen für die Berechnungen

Annahmen für die Berechnungen in Kapitel 2	
Durchschnittliche Fahrleistung pro Tag	60 km
Verbrauch E-Auto/100 km	16 kWh
Bezugstarif aus dem Netz	0,300€
Einspeisevergütung	0,050€
Energiepreissteigerung pro Jahr	3,0%
Größe des PV Systems	10 kWp
Kosten des PV Systems	12.000€
Eigenverbrauchsanteil ohne E-Auto	30%
Energieverbrauch Haushalt ohne E-Auto im Jahr	5 000kWh
PV Erzeugung pro Jahr und kWp	1 000 kWh/kWp/a
Erzeugung PV Anlage pro Jahr	10.000 kWh
Anschluss Ladelösung: dynamische PV-Überschussladung	Umschaltung zwischen 1 und 3 Phasen (Nutzung des PV-Überschusses von 1,38-22kW)
Anschluss Ladelösung: wechselrichterintegriertes Energiemanagement	1-phasig (Ladung wird ab einem Überschuss von 3,6 kW aktiviert)
Anschluss Ladelösung: Manuelles Laden	1-phasig (Auto wird mit 3,6 kW geladen, sobald es angesteckt wird)

5.2 Beschreibung der Ladeprofile

Für beide Ladeprofile wurde die Erzeugung einer 10 kWp PV-Anlage im 15-Minuten Intervall simuliert.

Ladeprofil „Tagsüber zu Hause“:

Der Großteil der Ladungen des Elektroautos findet ganztags (45 Ladungen/Jahr) bzw. nachmittags (300 Ladungen/Jahr) statt. Um das Szenario so realistisch wie möglich zu gestalten, werden auch einige wenige Abendladungen (20 Ladungen/Jahr) angenommen.

Ladeprofil „40 Stunden Job“:

Der Großteil der Ladungen des Elektroautos findet abends (176 Ladungen/Jahr) statt. Um das Szenario so realistisch wie möglich zu gestalten, werden auch einige Ladungen ganztags (93 Ladungen/Jahr) bzw. nachmittags (96 Ladungen/Jahr) durchgeführt. So können auch die Ladungen am Wochenende, wenn der Kunde nicht in der Arbeit ist, abgebildet werden.

5.3 Übersicht über alle kompatiblen Ladelösungen

Dynamisches PV-Überschussladen		Laden mit dem integrierten Energiemanagement der Fronius Wechselrichter	Manuelles Laden mit PV-Energie
Fronius Wattpilot Go / Home		Enomics Wallbox Fronius optimized	ABL eMH-Serie
Hardy Barth cPH1		Keba P20/P30 b/c/x-Serie	Alfen EVE Pro
NRGkick		Mennekes AMTRON Compact/Xtra/Premium	Hardy Barth cPμ1
openWB series2		Schneider Electric Schneider EV Link G3+	Heidelberg Wallbox Energy Control
Kompatible Lösungen mit externem Energiemanagement			Innogy eBox Serie
Ladelösung	Energiemanager		Webasto Live
Keba P20/P30 b-Serie	Loxone / BayWa sonniQ		Wallbe Eco
Keba P20/P30 c/x-Serie	Loxone / BayWa sonniQ		Juice Booster 2
Mennekes AMTRON Xtra / Premium	BayWa sonniQ		ESL Walli Light pro
Heidelberg Wallbox Energy Control	BayWa sonniQ		Und weitere Ladelösungen